

DOI: 10.37791/1993-7598-2020-14-2-48-59

Алтухов А.В., аспирант, инженер кафедры экономики инноваций экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, alexei.altoukhov@gmail.com

Джункеев У.К., студент магистратуры экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, dzhunkeev@gmail.com

Маковеев А.А., студент магистратуры экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, ar.macko@yandex.ru

Тищенко С.А., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры экономической информатики экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, tichch@mail.ru

Сетевой анализ взаимосвязей отраслей экономики США

В данной работе публикуются результаты исследования взаимосвязей в отраслях экономики США, выполненного с помощью сетевого анализа. Исследование базируется на современных и классических научных работах, посвященных межотраслевому и сетевому экономическому анализу, а также на официальных статистических данных, публикуемых в США. Цель исследования — выявить те отрасли, экономические шоки в которых окажут наибольшее влияние на всю экономическую систему США в целом. Работа снабжена необходимыми общими теоретическими сведениями и описанием методики исследования. В ходе исследования проанализированы различные по составу и численности группы отраслей экономики США и построены графы, отражающие структуру сетевого взаимодействия отраслей в каждой из рассматривавшихся групп. Проведены расчеты различных числовых значений показателей центральности сетей для каждой из исследованных групп отраслей экономики. Даны пояснения по каждому из используемых числовых значений центральности сети. В исследовании показаны отрасли-лидеры по каждому из вычисленных значений центральности сети для каждой из групп отраслей экономики, по которым проводились расчеты. Полученные результаты получили оценку и интерпретацию в необходимом объеме. Кроме того, полученные данные о значениях центральности экономических сетей сравнивались с показателями реальной добавленной стоимости отраслей экономики. В ходе проведения исследования и по его результатам был сформулирован ряд различных выводов, которые также последовательно представлены в тексте данной публикации, включая все необходимые комментарии и пояснения к ним. В частности, показано, что наиболее «центральной» отраслью экономики США является «транспортировка и складирование».

Ключевые слова: взаимосвязь, отрасль, параметры, сектор, сеть, сетевой анализ, платформа, США, шоки, экономика

Введение

Изучение отраслевого взаимодействия является важным и даже необходимым для понимания функционирования как отдельных производств, так и макроэкономического выпуска по отрасли, стране или макрорегиону в целом. Изучению этой тематики посвящено множество эмпирических исследований, из которых наиболее из-

вестными являются труды В.В. Леонтьева (см., например [7]), которому в 1973 г. была присуждена премия памяти Нобеля по экономическим наукам за разработку метода «затраты-выпуск» и за разработку практического применения этого метода к важным экономическим проблемам.

Изучение взаимодействия отраслей экономики позволяет прогнозировать и планировать разнородные экономические систе-

мы в краткосрочной и долгосрочной перспективах. Причем метод В. В. Леонтьева применим и для децентрализованной рыночной экономики с сильным частным сектором, и для централизованной плановой экономики, где преобладает государственная собственность. Важность изучения взаимодействия различных отраслей экономики обусловлена тем, что микроэкономические шоки, возникающие в определенной отрасли, распространяют свое влияние (последствия) на всю экономическую систему в целом [1].

Помимо метода, предложенного В. В. Леонтьевым, в современной экономической науке важную роль в эмпирических исследованиях играет моделирование сетевого взаимодействия, т. е. применение метода сетевого анализа. Поэтому особый интерес представляют исследования, выполненные с применением обоих методов — отраслевого и сетевого анализа.

Современные исследователи полагают, что изучение структуры производственных взаимосвязей в экономике приблизит ученых к пониманию базовых причин агрегированных колебаний, а также подготовит экономистов и политиков к подобного рода масштабным изменениям [3]. В первую очередь речь идет о прогнозировании и преодолении последствий негативных шоков в различных отраслях экономики.

В рамках данного исследования объектом выбрана экономика США, а именно современные взаимосвязи между отраслями их экономики.

Обзор литературы

Помимо работ В. В. Леонтьева [7] и ряда зарубежных исследователей [3; 1], которые упоминались ранее во введении, следует отметить еще несколько важных публикаций, относящихся к сетевому анализу.

