

Сетевые модели в задачах анализа СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ф.Т. Алескеров
(НИУ ВШЭ)

30.01.2024

Мы рассмотрим, как были введены в научные исследования сетевые модели, изучим, как определяются влиятельные элементы в сетях, обсудим много приложений – сети банковских переводов, миграции, конфликтов, террористических групп.

Мотивация

- **Важность обнаружения ключевых вершин:**
 - Наиболее влиятельные элементы сети
- **Значительная роль косвенных связей:**
 - Скрытые участники;
 - Непредсказуемые явления
- **Влияние групп вершин на отдельные вершины**

Модель центральности в сетях с учетом группового влияния

Предложены новые индексы центральности, Bundle индекс и Pivotal индекс, учитывающие групповые взаимодействия вершин сети типа одностороннего. Индексы предназначены для расчета групповой центральности в сетях, заданных в виде направленного взвешенного графа.

Для каждой вершины сети задан параметр – квота, определяющий пороговое значение сумм весов входящих в вершину дуг. Группа вершин учитывается, как влиятельная, критическая группа для заданной вершины, если сумма весов дуг, исходящих из вершин группы и входящих в данную вершину больше или равна квоте.

В таких критических группах могут находиться вершины, обладающие ключевой позицией в них в связи квотой, т.е. от их нахождения в группе зависит, является ли группа критической. Чем больше таких вершин в критических группах для данной вершины, тем большим влиянием эта вершина обладает.

Формальная модель

$G = (V, W)$ - взвешенный направленный граф на n вершинах.

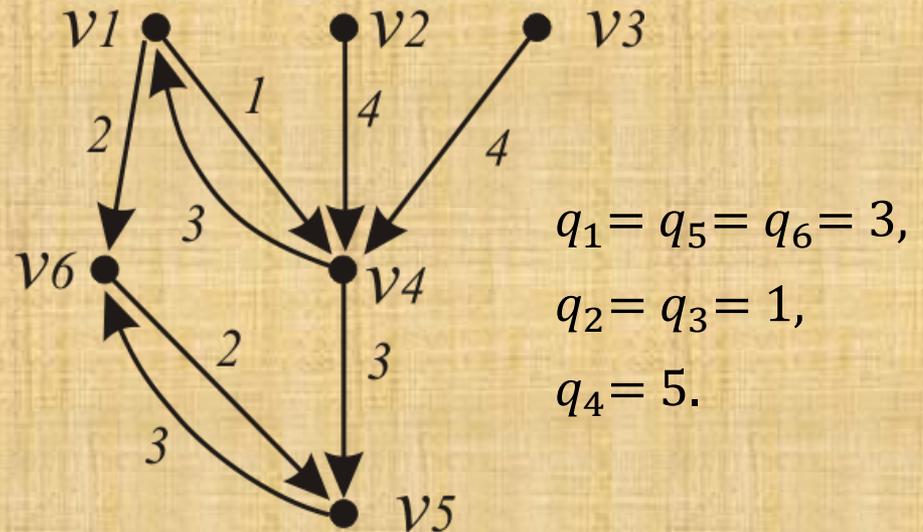
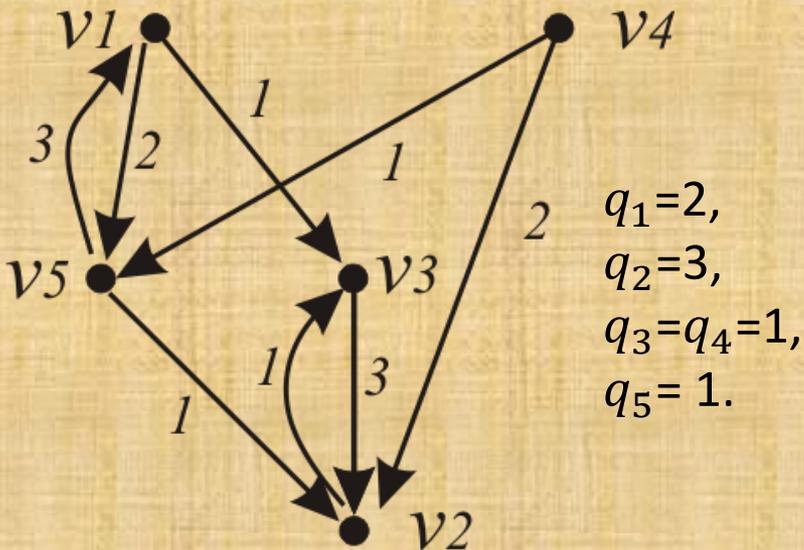
$V = \{v_i\}, i = \overline{1, n}$ - вершины,

$W = \{w_{ij}\}$ - веса дуг.

Для каждой вершины $i \in V$ задана квота q_i .

Не более чем k вершин может влиять на вершину в составе группы.

Примеры сети:



Bundle индекс

Значение Bundle индекса $BI=(BI_i)$ для вершины i определено, как число критических групп для этой вершины, т.е. число множеств вершин сети, состоящих из не более чем k элементов, для которых сумма весов дуг, исходящих из них в вершину i не меньше, чем квота q_i .

Для каждой вершины i , для каждого подмножества вершин $S \subseteq V \setminus \{i\}$, таких, что $|S| \leq k$, и для всех вершин $j \in S$, таких, что $w_{ji} \neq 0$, значение Bundle индекса определяется следующим образом

$$BI_i = \sum_S BI_i(S),$$

где

$$BI_i(S) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sum_{j \in S} w_{ji} \geq q_i, \\ 0, & \text{else.} \end{cases}$$

Значения BI_i нормированы таким образом, чтобы их сумма по всем вершинам была равна 1.

Pivotal индекс

Значение Pivotal индекса PI_i для вершины i определено, как суммарное число ключевых вершин $PI_i(S)$ в множествах S , при этом такие множества должны удовлетворять следующим условиям $S \subseteq V \setminus \{i\}$, $|S| \leq k$, $\forall j \in S, w_{ji} \neq 0$ и быть критическими множествами для вершины i

$$PI'_i = \sum_S PI_i(S).$$

Вершина $j_p \in S$ называется ключевой для вершины $i \in V$ в критическом множестве $S \subseteq V \setminus \{i\}$ при заданной квоте q_i , если выполняется следующее условие

$$\sum_{j \in S} w_{ji} \geq q_i, \text{ but } \sum_{j \in S \setminus \{j_p\}} w_{ji} < q_i,$$

т.е. множество S перестает быть критическим при выходе из него вершины j_p .

Значения PI'_i нормируются таким образом, чтобы их сумма по всем вершинам было равна 1.

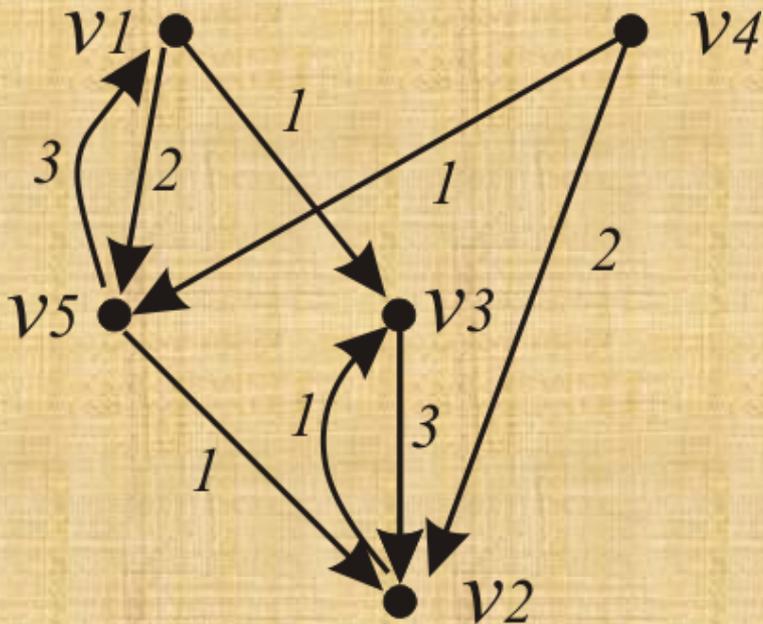
Взвешенный Pivotal индекс

Взвешенный Pivotal индекс $PI = (PI_i)$ отличается от PI' тем, что в процессе суммирования по всем критическим множествам, число ключевых элементов критического множества S умножается на мощность этого множества

$$PI_i = \sum_S |S| \cdot PI'_i(S).$$

Пример

В качестве примера сети рассмотрим следующий граф.



Пример сети

Квоты: $q_1=2$, $q_2=3$, $q_3=q_4=1$, $q_5=1$.

Матрица смежности

	v1	v2	v3	v4	v5
v1	0	0	1	0	2
v2	0	0	1	0	0
v3	0	3	0	0	0
v4	0	2	0	0	1
v5	3	1	0	0	0

Пример

Расчет значений индексов для вершины v_2

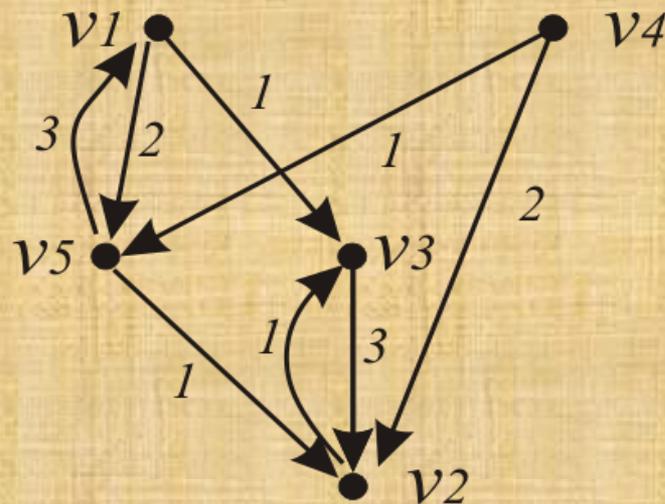
Приведем список всех критических множеств для вершины v_2 , квота $q_2 = 3$.

Критическое мн-во для v_2	Сумма весов дуг	Ключевые вершины
{3}	3	v_3
{3,4}	5	v_3
{3,5}	4	v_3
{4,5}	3	v_4, v_5
{3,4,5}	6	-

$BI_2 = 5$, т.к. всего 5 критических множеств.

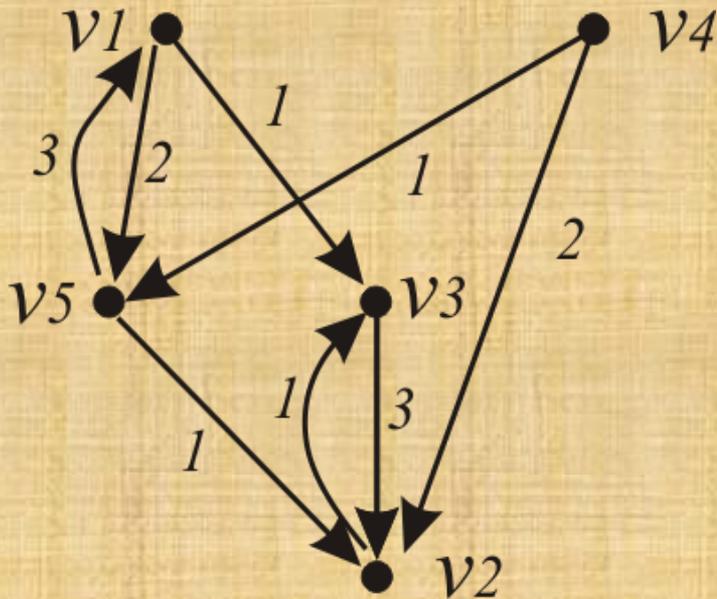
$PI_2 = 5$, т.к. во всех критических множествах всего 5 ключевых вершин.

$PI'_2 = 9$, т.к. 4 из 5 ключевых вершин содержатся в критических множествах мощности 2 и одна в множестве мощности 1, таким образом, $PI'_2 = 9$.