В относительно свежей работе исследователи ставят вопрос об универсальности подходов к статистической оценке

центральной вершины в сети [2]. Авторам данной работы удалось получить результат, который свидетельствует о том, что в настоящее время показатели центральности в большинстве своем используют похожий способ обработки информации. Таким образом, из этих показателей на выходе образуется специфический для каждого типа показателей содержательный вывод в форме числового значения. Однако ученые при помощи аксиоматического метода показали, что способ обработки информации о структуре сети и о составляющих ее вершинах современными показателями центральности происходит линейным аддитивно сепарабельным образом. Более того, эти аксиомы напоминают подход к аксиоматическому описанию функций полезности в экономической теории.

В одной из новейших работ другие исследователи обратились к анализу финансового рынка Австралии в поисках наиболее качественной метрики центральности для представленных в данных о ценных бумагах [4]. Магнитуда и ее сонаправленность изменениям были использованы в качестве направленной связи для каждой ценной бумаги как вершины графа. Далее потенциальные выбросы третируются при помощи «force-directed» алгоритма, а результат обработки оставшихся данных в качестве центральности может быть сопоставлен по проценту совпадения с наиболее успешными акциями индекса «ASX» (Australian stock exchange) за исследуемый временной промежуток.

В другой новейшей работе анализируются современные тенденции в интересующей нас предметной области, а именно: исследуются взаимосвязи отраслей производства на основе данных таблиц затраты–выпуск [8]. Однако та работа оперирует данными и аналитикой на более масштабном макро–уровне, чем экономика отдельной страны, как в представленном нами данном исследовании.

В процессе поиска и изучения литературы встал вопрос об уточнении подхода к поиску взаимосвязи исследуемых нами отраслей экономики США.

Исходя из уже упомянутого выше исследования [2] трудно специфицировать направление поиска для ответа на поставленный вопрос о том, каким именно образом исследуемые нами отрасли экономики США взаимосвязаны между собой. Стало понятным, что ответ может заключаться лишь в специфической направленности работы показателей центральности с имеющейся (заданной) информацией о сети и ее вершинах. Несмотря на то, что отыскать современные публикации по соответствующей области с обоснованием одного специфического индикатора центральности в ущерб остальным не представилось возможным, мы продолжили свою исследовательскую работу.

Мы пришли к выводу о том, что, используя в качестве основы и образца одну из известных нам современных работ [8], в которой ее авторы приводят данные взаимосвязей между различными странами, возможно, следовательно, показать вариацию именно на внешнем уровне стран, в то время как нас интересует больше внутренний уровень мезо-экономики.

Однако далее, во второй новейшей работе [4], был обнаружен интересный пример, где было показано, как точность той или иной меры центральности могла быть предсказуема с наблюдаемой начальной точкой. Это соображение позволило нам прийти к дальнейшему развитию нашей эмпирической стратегии: использование показателя реальной добавленной стоимости отрасли (real value added by industry) как ориентира сопоставления его с мерой центральности.

Статистические данные

Таблицы затраты–выпуск, которые публикует «Бюро Экономического Анализа» США, являются для нас основным источником статистических данных по отраслевому

промежуточному потреблению на уровнях 15 отраслей [9], 71 отрасли [9] и 405 отраслей [10].

Второй важный источник данных для анализа — информация, которую публикует «Резервного банка Сент-Луиса»: сведения о ВВП страны [11], общая производительность [12], индекс промышленного производства [13] и занятость в частном секторе [14].

Общие теоретические сведения и описание методики исследования

Прежде чем переходить к содержанию самого исследования следует сперва дать некоторые дополнительные пояснения касательно возможных разнонаправленных влияний экономических шоков, возникающих в той или иной отрасли, которые, как уже было сказано, затем распространяют свое влияние на всю совокупную экономическую систему. Далее мы перейдем и непосредственно к сути самого нашего исследования.

Итак, показательным примером негативного шока является, например, приостановка авиасообщения по всей стране по причине проблем в главном аэропорту. Сюда же можно отнести периодически случающиеся в различных странах мира «блэкауты», т. е. массовое отключение электричества по причине, порой, относительно локальной поломки.

Примером положительного шока является развитие тех или иных технологий, которое позволяет снижать стоимость производства. Например, при внедрении новых технологий, снижающих затраты на производство полупроводников, нижестоящий по отношению к этому производству сектор производства электронных устройств (компьютеры и другая высокотехнологичная техника) получает возможность также снизить собственные затраты и отпускные цены. Далее каждый сектор экономики, который прямо или косвенно является связанным и ни-

жестоким по отношению к сектору производства полупроводников, получает возможность снижения затрат и отпускных цен на производимую им продукцию. Благодаря этому, возникает потенциал для повсеместного, взаимосвязанного расширения экономической активности.

Можно сказать, что производственные сети, таким образом, являются одной из детерминант деловых циклов посредством распространения положительных и отрицательных локальных (микроэкономических) шоков отдельной отрасли на макроэкономический уровень в целом. Это возможно в силу тесного прямого переплетения отраслей между собой, так как в экономике возникают и функционируют как прямые, так и косвенные взаимосвязи между ее различными сегментами.

Различие отраслей экономики проследивается во множестве промежуточных ресурсов и определяется технологией производства. Соединение технологий различных производств формирует производственную матрицу, где каждая строка представляет собой определенный перечень доли товаров в общей производственной цепочке отрасли (или отдельного сектора). Подобную производственную матрицу с точки зрения сетевого анализа можно рассматривать как содержащую следующие три элемента:

1) коллекцию определенного количества вершин, или узлов, где каждый узел соответствует одной из отраслей в экономике;

2) коллекцию направленных ребер, где каждое ребро между любыми двумя вершинами характеризует промежуточное взаимодействие между двумя отраслями;

3) коллекцию весов, где каждый вес ассоциируется с определенным направленным ребром и определяется долей определенного товара в общей промежуточной производственной цепочке.

В контексте отраслевого переплетения исследователи определяют три вида сетевого взаимодействия [3]:

а) отсутствие взаимодействия (горизонтальное взаимодействие);

б) вертикальное взаимодействие;

в) взаимодействие в виде звезды.

Одной из главных сравнительных характеристик указанных типов взаимодействий является мультипликатор сети (m_h). Данный мультипликатор определяет степень распространения шоков на агрегированный уровень со стороны отдельной отрасли экономики, который:

- при первом типе равен 1, т. е. $m_h = 1$;

- при втором типе равен m_v ;

- при третьем типе равен m_s .

- При этом соблюдается следующее неравенство: $m_s > m_v > m_h = 1$.

Это неравенство, обусловленное тем, что колебания производства в связующей отрасли (или секторе) имеют прямое, первичное влияние на каждый сектор в экономике, в то время как колебания в более отдаленных секторах имеют вторичное влияние на другие связующие сектора.

В случае горизонтального взаимодействия, производственные товары связаны множеством агрегированного потребления в функции полезности конечных потребителей. В случае вертикального взаимодействия, производственные товары связаны агрегированным выпуском (например, добыча таких полезных ископаемых как железо, никель, кобальт и других далее по цепочке влияет на производство магнитов и в конечном итоге — на производство современных телефонов и других гаджетов).

Помимо прямого влияния отдельных отраслей экономики имеют место и косвенные каналы влияния на агрегированную волатильность. Например, отрасль электроэнергетики имеет первичное влияние на сектор коммунальных услуг, вторичное влияние на сектор хлебобулочных изделий и т. д. Таким образом, наблюдается косвенное влияние с последовательно уменьшающимся порядком значимости.

Заметим также, что в случае взаимодействия в форме звезды, отдельное производство функционирует как промежуточное связующее звено в сети, в которой выпуск

каждой отрасли экономики используется как входной ресурс для всех других отраслей.

Помимо мультипликатора, сети имеют и другие числовые характеристики, часть которых, необходимая в рамках данного исследования, будет рассмотрена в следующем разделе.

Числовые характеристики сети

В известной работе, посвященной сетевому экономическому анализу, приводится разграничение числовых характеристик сетей на два основных вида: характеристики макроуровня и характеристики микроуровня [6].

Одной из базовых числовых характеристик сети на макроуровне является ее плотность. Плотность сети — это доля возможных связей отдельного узла по отношению к общей численности узлов в некоторой выборочной совокупности. В терминах среднего количества связей на каждый узел более плотные сети обладают следующими важными свойствами:

1) они, при прочих равных условиях, приводят к большему распространению информации по сети (по отраслям экономики в случае экономического моделирования);

2) а также формируют более тесные взаимодействия между элементами сети (взаимосвязи между отраслями экономики в экономическом моделировании).