Пример

Ненормированные значения индексов приведены в таблице, для сравнения приведена также взвешенная полустепень захода (Copeland in-degree, CI).



$$q_1=2, q_2=3, q_3=q_4=1, q_5=1.$$

	BI	PI	PI'	CI
v1	1	1	1	3
v2	5	5	9	6
v3	3	2	2	2
v4	0	0	0	0
v5	2	2	3	3

Для вершины v_2 значения индексов максимальны.

Показатели центральности в сетевых структурах

Центральность (Близость к центру) является одним из ключевых показателей, используемых при анализе социальных сетей и других видах сетевых структур.

Он показывает, кто является наиболее активным узлом в сети, а также то, насколько данный узел близок по отношению к другим узлам сети.

Средняя мера центральности также известна как централизованная оценка и указывает, насколько плотен граф по отношению к каждому узлу.

На данный момент существует несколько видов показателя центральности.

1. Центральность по степени (degree centrality)

Центральность по степени – это отношение количества связей определённого узла к общему количеству других узлов [1-6]. В случае направленной сети существует две отдельных меры центральности по степени: входящая (in-degree) и исходящая (out-degree). Входящая указывает число связей, направленных к узлу, а исходящая – число связей, направленных от узла. Центральность по степени также может быть рассчитана как отношение числа входящих или исходящих связей определённого узла к общему числу связей во всей сети.

$$\text{in-degree centrality} \quad C_i^{in} = \frac{\sum_j w_{ji}}{\sum_l \sum_k w_{lk}}$$

$$\text{out-degree centrality} \quad C_i^{out} = \frac{\sum_j w_{ij}}{\sum_l \sum_k w_{lk}}$$

2. Центральность по близости (closeness centrality)

Центральность по близости выражает, насколько близко узел расположен к остальным узлам сети [1-6]. Данный показатель демонстрирует, насколько легко достичь определенного узла в сети. Формально центральность по близости выражается как отношение числа других узлов графа к сумме расстояний между рассматриваемым узлом и всеми другими. Другими словами, показатель центральности является обратным среднему расстоянию до всех других узлов сети.

Выделяют также взвешенную центральность по близости (weighted closeness centrality), которая является аналогом предыдущего показателя, однако здесь среднее расстояние вычисляется с определенными весами.

$$C_i^{close} = \frac{1}{\sum_j d_{ij}} \quad d_{ij} - \text{среднее расстояние между вершинами}$$

3. Центральность по посредничеству (betweenness centrality)

Центральность по посредничеству характеризует, насколько важную роль данный узел играет на пути между другими узлами [1-6]. Данный показатель основывается на вероятности того, что определенный узел лежит на кратчайшем пути между двумя другими узлами. Центральность по посредничеству конкретного узла рассчитывается как сумма вероятностей между всеми парами остальных узлов в сети. Соответственно, если у какого-либо узла высокий показатель центральности по посредничеству, то можно предположить, что он – единственная связь между различными частями сети.

Так как данный показатель не учитывает вес связей, то иногда используется модификация центральности по посредничеству (intermediation measure), которая учитывает эти веса и рассчитывается как общая вероятность того, что единица, отправленная от одного узла к другому, пройдет через рассматриваемый узел.

- $C_i^{between} = \sum_{l \neq k \neq i} \frac{\sigma_{lk}(i)}{\sigma_{lk}}$
- $\sigma_{lk}(i)$ – число кратчайших путей между вершинами l и k , проходящих через вершину i .
- σ_{lk} – суммарное число кратчайших путей между вершинами l и k .

4. Центральность по собственному вектору (measure of prestige, Bonacich centrality, prestige centrality)

Центральность собственного вектора была определена Боначичем [1-7]. Для каждого узла в сети оценивается относительный вес, значение которого зависит от того, к кому имеют связь соседи конкретного узла. Таким образом, появляется фактически рекурсивное определение: важность (центральность) индивида зависит от важности его соседей, которая, в свою очередь, зависит от его важности. Суть такого рекурсивного определения состоит в том, чтобы можно было определить те важнейшие узлы, которые на самом деле имеют заметное влияние в масштабах всей сети. Если по определению важность подсчитывается исходя только из количества имеющихся соседей, имеется риск появления ситуации, в которой важнейшими узлами сети будут названы центры изолированных кластеров. В социальных сетях эти центры имеют влияние в ограниченном масштабе, так как их влияние не выходит за пределы их непосредственных соседей.

4. Центральность по собственному вектору (measure of prestige, Bonacich centrality, prestige centrality)

Центральность по собственному вектору может быть рассчитана с помощью системы линейных уравнений вида $v = R'v$, где v – вектор с весами каждого узла, а R – матрица отношений между различными узлами сети. Итоговые значения центральности каждого узла приводятся к такому виду, чтобы их общая сумма равнялась 1.

$$\lambda_{\max}: Ax = \lambda_{\max}x$$

Существует несколько других модификаций данного показателя. Наиболее известными из них являются показатели PageRank [4-8] и центральность Каца [4].

PageRank

Данный показатель был разработан основателями поисковой системы Google. По известным причинам точный способ расчета данного показателя неизвестен. Согласно одному из предположений, значение центральности некоторого узла сети вычисляется по следующей формуле

$$PR(i) = (1 - \alpha) + \alpha \cdot \sum \frac{PR(j \rightarrow i)}{C(j)},$$

где $PR(i)$ – значение центральности узла i , α - коэффициент затухания/угасания (обычно устанавливается на уровне 0,85), $PR(j \rightarrow i)$ - значение центральности узла j , имеющего прямую связь с узлом i , $C(j)$ – число связей узла j . Другими словами, $PR(i)$ определяется по PR каждого узла j , у которого есть прямая связь с узлом i .

Связанная литература: Классические центральные меры

Центральность по степени: кол-во инциденций

Центральность по собственному вектору: λ_{\max} : $Ax = \lambda_{\max}x$

Не только соседние, но также длинные связи

Центральность по посредничеству: $B_i = \sum_{uv} \sigma_{uv}(i) / \sigma_{uv}$

Число кратчайших путей, проходящих через узел

Центральность по близости: $C_i = 1 / \sum_j d_{ij}$

Чем больше близких вершин, тем лучше

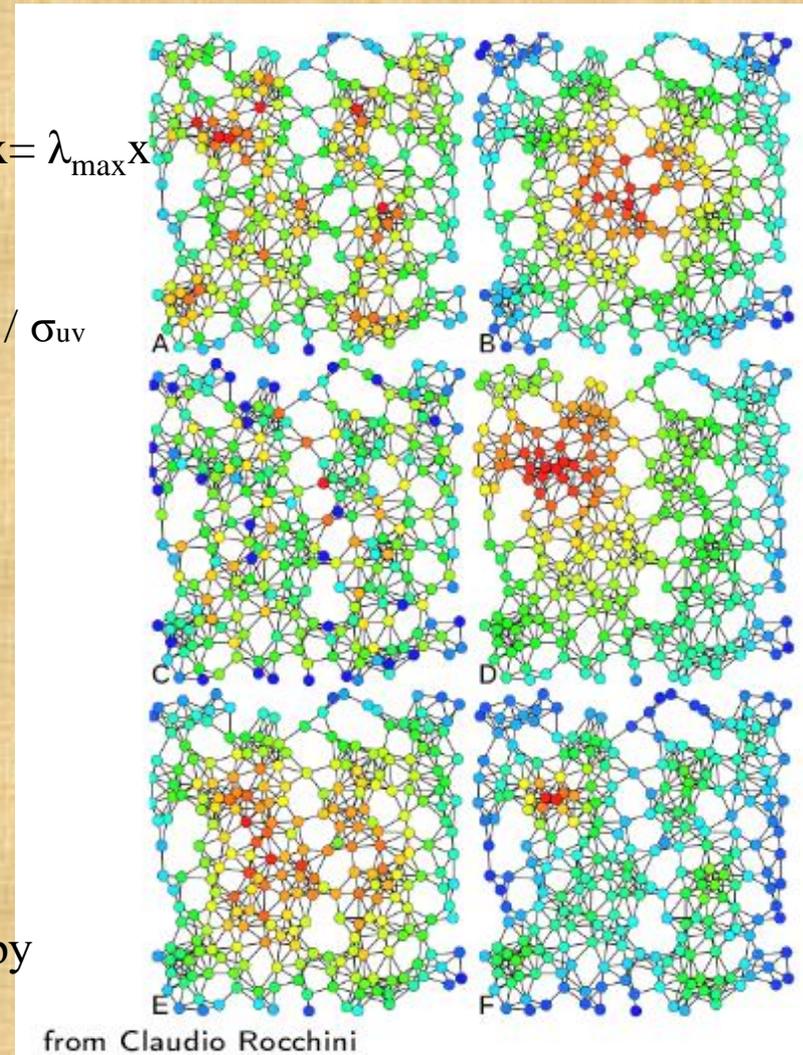
Центральность PageRank: $x_i = \alpha \sum_j A_{ij} x_j / n_j + \beta$

Рассматриваются степени соседей

Центральность по Кацу: $x = \alpha Ax + \beta 1$

Обобщенная центральность по собственному вектору

(штрафы, нет ненулевых решений)



Сеть международной миграции

Со-авторы

Анна Резянова,

Вячеслав Якуба

Обзор литературы

- **Применение сетевого анализа к проблеме международной миграции:**
 - Численность мигрантов по странам: классические индексы центральности для взвешенных и невзвешенных сетей, кластеры с наиболее взаимосвязанными странами (Fagiolo and Mastrorillo, 2012)
 - Потоки международной миграции: классические индексы центральности для стран ОЭСР, моделирование миграции между странами ОЭСР с помощью социально-экономических факторов (Tranos, Gheasi, Nijkamp, 2015)

Данные

- Данные по потокам международной миграции – базы данных OECD и Eurostat (OECD, 2019; Eurostat, 2019)
- Различные критерии для определения страны происхождения мигрантов: гражданство, место рождения, место постоянного проживания
- Данные по населению (World Bank, 2019)

Данные

- При наличии данных в двух базах данных – предпочтение данным по критерию места проживания, более поздней версии базы данных;
- При расхождениях в 5% данных взято среднее либо максимальное значение
 - Страны назначения и происхождения мигрантов предоставили разные данные.
- Петли в данных (0,4% наблюдений) исключены из анализа
 - Страны происхождения и назначения мигранта совпадают



- В результате получены ежегодные данные по международным потокам миграции

Описание базы данных

- База данных ООН потоков международной миграции за 2008 и 2015 годы (<http://www.un.org/>)

	v2008	v2015
Страны	28	45
Период	1970-2007	1980-2013
Критерии для страны происхождения	Место жительства, гражданство, место рождения	

- Население, всего, 1960-2014, Всемирный банк (<http://data.worldbank.org/>)

Критерии для страны происхождения

Критерии для страны происхождения

Гражданство: страна гражданства мигрантов;

– **Место жительства:** страна предыдущего проживания мигрантов;

– **Место рождения.**

Количество стран	v2008		v2015	
	Притоки	Оттоки	Притоки	Оттоки
Гражданство	7	7	36	37
Место проживания	21	21	43	44
Место рождения	1	-	1	-

Процедуры агрегирования:

1. Предпочтение проживания;
2. Предпочтение для последней версии (2015).

Петли в данных

Объяснение петель:

- Вернувшиеся граждане (Испания, Швеция);
- Внешние территории (Австралия).

В целом: нет информации о стране происхождения.



Все петли удалены

Несоответствие данных

- Несоответствие в 5% наблюдений

Использовалось следующее правило:

- Если $minvalue \leq 10$ и $maxvalue / minvalue \geq 1000 \Rightarrow$ максимальное значение;
 - Пример: миграционные потоки из Румынии в 2007 году
- Иначе \Rightarrow среднее значение.