Помимо основных вышеописанных свойств макроуровня, также имеют место важные для данного исследования числовые характеристики микро-уровня сети: одна из них касается центральности индивидуального узла в сети, а вторая затрагивает кластеризацию.

Здесь и дела в работе все параметры сетей рассматриваются в терминах экономики в целях моделирования и анализа межотраслевых процессов.

Центральность узла в сети определяет то, каким образом ситуация в отдельной отрасли влияет на изменение положе-

ния в других отраслях. В свою очередь, кластеризация отражает последовательность дальнейшего взаимодействия отдельного производства с другими отраслями: формируются ли связанные отрасли в более тесно связанные, скрепленные группы или же, напротив, они становятся все более отдаленными от других. На отвлеченном примере это можно проиллюстрировать так: одним из показателей кластеризации в некоторой сети (например, социальной) является частота, с которой в этой сети два друга (А и Б) определенного третьего индивида также являются друзьями по отношению друг к другу [5].

Кластеризация (или транзитивность) определяет частоту, с которой соседи некоторого узла стремятся быть соседями друг друга.

Числовые характеристики сети макроуровня отвечают за параметры и идентификацию условий, при которых процесс распространения развития отдельного производства может привести к более стремительному распространению на другие отрасли экономики.

Числовые характеристики сети микроуровня отвечают за параметры индивидуального уровня или малого подмножества сети. Например, то, каким образом некоторый определенный индивид формирует мнения других индивидов; или имеют ли два друга (две отрасли) достаточно стимулов к взаимному экономическому обмену.

Важным примером числовой характеристики микроуровня является степень агента (степень узла), которая равна количеству связей отдельного агента с другими индивидами. Среднее арифметическое степени агента отражает плотность связей в социуме и определяет долю возможных связей между всеми парами узлов, которые имеются в сети. С ростом дисперсии повышаются веса узлов с низкими и с высокими степенями. Степень агента можно определить как количество прямых связей, исходящих из данного узла.

Помимо степени узла, имеет место и «полустепень». В контексте отраслевого взаимодействия в экономике, «полустепень» является суммой всех весов сети, в которой отдельная отрасль представляет собой промежуточное звено, обеспечивающее ресурсы для других секторов. «Полустепень» равна нулю, если тот или иной сектор вообще не обеспечивает промежуточные ресурсы в другие отрасли экономики, и равна количеству секторов, если отдельная отрасль является единственным поставщиком необходимых ресурсов для каждого сектора в данной экономической системе.

Следующим примером числовой характеристики микроуровня является дистанция между двумя узлами в сети. Эта дистанция равна числу связей вдоль наиболее коротких путей между двумя узлами сети. Если связь отражает способность к коммуникации, то дистанция между определенными парами индивидов равна числу посредников, через которых сообщение должно пройти по сети, чтобы перейти от одного индивида к другому индивиду, плюс один.

Еще одной важной числовой характеристикой микроуровня является диаметр сети, который показывает максимальную дистанцию вдоль всех пар узлов сети. Иными словами, при экономическом анализе диаметр сети — это максимальная длина короткого пути, которая разделяет отдельные отрасли экономики (i и j) для всех возможных пар отраслей (i, j).

Прежде чем двигаться далее, вернемся к числовым характеристикам сети на макроуровне и рассмотрим подробнее показатели центральности сети. Исследователи обращают внимание и на четыре класса индикаторов центральности [6], а именно:

1) пересчет количества связей, которые имеет некоторый узел, т. е. использование степени узла для определения его центральности (популярность узла, непосредственное влияние или количество узлов, с которыми данный узел может контактировать в рамках сети);

2) насколько близок некоторый узел к другим узлам, то есть насколько быстро он может достичь другого узла;

3) степень, с которой некоторый узел является решающим проводником, который лежит на множестве путей между другими узлами (или степень, с которой некоторый узел формирует связи между другими группами узлов);

4) степень, с которой некоторый узел является хорошо связанным с другим важным узлом (в этом случае важность рассматриваемого узла определяется важностью его соседей).

Добавим к вышеизложенному о классах центральности узлов сети, что:

- наиболее центральные по близости узлы (экономические агенты в терминах экономического моделирования) весьма стремительно взаимодействуют с другими узлами (агентами), поскольку они находятся весьма близко по отношению ко всем остальным узлам;

- центральность узла по посредничеству определяется числом наиболее коротких путей между каждой парой узлов (агентов) сети; посредничество между узлами (агентами) наиболее эффективно проявляется среди наиболее коротких путей, соединяющих эти узлы в рассматриваемой сети.

Имея в распоряжении необходимую научную литературу по теме, соответствующую статистику и понимание числовых характеристик сетей на различных уровнях, можно перейти к изложению результатов проведенного нами исследования взаимосвязи отраслей экономики США.

Первичные результаты исследования

В ходе исследования было проанализировано процентное изменение четырех макроэкономических показателей США за период 1998–2016 гг.:

а) реальный ВВП;

б) численность рабочей силы в частном секторе;

в) индекс промышленного производства;

г) общая факторная производительность.

Опуская промежуточные этапы анализа, мы можем констатировать, что наблюдается тесная взаимосвязь в развитии четырех вышеперечисленных макроэкономических показателей экономики США за рассматриваемый срок.

Это вывод подтверждают и другие исследования (см., например [3]), которые также дополнительно полагают, что колебания производительности в наиболее центральных технологиях в сети (т.е. в тех отраслях, которые имеют наибольшее число связанных с ними прямых и косвенных нижестоящих отраслей) имеют относительно более высокую корреляцию с ростом агрегированного выпуска ВВП США [3]. Путем использования общей факторной производительности по десяти наиболее центральным отраслям в производственной сети экономики США, исследователи также получили весьма тесно взаимосвязанное (совместное) процентное изменение реального ВВП и общей факторной производительности этих десяти наиболее центральных отраслей экономики даже за более широкий период 1959–2009 гг. [3].

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что отслеживание производственной активности центральных отраслей экономики США является полезным индикатором при формировании краткосрочных экономических прогнозов. К 15 основным отраслям экономики США относятся следующие:

- 1) Сельское хозяйство, лесное хозяйство охотоводство;
- 2) Горное дело;
- 3) Коммунальные услуги;
- 4) Строительство;
- 5) Промышленность;
- 6) Оптовая торговля;
- 7) Ритейл;
- 8) Транспортировка и складирование;
- 9) Информационные технологии;
- 10) Финансовые и страховые услуги;
- 11) Бизнес услуги;
- 12) Образовательные услуги, услуги здравоохранения;
- 13) Услуги в сфере искусства, отдыха;
- 14) Другие услуги, помимо государственных;
- 15) Государственные услуги.

Применение методов сетевого анализа позволило построить графы, которые отражают и иллюстрируют взаимодействие 15 и 71 отраслей экономики США за 2018 г.

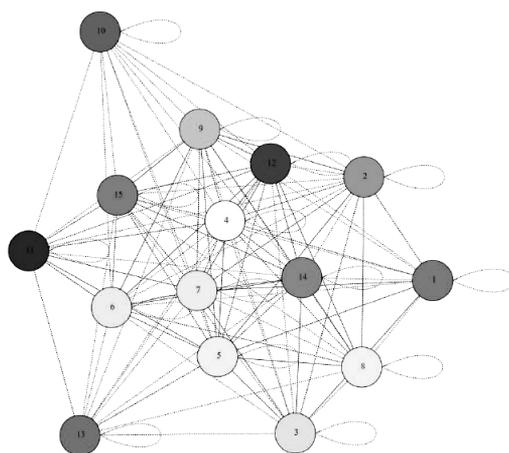


Рис. 1.

Fig. 1.

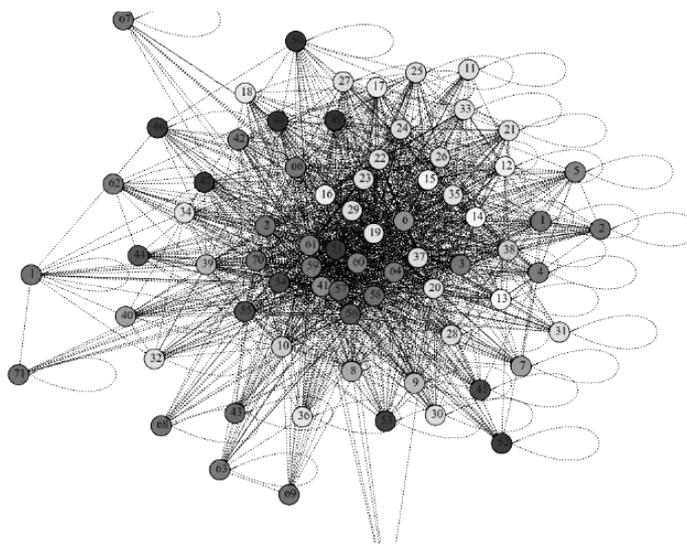


Рис. 2.