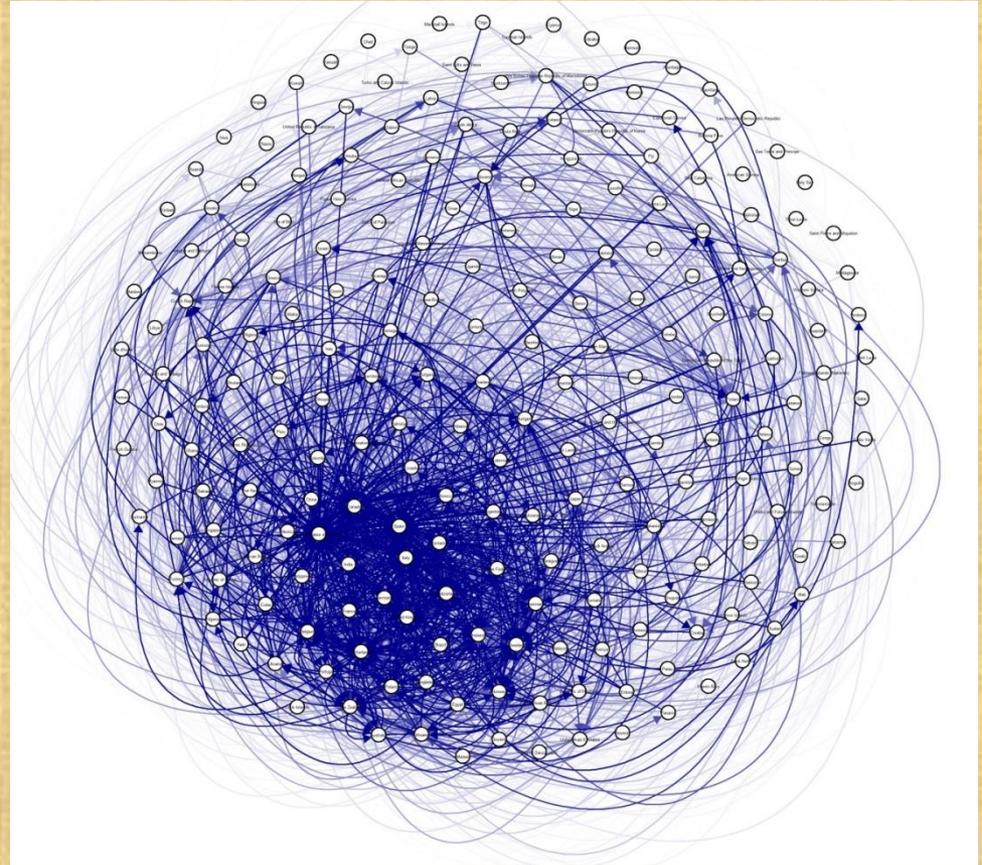


Результат: Ежегодные данные о миграционных потоках с 1970 по 2013 год.

Методология исследования

Мы моделируем миграцию как сеть, где

- Вершины - страны;
- Дуги - миграционные потоки.



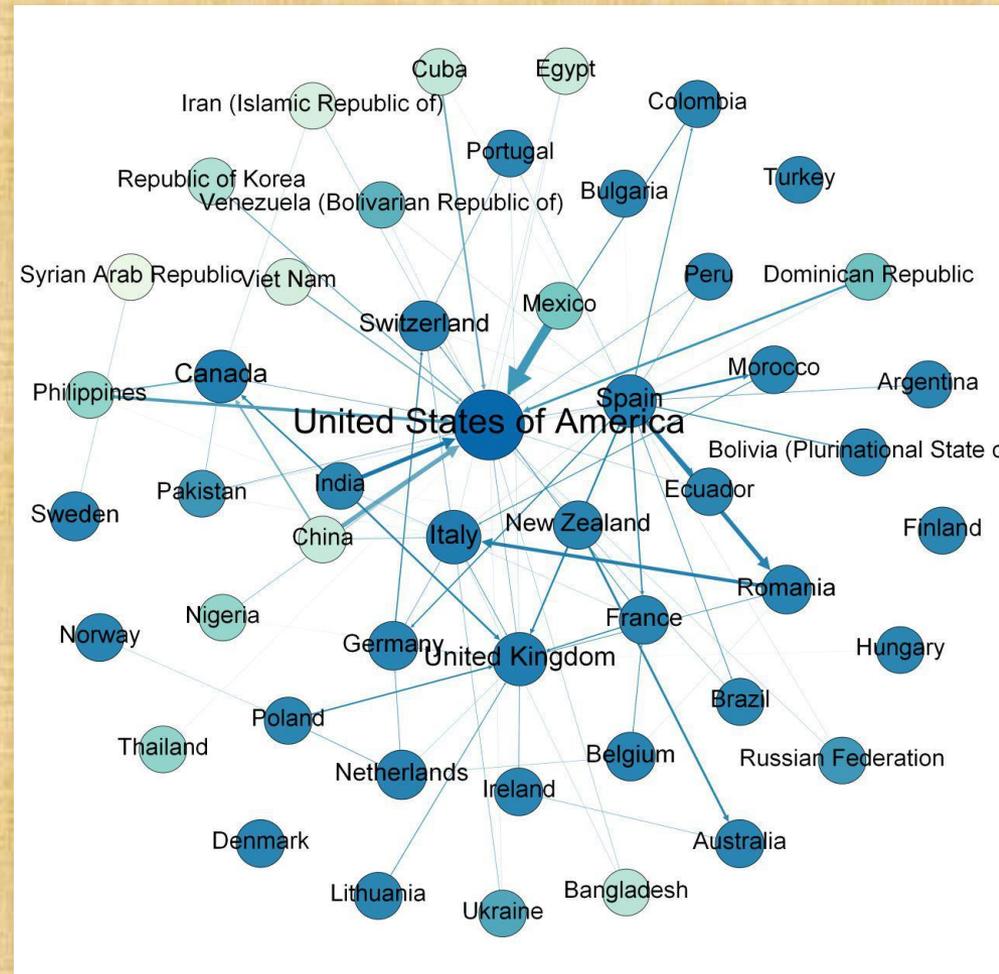
Глобальная миграция в 2013.

Центральность в сети миграции в 1998 г.

Страна	Weighted In-degree (Inflow)	Weighted Out-degree (Outflow)	Weighted Degree (Total)	Copeland (Net flow)	Closeness	PageRank	Eigenvector
Germany	1	1	8	1	4	1	1
USA	2	8	1	2	3	3	3
Russian Federation	3	3	2	3	24	11	6
United Kingdom	4	4	6	4	16	2	5
Australia	5	6	7	5	11	4	11
Italy	6	11	4	7	7	8	7
Canada	7	32	3	10	6	6	18
France	8	15	5	8	17	5	12
Netherlands	9	21	9	12	1	7	15
Bosnia and Herzegovina	10	16	13	13	21	10	2
Poland	12	9	219	11	23	17	4
Switzerland	13	22	14	17	8	12	19
Austria	14	19	20	16	5	15	14
Croatia	15	55	10	23	42	14	10
Ukraine	16	5	228	9	38	27	16
New Zealand	17	17	157	20	2	9	23
Turkey	18	12	218	14	30	21	8
Serbia and Montenegro (former)	20	13	221	18	31	24	9
Sweden	21	31	17	24	10	20	28

Сеть международной миграции

- Вершины – страны
- Ребра – потоки миграции



Результаты (Топ-10 стран 2015г.)

Total Influence	Copeland Influence	Bundle Influence	Pivotal Influence
Germany	Germany	Germany	Germany
United States	United States	United States	United States
United Kingdom	United Kingdom	United Kingdom	United Kingdom
France	Republic of Korea	Spain	France
Spain	Japan	France	Italy
Italy	Spain	Canada	Spain
Canada	Italy	Italy	Canada
Japan	Canada	Australia	Japan
Republic of Korea	France	Austria	Republic of Korea
Australia	Australia	Japan	Poland

Размер группы - 3, квота - 0,01% от населения принимающей страны

Мягкая Сила: Студенческий Обмен

соавторы: А.Борискова, С.Швыдун

Цели исследования: обмен студентами

Существующие исследования (Von Peter, 2007, Cajueiroa, Tabak, 2008, Iori et al., 2008, IMF, 2015, Vonacich et al., 2001) в основном сосредоточены на наличии или отсутствии взаимосвязи между элементами сети и не изучают интенсивность таких взаимодействий.

Таким образом, наша **главная цель** - применить новый индекс центральности, учитывая характер и количественную составляющую отношений между элементами международной системы высшего образования.

Описание базы данных

База данных: глобальный поток студентов высших учебных заведений, Институт статистики ЮНЕСКО (<http://www.uis.unesco.org/Education/Pages/international-student-flow-viz.aspx>)

Показатели:

- Общее количество студентов, выехавших за рубеж
- Общее число принятых студентов

Год: 2013

Количество наблюдений: 117 стран

Основные направления

Name	PageRank	Name	Eigenvector	Name	SRI	Name	LRI (Sum)	Name	LRI (Simul)
USA	0.14	USA	1.00	USA	0.301	New Zealand	0.01946	New Zealand	0.0563
UK	0.12	UK	0.92	UK	0.165	Denmark	0.01946	Australia	0.0562
Germany	0.06	Germany	0.36	Australia	0.075	Australia	0.01944	Switzerland	0.0562
France	0.05	Canada	0.33	France	0.054	Switzerland	0.01944	Belgium	0.0562
Australia	0.04	Austria	0.32	Russian Federation	0.048	Netherlands	0.01943	Netherlands	0.0561
Canada	0.04	Netherlands	0.31	Japan	0.041	Belgium	0.01943	Austria	0.0561
Austria	0.03	France	0.28	Germany	0.039	Ireland	0.01942	UK	0.0559
Netherlands	0.03	Switzerland	0.24	Saudi Arabia	0.019	Austria	0.01942	Canada	0.0557
Switzerland	0.02	Australia	0.24	Austria	0.018	UAE	0.01939	USA	0.0555

Квота индексов SRIC и LRIC: 10% от общего числа поступающих / выезжающих студентов

Ключевые страны-экспортеры

Страна	SRI	Страна	LRI (sum)	Страна	LRI (sim)
Китай	0.516	Китай	0.0129	Китай	0.0287
Индия	0.077	Индия	0.0121	Иран	0.0284
Германия	0.043	Иран	0.0121	Казахстан	0.0283
Марокко	0.027	Нигерия	0.0119	Непал	0.0283
Казахстан	0.022	Афганистан	0.0119	Азербайджан	0.0283
Албания	0.018	Корея	0.0119	Туркменистан	0.0282
Беларусь	0.018	Турция	0.0118	Албания	0.0282
Туркменистан	0.016	Ирак	0.0117	Грузия	0.0282
Франция	0.015	Туркменистан	0.0117	Индия	0.0281

Квота индексов SRIC и LRIC: 10% от общего числа поступающих / выезжающих студентов

Результаты

- Страна с самым высоким значением индекса может рассматриваться как самая важная для устойчивости глобальной образовательной системы
- Наш метод позволяет определить страны, которые, на первый взгляд, не имеют высокого системного значения, но оказывают существенное влияние на устойчивость всей системы

Сеть конфликтов

Со-авторы

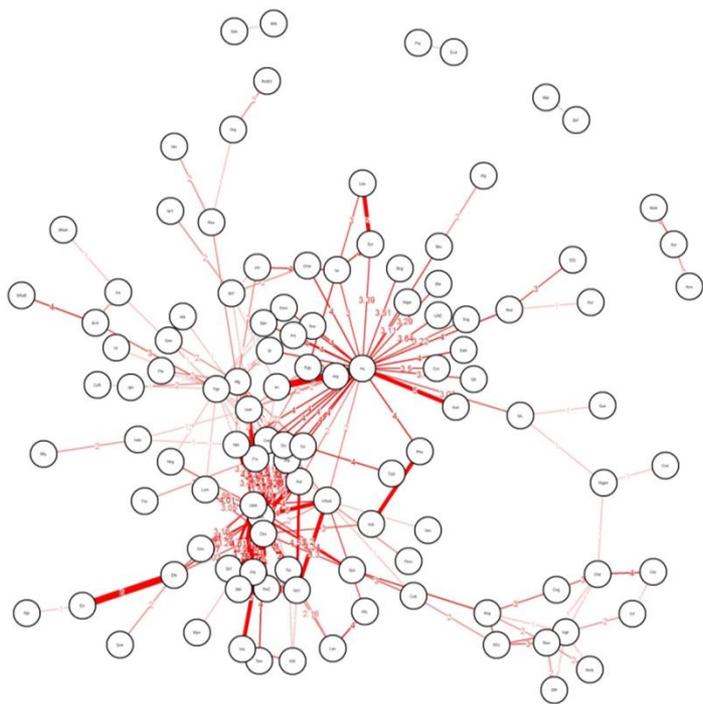
Мария Курапова

Наталья Мещерякова

Сергей Швыдун

Цели исследования

- Это исследование является одной из первых попыток объяснить международные конфликты с точки зрения сетевого подхода.