Fig. 2.

Также определены числовые характеристики центральностей для сетей, отражающих взаимосвязи 15 и 71 отраслей экономики США. Расчеты были проведены для оценки следующих основных числовых характеристик центральности, которые отражают взаимосвязи отраслей экономики США:

- 1) центральность по собственному значению;
- 2) центральность по посредничеству (betweenness centrality);
- 3) центральность по близости (closeness centrality);
- 4) центральность по Боначичу (Bonacich centrality);
- 5) оценка Pagerank.

В соответствии с полученными оценками были определены наиболее влиятельные отрасли экономики США по каждому из показателей.

При оценке 15 основных отраслей экономики США наиболее значимыми из них стали:

- 1) Транспортировка и складирование (значение центральности по собственному значению — 1,00000000);

- 2) Транспортировка и складирование (значение центральности по посредничеству — 12,34523810);

- 3) Промышленность (значение центральности по близости — 0,07142857);

- 4) Транспортировка и складирование (значение центральности по Боначичу — 0,00000000);

- 5) Образовательные услуги, услуги здравоохранения (значение оценки Pagerank — 0,28015995).

При оценке 71 отрасли экономики США наиболее значимыми из них стали:

- 1) Прочая недвижимость (значение центральности по собственному значению — 1,00000000);

- 2) Телекоммуникации, телерадиовещание (значение центральности по посредничеству — 328,08064910);

- 3) Разные профессиональные, научные и технические услуги (значение центральности по близости — 0,01388889);

- 4) Компьютерные и электронные товары (значение центральности по Боначичу — 2,05990400);

- 5) Социальная помощь (значение оценки Pagerank — 0,08408910).

Дополнительно нами были определены три числовые характеристики центральностей для сети, отражающей взаимосвязь 405 отраслей экономики США. Наиболее влиятельными из этих 405 оказались следующие отрасли:

1) Производство домашней бытовой техники (по показателю центральности по собственному значению);

2) Производство и переработка магнитных и оптических носителей (диски CD, DVD и т.п.) (по показателю центральности по близости);

3) Производство офтальмологических товаров (по показателю центральности по посредничеству).

В целом, проведенные нами исследования и расчеты с применением метода сетевого анализа показали, что среди полученных значений оценок центральностей представляется возможным обоснованно выбрать наиболее «важную» отрасль экономики США. С другой стороны, при оценке различных групп отраслей экономики (15, 71 и 405 отраслей соответственно) в каждой из этих групп выявлялся свой «лидер». Различны были также, что очевидно, и «отстающие» по значимости и взаимосвязанности отрасли экономики для каждой из этих трех оцениваемых групп.

Оценка полученных данных

Для оценки (и в целях последующей интерпретации) полученных первичных данных, отталкиваясь по аналогии от рекомендаций схожих исследований других ученых [4], в качестве начальной точки было решено использовать показатель реальной добавленной стоимости отрасли (real value added for industry), сведения о котором публикует «Бюро Экономического Анализа» США [15].

При использовании визуального представления полученных нами данных и при оценке методом простой парной регрессии с константой, были выявлены сонаправлен-

ности полученных данных для показателей центральности и наблюдаемых данных по реальной добавленной стоимости. Иными словами, было показано, что по величине показателя реальной добавленной стоимости отрасли можно судить о степени ее центральности в соответствующей экономической сети: чем выше показатель реальной добавленной стоимости отрасли, тем в среднем выше и значения центральности данной отрасли. Заметим, что по соображениям линейной монотонности верно и обратное.

Кроме того, с помощью сетевого анализа удалось показать, что:

1) отрасль экономики с большим значением добавленной стоимости в ней может быть принята как связанная со всеми предыдущими отраслями с меньшими, чем у нее значениями добавленной стоимости в них;

2) отрасли экономики с более высокими величинами значений центральностей имеют тенденцию к повышению в них реальной добавленной стоимости.