Мы моделируем международные конфликты как сеть, где:

- Вершины - страны;
- Дуги - факт конфликта.

Интенсивность взаимодействия в сети - это интенсивность конфликта (в результате смертей, связанных с боевыми действиями).

Задача исследования:

- Моделировать сеть международных конфликтов.
- Выявить наиболее влиятельные страны за определенные периоды путем применения соответствующих индексов центральности.

Описание базы данных

- Набор данных вооруженных конфликтов UCDP / PRIO (период 1946-2014 гг., 193 страны), <https://www.prio.org/Data/Armed-Conflict/UCDP-PRIO/>

UCDP определяет конфликт как «спорную несовместимость, касающуюся правительства и / или территории, где использование вооруженной силы между двумя сторонами, из которых хотя бы одно является правительством государства, приводит к по меньшей мере 25 смертям, связанным с боевыми действиями».

В этом исследовании мы сосредоточились на двух типах конфликтов:

- Межгосударственный вооруженный конфликт происходит между двумя или более государствами.
- Интернациональный внутренний вооруженный конфликт происходит между правительством государства и одной или несколькими внутренними оппозиционными группами с вмешательством других государств (второстепенных сторон) с одной или обеих сторон.
- Набор данных по смертям, связанным с боевыми действиями UCDP (Период: 1946-2014), http://www.pcr.uu.se/research/ucdp/datasets/ucdp_battle-related_deaths_dataset/

Информация о ежегодных смертельных случаях, связанных с боевыми действиями, во всех конфликтах из набора данных UCDP / PRIO Armed Conflict Dataset.

- Базы данных ВВП :
 - База данных проекта Maddison (период 1946-1969), <http://www.ggdcc.net/maddison/maddison-project/home.htm>;
 - Данные национальных счетов (период 1970-2014), <http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/data.asp>.

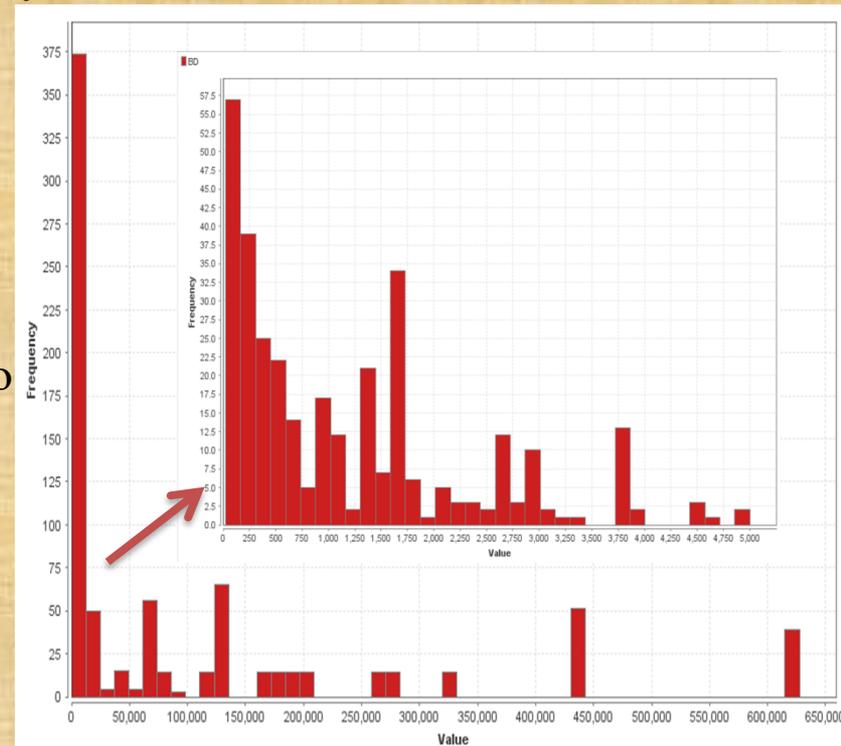
Интенсивность конфликта

○ Мы используем интенсивность конфликта как интенсивность взаимодействия в сети

Уровни интенсивности конфликтов в результате смертей, связанных с боевыми действиями:

- 1 уровень - до 500 жертв включительно;
- 2 уровень - от 500 до 2000 включительно;
- 3 уровень - от 2000 до 5000 включительно;
- 4 уровень - от 5000 до 20000 включительно;
- 5 уровень - от 20000 до 50000 включительно
- 6 уровень - более 50000 жертв.

photo

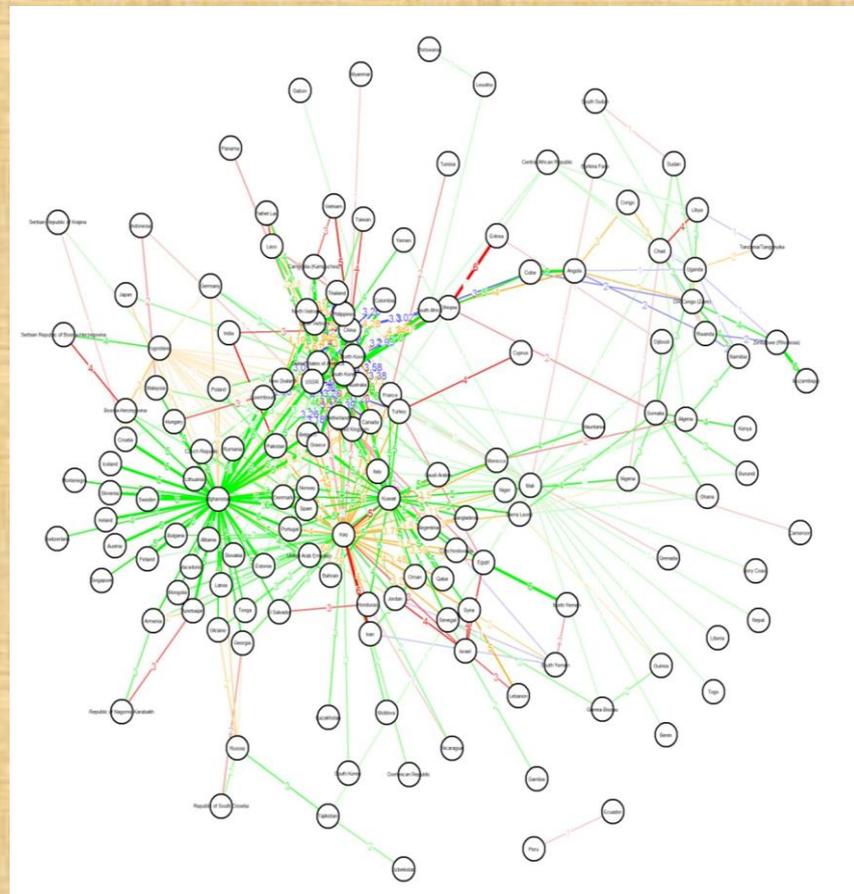


Предварительные допущения

- Если страна А поддерживает страну В в конфликте со страной С, то страна А также находится в конфликте со страной С, но его интенсивность на один уровень ниже.
- Если в конфликте страны А со страной В страна С поддерживает А, а страна D поддерживает В, то С и D также конфликтует, но интенсивность конфликта уменьшается на два уровня относительно конфликта А и В.
- Эти предположения также относятся к уровню поддержки стран, поскольку уровень поддержки эквивалентен уровню конфликта.

Цвета

- **Красный** – Прямой конфликт;
- **Зеленый** – поддержка;
- **Оранжевый** – Опосредованный конфликт первого порядка (если страна А находится в состоянии войны со страной В, а С поддерживает А, конфликт С и В обозначается оранжевым цветом);
- **синий** – Опосредованный конфликт второго порядка (если есть конфликт стран А и В, С поддерживает страну А, а страна D поддерживает В, конфликт между С и D будет обозначен синим).



Периоды

- **1946 - 1956:** период после окончания Второй мировой войны (Основные события: 1945-1954 г Индокитайская война, 1948-1949 гг Первая арабо-израильская война, 1950-1953 гг-Корейская война, 1956 г - Суэцкий кризис и события в Венгрии);
- **1957 - 1975:** период крушения колониальной системы и гонки вооружений (Основные события: война во Вьетнаме 1957-1975, революция на Кубе в 1958 году, кризис в Берлине 1961, Карибский кризис 1962, гражданская война в Камбодже в 1967-1975 гг);
- **1976-1990:** период до распада СССР (основные события: война 1979-1989 годов в Афганистане, 1980-1988 гг ирано-иракская война, 1977 г - египетско-ливийская война, 1979 г - вьетнамско-китайская война);
- **1991 - 2000 гг .:** период после распада СССР (основные события: 1991-1992 гг. война в Южной Осетии, 1991 г. войны в Персидском заливе, 1991-1994 гг. война в Н.Карабахе, 1992-1993 гг. Грузино-абхазская война, 1998-1999 гг. война НАТО и Югославии);
- **2001 - 2007:** Основные события: 2001-2014 война в Афганистане; вторжение войск коалиции в Ирак в 2003 году;
- **2008 - 2014 гг .:** Основные события: конфликт Грузии и Южной Осетии, война в Украине.

Индексы центральности

1946 - 1956: период после окончания Второй мировой войны

Страна	PageRank	Страна	Eigenvector
North Korea	0.131	North Korea	1
USSR	0.113	USSR	0.758
China	0.100	China	0.694
Israel	0.075	South Korea	0.558
United Kingdom	0.038	United Kingdom	0.416
France	0.033	France	0.415
South Korea	0.033	United States of America	0.376
India	0.033	Canada	0.371
Pakistan	0.033	Netherlands	0.353
Egypt	0.026	Australia	0.353

Страна	SRI	Страна	LRI (SumPaths)
North Korea	0,307	USSR	0,117
USSR	0,240	China	0,115
China	0,114	North Korea	0,115
Pakistan	0,062	Thailand	0,047
Egypt	0,022	France	0,038
South Korea	0,021	United Kingdom	0,038
United Kingdom	0,017	New Zealand	0,037
France	0,017	Greece	0,037
Thailand	0,016	South Korea	0,037

Квота для индексов SRIC and LRIC : $q = 5$

Индексы центральности

2008 - 2014 (Основные события: конфликт Грузии и Южной Осетии, война в Украине).

Страна	PageRank	Страна	Eigenvector
Азербайджан	0.081	Россия	1
Конго	0.081	Украина	0.894
Грузия	0.065	Грузия	0.447
Россия	0.065	Пакистан	0.0001
Камбоджа	0.055		
Джибути	0.055		
Эритрея	0.055		
Индия	0.055		
Пакистан	0.055		
Южный Судан	0.055		

Страна	SRI	Страна	LRI (SumPaths)	Страна	Simul
Пакистан	0,387	Украина	0,282	Грузия	0,300
Украина	0,263	Грузия	0,282	Украина	0,275
Грузия	0,131	Пакистан	0,276	Пакистан	0,269
Камбоджа	0,081	Камбоджа	0,057	Камбоджа	0,056
Индия	0,044	Индия	0,031	Индия	0,031
Россия	0,039	Россия	0,028	Россия	0,027
Южный Судан	0,015	Южный Судан	0,010	Южный Судан	0,010
Армения	0,013	Армения	0,009	Армения	0,009
Конго	0,006	Конго	0,004	Уганда	0,005
Судан	0,003	Уганда	0,004	Конго	0,004

Квота для индексов SRIC and LRIC: $q = 5$

Результаты

- Сетевой анализ - это перспективный подход к изучению международных конфликтов в динамике.
- Новые индексы центральности выявляют наиболее влиятельные страны в определенные периоды и определяют интересные случаи, когда, на первый взгляд, слабая страна имеет влияние в сети, или же страна, которая не участвует в конфликте напрямую, является более влиятельной, чем страна-участница конфликта.

Сеть потоков денежных переводов

- Источник данных: The World Bank Prospect
- Денежные переводы в 214 стран мира в 2014 году
- Матрица g : объем денежных переводов из страны i в страну j был преобразован в матрицу абсолютных потоков денежных переводов g' :

$$g'_{ij} = \begin{cases} g_{ij} - g_{ji}, & \text{если } g_{ij} \geq g_{ji} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Характеристики сети денежных переводов

Характеристики	величина
Количество вершин	214
Количество дуг	3861
Средняя степень	18.042
Диаметр графа	7
Плотность графа	0.085
Средний коэффициент кластеризации	0.354
Средний путь	2.608
Число слабосвязных компонент (WCC)	2
Количество сильносвязанных компонент (SCC)	50

*Для бинарной сети денежных переводов

Скорректированные оценки Коупленда

$$CS_{adj} = \sum_{j=1}^n g'_{ij} - \sum_{j=1}^n g'_{ji}$$

- Результаты были получены в виде слабых порядков ранжирования

Страны в верхней части	Страны в нижней части
США	Нигерия
Саудовская Аравия	Мексика
ОАЭ	Филиппины
Великобритания	Китай
Канада	Индия

Network analysis of international terrorism

Global Terrorism Database (GTD)

- Terrorist events around the world from 1970 through 2016
- 170,350 incidents
- Information on date, location, weapons used, nature of the target, number of casualties, names of groups responsible for each terrorist attack

GTD Definition of Terrorism

- Terrorist attack is the threatened or actual use of illegal force and violence by a non-state actor to attain a political, economic, religious, or social goal through fear, coercion, or intimidation

Inclusion Criteria

- The incident must be intentional
- The incident must entail some level of violence or immediate threat of violence
- The perpetrators of the incidents must be sub-national actors
- The act must be aimed at attaining a political, economic, religious, or social goal
- There must be evidence of an intention to coerce, intimidate, or convey some other message to a larger audience than the immediate victims
- The action must be outside the context of legitimate warfare activities

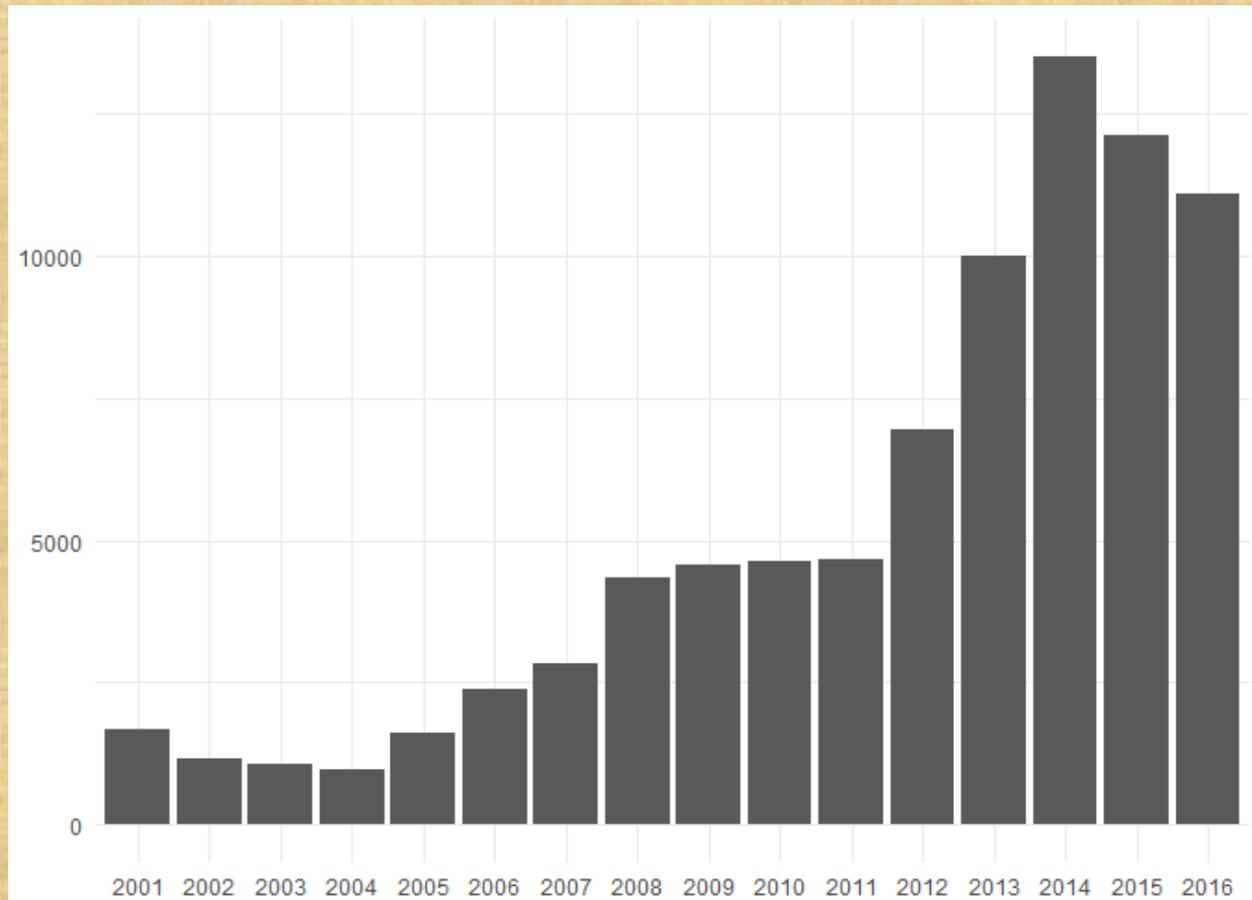
Observation period

- 2001-2016
- 83,635 terrorist attacks in 158 countries

Selected:

- 1,216 attacks perpetrated by two terrorist groups or more in 90 countries
- 426 groups
- 111,479 victims

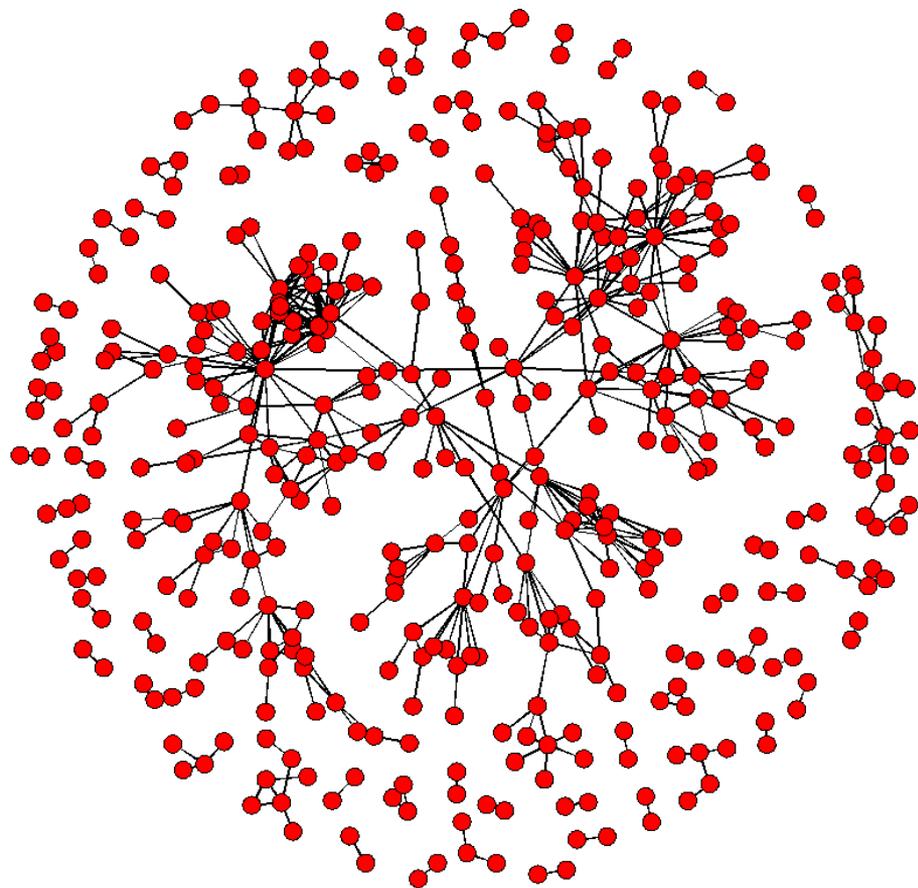
Distribution of attacks over 2001-2016



Methods - Social Network Analysis

- Classic centrality measures (degree, betweenness, eigenvector etc.)
- Copeland index
- Long-Range and Short-Range Interaction Centralitiy

Network



Connected components

- 60 connected components overall

	No. of groups	Regions	Ideology	No. of attacks	No. of victims
Component 1	253	Middle East North Africa Central Asia South Asia Southeast Asia Sub-Saharan Africa Europe North America	Religious (Islamic) Separatist Ethnic Leftist	24284	104392
Component 2	20	Sub-Saharan Africa	Ethnic Religious (Islamic)	2078	6151
Component 3	13	Europe North America Latin America Australia & Oceania	Anarchist Ecologist Leftist	245	1
Component 4	7	South Asia (Nepal)	Separatist	41	46
Component 5	5	Latin America	Leftist	1374	1449

Copeland centrality: component 1

Group	Centrality by ties	Centrality by joint attacks	Centrality by victims	No. of attacks	No. of victims
Al-Nusrah Front	0,025	0,052	0,09	244	2340
Tehrik-i-Taliban Pakistan	0,025	0,036	0,065	1092	4857
Lashkar-e-Jhangvi	0,022	0,022	0,044	149	1429
Islamic State of Iraq and the Levant	0,03	0,041	0,041	3564	23088
Ahrar al-Sham	0,019	0,024	0,04	40	366
Taliban	0,016	0,034	0,038	5634	20458
Lashkar-e-Taiba	0,021	0,034	0,037	155	1046
Hamas (Islamic Resistance Movement)	0,013	0,025	0,024	286	759
Al-Qaida	0,013	0,013	0,019	61	3507
Al-Aqsa Martyrs Brigade	0,011	0,025	0,013	181	340
Free Syrian Army	0,016	0,021	0,007	90	285
Abu Sayyaf Group	0,011	0,012	0,007	355	463
Hizbul Mujahideen	0,012	0,012	0,005	108	164
Popular Front for the Liberation of Palestine	0,012	0,012	0,003	67	74

Copeland centrality: component 2

Group	Centrality by ties	Centrality by joint attacks	Centrality by victims	No. of attacks	No. of victims
Mayi Mayi	0,1	0,11	0,21	49	214
Allied Democratic Forces	0,07	0,06	0,19	137	868
Al-Shabaab	0,19	0,17	0,11	1700	4143
Democratic Front for the Liberation of Rwanda	0,12	0,15	0,11	88	433
National Council for Defense of Democracy	0,05	0,08	0,1	18	78
Party for the Liberation of the Hutu People	0,05	0,08	0,1	34	152
Ogaden National Liberation Front	0,05	0,02	0,04	6	177
Nyatura Militia	0,07	0,09	0,03	17	24
Ahlu-sunah Wal-jamea (Somalia)	0,02	0,01	0,02	1	10
Hizbul al Islam	0,02	0,1	0,02	12	11
Mai Mai Mazembe Militia	0,05	0,02	0,02	1	7
Forces for the Defense of Democracy	0,02	0,01	0,01	1	4
Alliance of Patriots for a Free and Sovereign Congo	0,02	0,03	0	5	1
Democratic Force for the Defense of Human Rights	0,02	0,01	0	1	0