Интерпретация полученных данных

По результатам сетевого анализа группы из 15 основных отраслей экономики США, согласно полученным значениям центральностей, наиболее «центральной» стала отрасль «транспортировка и складирование». Согласно официальному классификатору отраслей США, в данную подгруппу входят «отрасли, обеспечивающие перевозку пассажиров и грузов, складирование и хранение грузов, живописные и экскурсионные перевозки, а также вспомогательные виды деятельности, связанные с видами транспорта» [16]. Полученный результат обоснован: в логистических услугах нуждаются почти все отрасли и сегменты экономики, начиная с сельского хозяйства и заканчивая строительством, производством и торговлей. Не менее важным является и складирование, которое напрямую связано с транспортировкой и логистикой.

Транспорт и складирование важны как для внутренней, так и для внешней торговли страны; в разделе «транспортировка и складирование» учитываются сухопутные, морские и авиаперевозки и хранение соответствующих грузов.

Важно пояснить, что «главенство» отрасли «транспортировка и складирование» по показателям центральности вовсе не означает, что следовало бы сократить все остальные отрасли и заниматься только логистикой. Правильный вывод из полученных данных заключается в том, что возникновение неполадок (экономических шоков) в этой ключевой отрасли представляет наибольшую угрозу для стабильности всей экономической системы США в целом, т.к. повлечет наибольшие издержки для остальных отраслей, нежели возникновение негативных экономических шоков в другой отрасли. В свою очередь, развитие любых других отраслей и секторов экономики формирует дополнительный спрос на логистические услуги, т.е. полезно развитие всех отраслей экономики.

Заключение

По результатам проведенных нами исследований можно сформулировать ряд итоговых выводов:

Во-первых, было получено подтверждение гипотезы о том, что взаимосвязь отраслей экономики США в 2018 г. может быть описана показателями центральности соответствующих вершин сети, моделирующей их взаимодействие. Дальнейшее уточнение гипотезы состояло не столько в определении того, насколько сильно взаимосвязаны рассматривавшиеся отрасли экономики, сколько в поиске ответа на вопрос о том, как именно функционирует данная взаимосвязь (каковы ее основные числовые значения).

Во-вторых, было показано, что различные показатели центральности оперируют одинаковым математическим образом од-

ной и той же статистической информацией о структуре сети: положение вершин узлов и количество направленных связей (рёбер графа). При этом не представилось возможным обоснованно выбрать один наиболее подходящий тип меры центральности для анализа экономических взаимосвязей отраслей экономики.

В-третьих, благодаря обоснованному выбору и последующему применению метода отправной точки при соответствующей его модификации в целях нашего исследования, стала возможна проверка гипотезы о характере взаимного влияния отраслей экономики США. Для поиска примерной зависимости между полученными значениями различных мер центральности и реальными добавленными стоимостями отраслей экономики была успешно применена простая парная регрессия. За редким исключением связь оказалась сонаправленной. Следовательно, отрасль экономики с большими значениями центральностей обладает и большей реальной добавленной стоимостью.

Наконец, было показано также и то, что отрасли экономики США с самыми высокими уровнями реальной добавленной отраслевой стоимости взаимосвязаны со всеми «предыдущими» отраслями. При этом количество и качество отраслевых взаимосвязей снижается по мере снижения уровней центральностей, что дополнительно подтвердилось тем, что приближительная регрессионная линия почти во всех случаях оказалась возрастающей.

Таким образом, в ходе исследования удалось достичь поставленной цели и решить поставленные задачи, что позволило получить результаты, имеющие не только теоретическую, но и научно-практическую ценность.