Copeland centrality: component 3

Group	Centrality by ties	Centrality by joint attacks	Centrality by victims	No. of attacks	No. of victims
Earth Liberation Front	0,07	0,17	0	58	0
Informal Anarchist Federation	0,14	0,17	0	43	0
Animal Liberation Front	0,04	0,15	0	53	0
Conspiracy of Cells of Fire	0,21	0,13	0	56	0
International Revolutionary Front	0,04	0,1	0	6	0
Revolutionary Struggle	0,14	0,08	0	22	1
Instigators of Social Explosion	0,07	0,04	0	1	0
Revolutionary Continuity	0,07	0,04	0	1	0
Wild Freedom	0,07	0,04	0	1	0
Armed Revolutionary Action	0,04	0,02	0	1	0
November 17 Revolutionary Organization	0,04	0,02	0	1	0
Sisters in Arms	0,04	0,02	0	1	0
Terrorists Guerrilla Group	0,04	0,02	0	1	0

Copeland centrality: component 4

Group	Centrality by ties	Centrality by joint attacks	Centrality by victims	No. of attacks	No. of victims
Samyukta Jatiya Mukti Morcha	0,14	0,14	0,31	12	8
Janatantrik Terai Mukti Morcha-Rajan Mukti	0,29	0,29	0,27	15	16
Terai Army	0,21	0,21	0,15	10	16
United Ethnic Liberation Front	0,07	0,07	0,12	1	3
Nepal People's Army	0,07	0,07	0,08	1	2
Terai Janatantrik Madhes Party	0,14	0,14	0,08	1	1
Janatantrik Terai Mukti Morcha-Ranbir Singh	0,07	0,07	0	1	0

Copeland centrality: component 5

Group	Centrality by ties	Centrality by joint attacks	Centrality by victims	No. of attacks	No. of victims
National Liberation Army of Colombia	0,38	0,48	0,5	293	176
Revolutionary Armed Forces of Colombia	0,25	0,44	0,4	1073	1263
Popular Liberation Army	0,13	0,04	0,08	6	9
Los Rastrojos (Colombia)	0,13	0,02	0,02	1	1
People's Revolutionary Army	0,13	0,02	0	1	0

**Сетевой анализ
в условиях глубокой неопределенности:
проблема продовольственной
безопасности**

Ф.Т.Алескеров (НИУ ВШЭ), С.Дутта (НИУ ВШЭ),
Д.С.Егоров (НИУ ВШЭ), Д.С.Ткачев (НИУ ВШЭ)

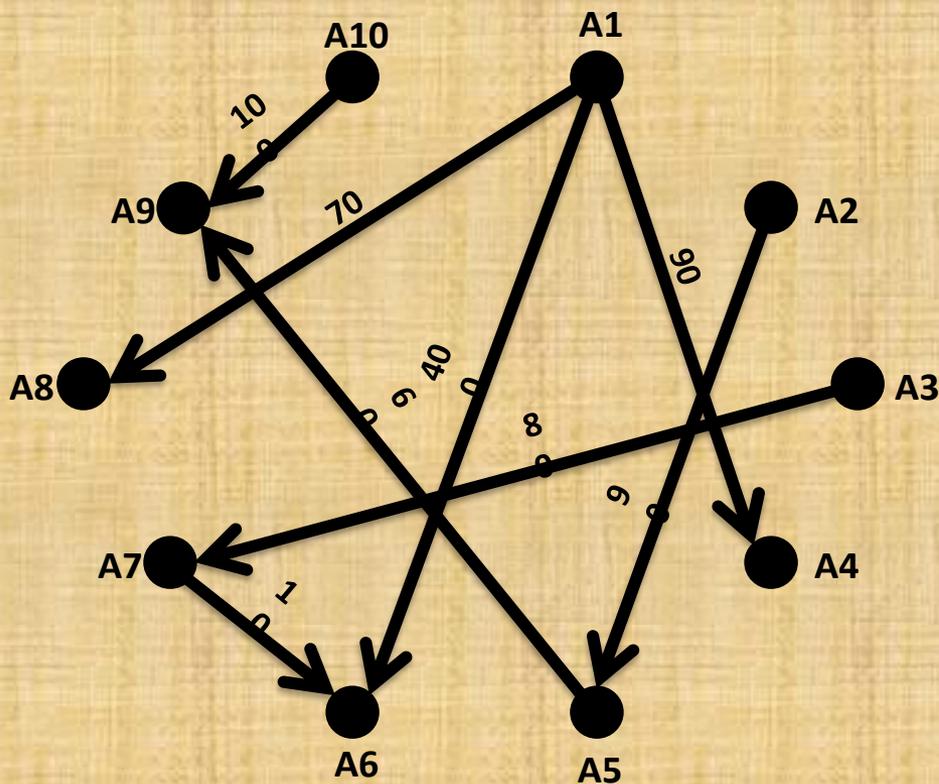
Глубокая неопределенность

Ситуация глубокой неопределенности характеризуется отсутствием каких-либо статистических оценок развития ситуации*.

Для моделирования последствий в условиях глубокой неопределенности используется сценарный анализ.

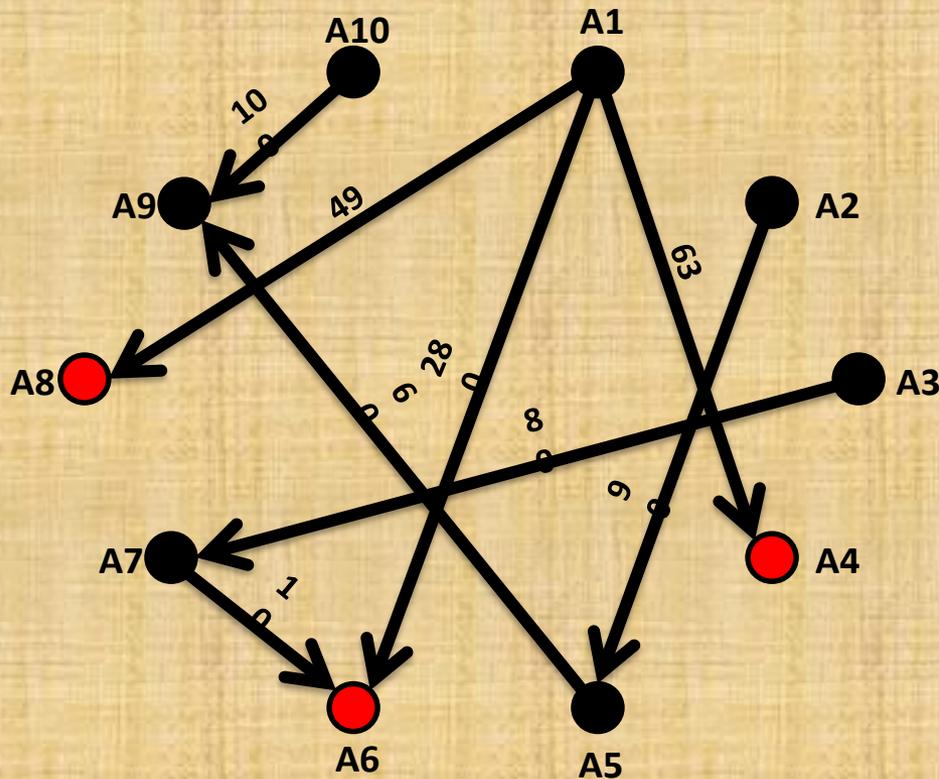
*Bloemen P. J. T. M. et al. DMDU into practice: Adaptive Delta Management in the Netherlands //Decision Making under Deep Uncertainty. – Springer, Cham, 2019. – С. 321-351.

Пример: 10 стран



	Потребление	Минимальное потребление с учетом рекомендуемой нормы	Экспорт
A1	600	400	560
A2	400	300	90
A3	150	100	80
A4	120	150	0
A5	350	300	0
A6	500	500	0
A7	500	350	10
A8	250	250	0
A9	450	400	0
A10	400	350	100

A1 сократил экспорт на 30%



	Потребление	Минимальное потребление с учетом рекомендуемой нормы	Экспорт
A1	600	400	392
A2	400	300	90
A3	150	100	80
A4	< 93	150	0
A5	350	300	0
A6	< 500	500	0
A7	500	350	10
A8	< 250	250	0
A9	450	400	0
A10	400	350	100

Сеть экспорта/импорта

В данной работе рассматривается сеть экспорта основных зерновых культур (пшеница, рис, кукуруза, просо, сорго, рожь, овес, гречиха, ячмень).

Проанализированы данные по экспорту, производству основных зерновых культур, численности населения стран за 2018, 2019, 2020 годы.

Данные по экспорту/импорту

Для анализа объёма импорта были использованы данные из базы данных Организации Объединенных Наций (UN Comtrade)*, которая ведётся статистическим отделом ООН. База данных UN Comtrade содержит детальную статистику импорта и экспорта различных товаров от статистических служб различных стран и территорий.

Пример данных об экспорте/импорте пшеницы (в кг)

	Year	From	To	Value
0	2018	Afghanistan	Pakistan	2000.0
1	2018	Albania	North Macedonia	27000.0
2	2018	Albania	United Arab Emirates	966.0

*UNComtrade Database [Электронный ресурс]. – URL: <https://comtrade.un.org/data/>

Данные по производству

Данные по производству (выращиванию зерновых культур) были получены из базы данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO).

Area	Value
Afghanistan	5185000000
Albania	233430000
Algeria	3106754000

Пример данных о производстве пшеницы в 2020 году (в килограммах)

Данные по населению

Данные по численности населения были получены с сайта ООН*.

	Area	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0	Afghanistan	34636208	35643418	36686784	37769499	38972231	40099462	41128771
1	Albania	2881063	2879355	2877013	2873884	2866849	2854710	2842321
2	Algeria	40339329	41136546	41927007	42705369	43451666	44177969	44903225
3	American Samoa	50448	49463	48424	47321	46189	45035	44273
4	Andorra	72541	73837	75014	76343	77700	79034	79824

Пример данных о населении стран в разные годы

*UN Population Division Data Portal. – URL: <https://population.un.org/dataportal/home>

Углеводы

Углеводы играют важную роль в обеспечении энергией мозга и тела. Без них организм не может функционировать должным образом, так как углеводы являются основным источником энергии в рационе.

В нашем исследовании минимальное рекомендуемое потребление углеводов принимается равным 47.45 кг в год на человека (130 грамм в день)*.

*European Food Safety Authority (EFSA). Dietary reference values for nutrients summary report. Vol. 14. No. 12. 2017.

Содержание углеводов в зерновых культурах без тепловой обработки*

100 грамм риса содержит 79.95 грамм углеводов.

100 грамм пшеницы содержит 72.57 грамм углеводов.

100 грамм кукурузы содержит 76.85 грамм углеводов.

100 грамм ячменя содержит 73.48 грамм углеводов.

100 грамм просо содержит 72.85 грамм углеводов.

100 грамм сорго содержит 74.63 грамм углеводов.

100 грамм ржи содержит 69.76 грамм углеводов.

100 грамм овса содержит 66.27 грамм углеводов.

100 грамм гречихи содержит 71.5 грамм углеводов.

*Fatsecret [Электронный пестец]. – URL: <https://www.fatsecret.com/calories-nutrition/usda/whole-grain-wheat-flour?portionid=62482&portionamount=100.000>

Модель

Для того чтобы учитывать экспорт и производство всех зерновых культур, мы рассматриваем величины экспорта и производства каждого продукта в количестве углеводов.

Например, Афганистан поставил в Пакистан в 2018 году 327 тонн просо, 2 тонны пшеницы. Тогда будем считать, что экспорт из Афганистана в Пакистан составляет чуть более 239.67 ($0.7285 * 327 + 0.7257 * 2$) тонн углеводов, представленных 327 тоннами просо и 2 тоннами пшеницы.

Зависимость страны от импорта

Рассматриваются два варианта зависимости от импорта.

1. Страна А зависит от импорта страны В, если для страны А импорта из В достаточно для минимальной нормы потребления рассматриваемого продукта.

Для выявления данной зависимости используются индексы группового влияния, ключевого участника.

2. Страна А зависит от импорта страны В, если в стране А будет наблюдаться нехватка потребления рассматриваемого продукта без импорта из В.

Для выявления данной зависимости вводятся индексы группового влияния, ключевого участника, учитывающие потребление.

Индексы центральности

Для выявления зависимости стран от импорта рассматриваются классические и новые индексы центральности

- Классические*:
 - PageRank
 - In-degree
- Новые**:
 - Индекс группового влияния + учитывающие потребление
 - Индекс ключевого участника + учитывающие потребление

*Newman M. E. J. The structure and function of complex networks //SIAM review. – 2003. – Т. 45. – №. 2. – С. 167-256.

**Aleskerov F., Yakuba V. Matrix-vector approach to construct generalized centrality indices in networks // NRU Higher School of Economics. Series WP7 "Mathematical methods for decision making economics, business and politics" – 2020.

In-degree

Индекс In-degree (CI^0) для каждой страны i равен величине суммарного импорта на душу населения.

Предположим, что население А – 800 ($Pop_A = 800$), В – 1600, С – 1000, D – 1600.

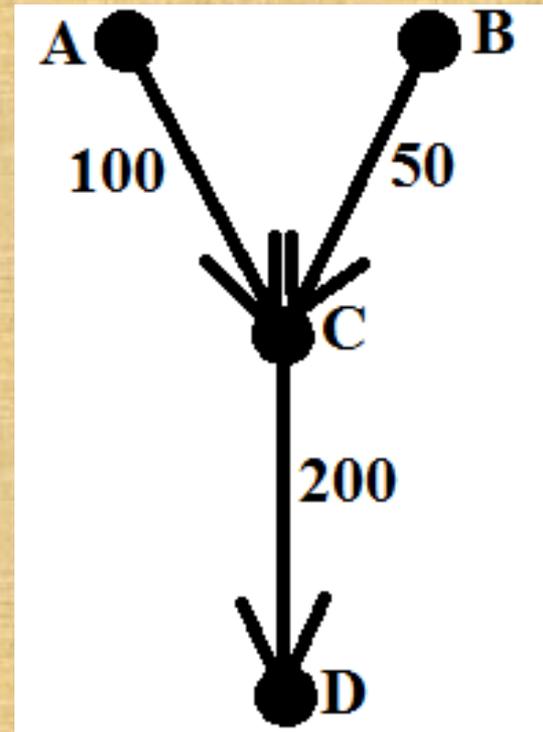
Тогда, для сети на рисунке,

$$CI^0(A) = 0,$$

$$CI^0(B) = 0,$$

$$CI^0(C) = \frac{100+50}{1000} = 0.15,$$

$$CI^0(D) = \frac{200}{1600} = 0.125.$$



Индекс группового влияния VI^0

Для каждой страны i определяется группа стран S , состоящая из экспортеров \dot{i} .

Предполагается, что в S входит не более k стран.

Индекс группового влияния $VI^0(i)$ равен количеству групп экспортеров, у которых величина суммарного экспорта на душу населения в \dot{i} не меньше установленной минимальной нормы потребления q рассматриваемого продукта. Такие группы называются критическими для страны i .

Индекс группового влияния VI^0 .

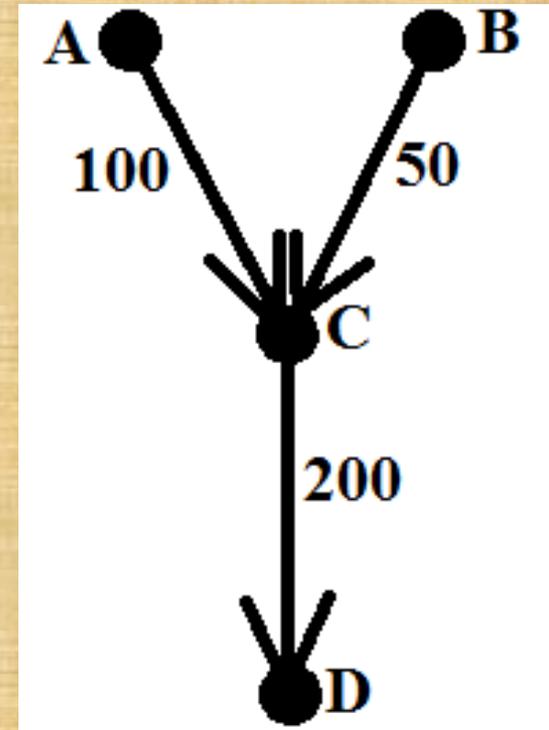
Пример

Предположим, что максимальное количество стран, способных одновременно оказывать влияние равняется трем, $k = 3$, $q = 0.06$.

Тогда, $VI^0(A) = 0$, $VI^0(B) = 0$.

C имеет три критические группы – $\{A\}$, $\{A,B\}$, чей суммарный экспорт на душу населения не меньше 0.06, $VI^0(C) = 2$

D имеет одну критическую группу – $\{C\}$, чей экспорт на душу населения не меньше 0.06, $VI^0(D) = 1$



Индекс ключевого участника PI^0

Страна j называется ключевой для страны i в группе экспортеров S , если суммарное значение экспорта на душу населения i больше в S и меньше в группе S без j установленной квоты q .

Индекс ключевого участника $PI^0(i)$ равен сумме произведения количества экспортеров в S на количество ключевых экспортеров для страны i по всем группам S .

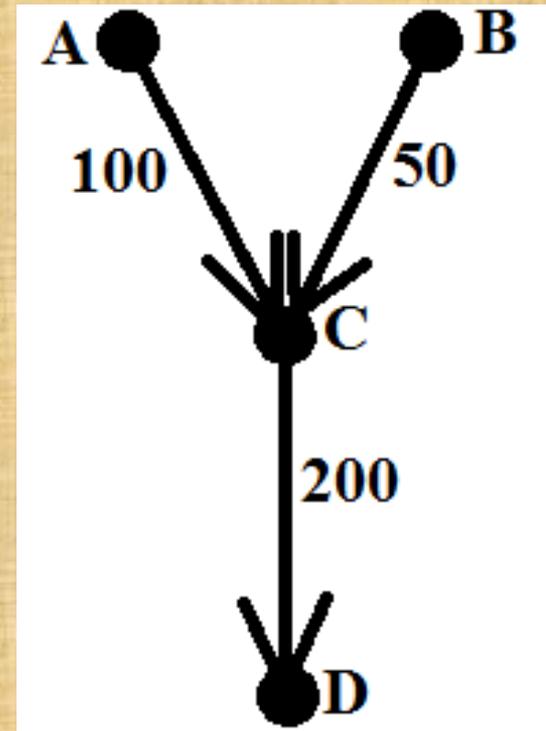
Индекс ключевого участника PI^0 .

Пример

В странах А, В отсутствует экспорт,
 $PI^0(A) = 0, PI^0(B) = 0$.

У страны С две критические группы
экспортеров – {А}, {А,В}. В группах {А},
{А,В} одна ключевая страна - А,
 $PI^0(C) = 1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 3$.

Д имеет одну группу экспортеров – {С}.
В группе {С} одна ключевая
страна, $PI^0(D) = 1$.



Потребление углеводов

Для того чтобы оценить уязвимость стран с учетом продовольственной безопасности, рассмотрим величину FC_i (Food consumption) потребления углеводов на душу населения в стране i .

$$FC_i = \frac{P_i + I_i - E_i}{Pop_i},$$

где P_i – величина производства продовольствия страны i в углеводах, I_i – величина импорта продовольствия в i (в углеводах), E_i – величина экспорта продовольствия из i (в углеводах), Pop_i – численность населения страны i .

Дефицит потребления

Если $FC_i < q$, то в i наблюдается нехватка потребления углеводов на душу населения (величина потребления FC_i ниже установленной нормы q).

Для каждой страны i определим величину дефицита потребления углеводов D_i (deficit) в стране i следующим образом

$$D_i = FC_i - q,$$

где FC_i – величина потребления углеводов на душу населения в i , q – значение минимальной рекомендуемой нормы потребления углеводов на человека.

Модифицированные индексы Pivotal, Bundle

Предположим, что A, B, C, D имеют производство рассматриваемого продукта. Производство в стране A равняется 200 ($P_A = 200$), в B - 210, в C - 290, в D - 40.

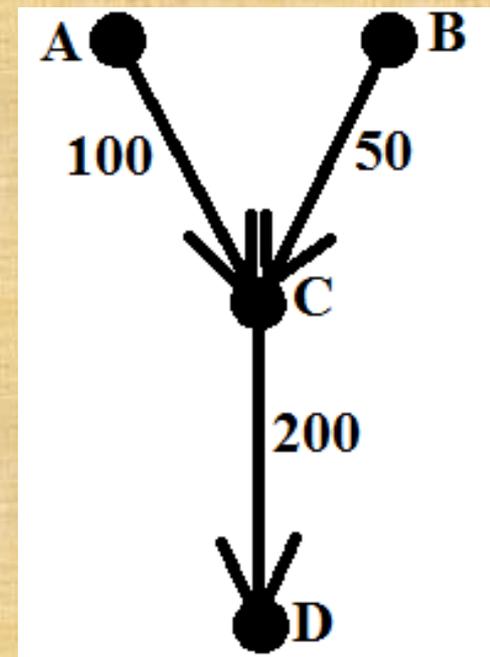
Тогда,

$$FC_A = \frac{200+0-100}{800} = 0.125, D_A = 0.125 - 0.06 = 0.065,$$

$$FC_B = \frac{210+0-50}{1600} = 0.1, D_A = 0.1 - 0.06 = 0.04,$$

$$FC_C = \frac{290+150-200}{1000} = 0.24, D_A = 0.24 - 0.06 = 0.18,$$

$$FC_D = \frac{40+200-0}{1600} = 0.15, D_A = 0.15 - 0.06 = 0.09.$$



Модифицированные индексы Pivotal, Bundle

Предположим, что А и В полностью остановят экспорт в С. Тогда,

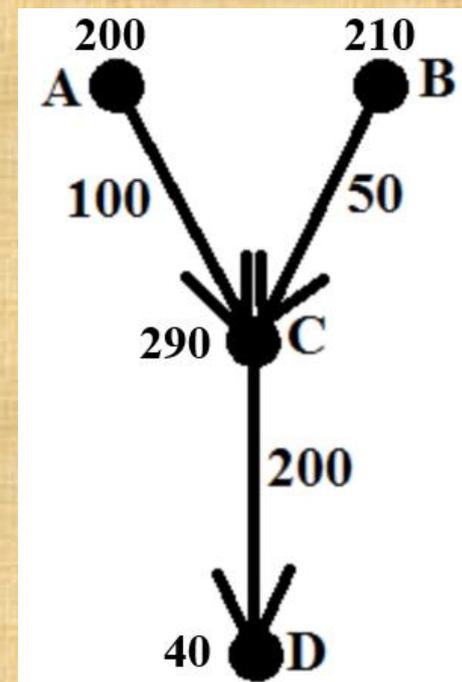
$$FC_A = \frac{200+100-0}{800} = 0.375, D_A = 0.375 - 0.06 = 0.315,$$

$$FC_B = \frac{210+50-0}{1600} = 0.1625, D_A = 0.1625 - 0.06 = 0.1025,$$

$$FC_C = \frac{290+0-200}{1000} = 0.09, D_A = 0.09 - 0.06 = 0.03,$$

$$FC_D = \frac{40+200-0}{1600} = 0.15, D_A = 0.15 - 0.06 = 0.09.$$

Страна С не зависит от импорта.



Модифицированные индексы Pivotal, Bundle

Предположим, что А и В полностью остановят экспорт в С, С также остановит экспорт в D.

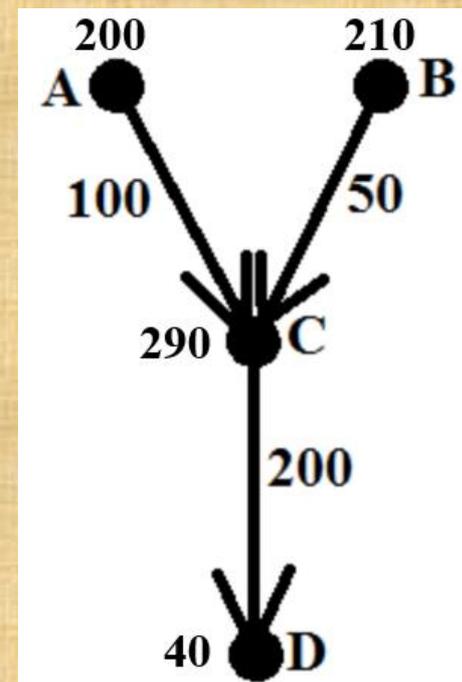
$$FC_A = \frac{200+100-0}{800} = 0.375, D_A = 0.375 - 0.06 = 0.315,$$

$$FC_B = \frac{210+50-0}{1600} = 0.1625, D_A = 0.1625 - 0.06 = 0.1025,$$

$$FC_C = \frac{290+0-0}{1000} = 0.29, D_A = 0.29 - 0.06 = 0.23,$$

$$FC_D = \frac{40+0-0}{1600} = 0.025, D_A = 0.025 - 0.06 = -0.035.$$

Страна D зависит от импорта.



Модифицированный индекс группового влияния

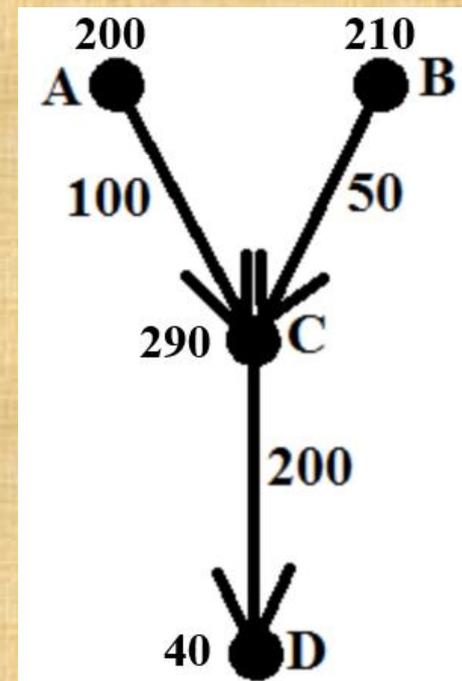
Индекс группового влияния, учитывающий потребление страны i ${}^{CD}BI^0$ равен количеству групп экспортеров, суммарный экспорт на душу населения которых не меньше D_i .

Для данного примера,

$${}^{CD}BI^0(A) = 0, {}^{CD}BI^0(B) = 0,$$

У страны С нет групп стран-экспортеров, у которых суммарный экспорт на душу населения не меньше 0.23, ${}^{CD}BI^0(C) = 0$.

У страны D отсутствие экспорта из С приводит к нехватке потребления, ${}^{CD}BI^0(D) = 1$.



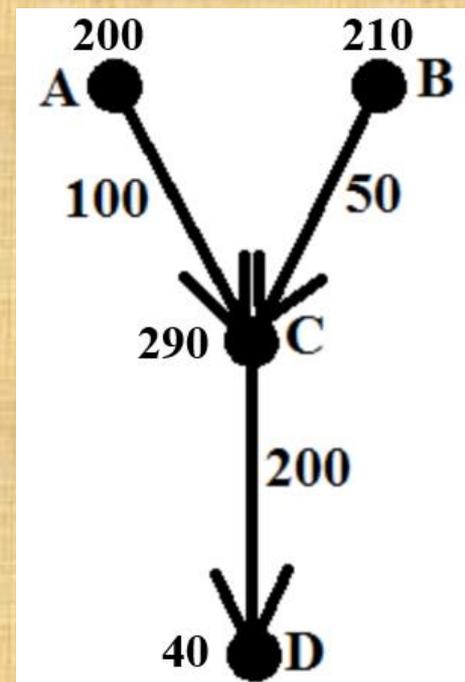
Модифицированный индекс ключевого участника

Страна является j является ключевой для страны i в группе S , если суммарный экспорт из S в i меньше D_i без j . Если $D_i < 0$ считаем, что все страны в S ключевые.

Модифицированный индекс ключевого участника ${}^{CD}PI^0$ равен сумме произведения количества экспортеров в S на количество ключевых экспортеров для страны i по всем группам S .

Для данного примера,

$${}^{CD}PI^0(A) = 0, {}^{CD}PI^0(B) = 0, {}^{CD}PI^0(C) = 0, {}^{CD}PI^0(D) = 1.$$



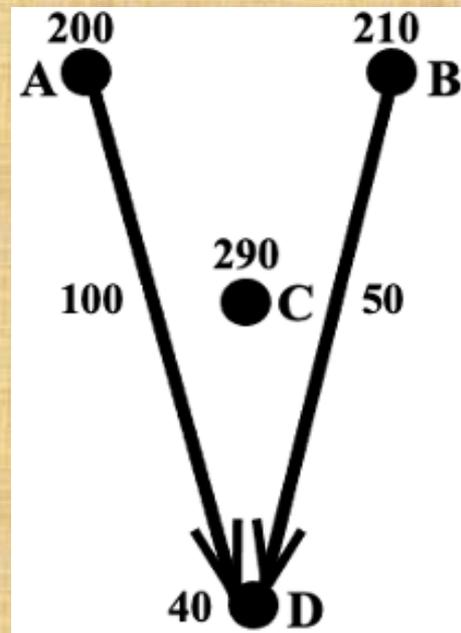
Непрямое влияние в сети

Рассматривая предыдущий пример, можно предположить, что сокращение экспорта из страны j в i может также повлиять на экспорт из i . В этом случае говорят о непрямом влиянии длины 2 страны j на импортеров страны i .

В общем случае, для цепи поставок длины d из j в i говорят о непрямом влиянии страны j на i .

Для того чтобы определить влияние страны j на i длины d рассматриваются всевозможные цепи поставок из j в i длины d . Затем, для каждой цепи определяется наименьшее величина экспорта среди стран цепи и выбирается наибольшее значение среди всех цепей.

Для непрямого влияния длины k индексы центральности $(CI^{k-1}, VI^{k-1}, PI^{k-1}, {}^{cd}VI^{k-1}, {}^{cd}PI^{k-1})$ вычисляются аналогично.



Сценарный анализ

Для моделирования последствия событий, оказывающих влияние на экспорт в сети мы используем сценарный анализ.

Основная цель заключается в нахождении наиболее уязвимых стран в случае, если какие-то страны по различным причинам не могут экспортировать или импортировать рассматриваемое продовольствие.

Сценарный анализ рассматривается нами как процесс моделирования изменения потоков продовольствия независимо от причин данного процесса.

Для реализации сценарного анализа мы используем данные по экспорту и производству зерновых культур за 2020 год.

Нехватка потребления по годам (2018, 2019, 2020)

Красным цветом выделены значения нехватки потребления углеводов на душу населения.
Черным цветом выделены значения избытка потребления углеводов на душу населения.

Страны	2018	2019	2020
Бурунди	-10.62	-4.59	-11.27
Вануату	-40.97	-27.23	-18.00
Доминика	-34.68	-19.82	-29.06
ДР Конго	-12.33	-11.93	-12.30
Зимбабве	63.32	-1.57	87.74
Конго	2.79	-1.99	5.06
Лесото	39.83	-2.41	42.86
Палестина	-15.82	24.94	-16.80
Папуа-Новая Гвинея	-18.86	-13.19	-10.79
Сан-Томе и Принсипи	-14.20	-8.07	-6.92
Соломоновы о-ва	-23.83	-24.52	-4.93
Сомали	-12.91	-13.53	-12.49
ЦАР	-23.72	-25.41	-25.24
Черногория	23.81	13.90	-7.43

Наводнение в Пакистане

В 2022 году в Пакистане произошло сильнейшее наводнение, экспорт и производство зерновых культур в Пакистане полностью прекратилось.

Согласно информации на сайте UNICEF почти 10 миллионов детей в Пакистане страдают от недостатка еды*.

Страна	Нехватка - до наводнения (кг/чел)	- после наводнения (кг/чел)
Бурунди	-11.27	-11.32
Вануату	-18.00	-18.00
Доминика	-29.06	-29.06
ДР Конго	-12.30	-12.39
Пакистан	92.58	-38.14
Палестина	-16.80	-16.83
Папуа-Новая Гвинея	-10.79	-10.79
Сан-Томе и Принсипи	-6.92	-6.92
Соломоновы о-ва	-4.93	-4.93
Сомали	-12.49	-12.49
Союз Коморских островов	44.44	-8.60
ЦАР	-25.24	-25.24
Черногория	-7.43	-7.91

*UNICEF [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.unicef.org/emergencies/devastating-floods-pakistan-2022>

Сценарий. Наводнение в Пакистане + помощь от России

Предположим, что Россия сократит экспорт со всеми странами, кроме Пакистана, на 5%, и увеличит на это количество экспорт в Пакистан.

Страна	Нехватка - до помощи (кг/чел)	- после помощи (кг/чел) сценарий 4
Бурунди	-11.32	-11.37
Вануату	-18.00	-18.00
Доминика	-29.06	-29.06
ДР Конго	-12.39	-12.47
Пакистан	-38.14	-31.21
Палестина	-16.83	-16.93
Папуа-Новая Гвинея	-10.79	-10.79
Сан-Томе и Принсипи	-6.92	-6.92
Соломоновы о-ва	-4.93	-4.93
Сомали	-12.49	-12.56
Союз Коморских Островов	-8.60	-8.60
ЦАР	-25.24	-25.24
Черногория	-7.91	-7.91

Выводы

- Создана модель сетевого анализа в условиях глубокой неопределенности.
- Эта модель позволяет рассматривать различные сценарии развития ситуации.
- Предложены новые модели поиска уязвимых стран с точки зрения продовольственной безопасности.
- Выявлены страны, наиболее уязвимые к поставкам зерновых культур в рассмотренных сценариях.
- В дальнейшем планируется применить данные модели в анализе сетей экспорта других стратегических продуктов.

Результаты

Результаты данной работы опубликованы в журнале Procedia Computer Science (Scopus (Q2))*.

Готовится статья в журнал Information Technology and Decision Making (Scopus, WoS (Q2)).

Также данные результаты были представлены:

- В рамках пленарного доклада на конференции The Ninth International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2022). Получена награда за лучший доклад (Best paper award).
- В рамках секционного доклада на Международной научной конференции по моделированию и анализу комплексных систем и процессов 2022 .
- На Общемосковском семинаре «Математические методы анализа решений в экономике, бизнесе и политике».

*Aleskerov F. T., Dutta S., Egorov D., Tkachev D. Networks under Deep Uncertainty // Procedia Computer Science. 2022. Vol. 214. P. 1285-1292.

Спасибо за внимание

ИСТОЧНИКИ

- Eurostat (2019). Migration and migrant population statistics. Retrieved 10.04.2019 from [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Migration_and_migrant_population_statistics]
- OECD.Stat (2019). International Migration Database. Retrieved 20.11.2019 from [<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DatasetCode=MIG>]
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2009). International Migration Flows to and from Selected Countries: The 2008 Revision. (United Nations database, POP/DB/MIG/Flow/Rev.2008).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). International Migration Flows to and from Selected Countries: The 2015 Revision (POP/DB/MIG/Flow/Rev.2015).
- Newman M.E.J. (2003) The Structure and Function of Complex Networks // SIAM Review, 45(2), pp. 167–256.
- Fagiolo G., Mastroiello M. International migration network: Topology and modeling //Physical Review E. – 2013. – T. 88. – №. 1. – C. 012812.
- Tranos E., Gheasi M., Nijkamp P. International migration: a global complex network //Environment and Planning B: Planning and Design. – 2015. – T. 42. – №. 1. – C. 4-22.
- Aleskerov F., Andrievskaya I., Permjakova E. (2014) Key borrowers detected by the intensities of their short-range interactions, National Research University Higher School of Economics Basic Research Program Working Paper, Series Financial Economics, WR BRP, 33/FE/2014, 18 p.
- Aleskerov F., Meshcheryakova N., Shvydun S. (2017) Power in Network Structures. In: Kalyagin V., Nikolaev A., Pardalos P., Prokopyev O. (eds) Models, Algorithms, and Technologies for Network Analysis. NET 2016. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, v. 197. Springer, Cham.
- Aleskerov F., Yakuba V. (2020) Matrix-vector approach to construct generalized centrality indices in networks. WP7/2020/01. Moscow: Higher School of Economics Publ. House, 21 p. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3597948>