Список литературы

1. *Acemoglu D., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A. Microeconomic Origins of Macroeconomic Tail Risks // American Economic Review. 2017. Vol. 107. No. 1. Pp. 54–108.*

2. Bloch F., Jackson M. O., Tebaldi P. Centrality Measures in Networks, arXiv: 1608.05845v1 [physics. soc-ph]. 2016. 20 Aug (August).
3. Calvanho V. From Micro to Macro via Production Networks // Journal of Economic Perspectives. 2014. Vol. 28. No. 4. Pp. 23–48.
4. Hua J., Huang M., Huang C. Centrality Metrics' Performance Comparisons on Stock Market Datasets // Symmetry. 2019. No 11 (7), 916.
5. Jackson M. Networks in the Understanding of Economic Behaviors // Journal of Economic Perspectives. 2014. Vol. 29. No. 4. Pp. 3–22.
6. Jackson M., Rogers B., Zenou Y. The Economic Consequences of Social-Network Structure // Journal of Economic Literature. 2017. Vol. 55. No. 1. Pp. 49–95.
7. Leontief W. Some Basic Problems of Empirical Input-Output Analysis, In: Input-Output Analysis: An Appraisal // NBER Book Series Studies in Income and Wealth. 1955. Pp. 9–52.
8. Xu M., Liang S. Input-output networks offer new insights of economic structure // Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications. 2019. No 527. Pp. 121–178.
9. Industry-by-Industry Total Requirements [Электронный ресурс] // Сайт «Bureau of Economic Analysis», 2020. URL: https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=52&step=102&isuri=1&table_list=10&aggregation=sec, свободный. — Загл. с экрана.
10. Industry by Industry / After Redefinitions / Producer Value [Электронный ресурс] // Сайт «Bureau of Economic Analysis», 2020. URL: <https://www.bea.gov/industry/input-output-accounts-data>, свободный. — Загл. с экрана.
11. Real GDP [Электронный ресурс] // Сайт: «FRED St. Louis», 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/GDPCA>, свободный. — Загл. с экрана.
12. Total Factor Productivity at Constant National Price [Электронный ресурс] // Сайт: «FRED St. Louis», 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNUSA632NRUG>, свободный. — Загл. с экрана.
13. Industrial Production Index [Электронный ресурс] // Сайт: «FRED St. Louis», 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/INDPRO>, свободный. — Загл. с экрана.
14. All Employees, Total Private [Электронный ресурс] // Сайт: «FRED St. Louis», 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/USPRIV>, свободный. — Загл. с экрана.
15. Real value added by industry (billions of chained (2012) dollars) [Электронный ресурс] // Сайт «Bureau of Economic Analysis», 2020. URL: https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=51&step=51&isuri=1&startyear=2018&table_list=10&series=a&endyear=1&valuationtype=b&thetable=1&codelist=22r, свободный. — Загл. с экрана.
16. North American Industry Classification System [Электронный ресурс]. URL: <https://www.naics.com/naics-code-description/?code=48-49>, свободный. — Загл. с экрана.

References

1. Acemoglu D., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A. Microeconomic Origins of Macroeconomic Tail Risks, American Economic Review, 2017, vol. 107, no. 1, pp. 54–108.
2. Bloch F., Jackson M. O., Tebaldi P. Centrality Measures in Networks, arXiv: 1608.05845v1 [physics. soc-ph] 20 Aug 2016 (August).
3. Calvanho V. From Micro to Macro via Production Networks, Journal of Economic Perspectives, 2014, vol. 28, no. 4, pp. 23–48.
4. Hua J., Huang M., Huang C. Centrality Metrics' Performance Comparisons on Stock Market Datasets, Symmetry, 2019, no. 11 (7), 916.
5. Jackson M. Networks in the Understanding of Economic Behaviors, Journal of Economic Perspectives, 2014, vol. 29, no. 4, pp. 3–22.
6. Jackson M., Rogers B., Zenou Y. The Economic Consequences of Social-Network Structure, Journal of Economic Literature, 2017, vol. 55, no. 1, pp. 49–95.
7. Leontief W. Some Basic Problems of Empirical Input-Output Analysis, In: Input-Output Analysis: An Appraisal, NBER Book Series Studies in Income and Wealth, 1955, pp. 9–52.
8. Xu M., Liang S. Input-output networks offer new insights of economic structure, Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 2019, no. 527, pp. 121–178.
9. Industry-by-Industry Total Requirements [Elektronnyj resurs]. Bureau of Economic Analysis, 2020. URL: https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=52&step=102&isuri=1&table_list=10&aggregation=sec.
10. Industry by Industry / After Redefinitions / Producer Value [Elektronnyj resurs]. Bureau of Economic Analysis, 2020. URL: <https://www.bea.gov/industry/input-output-accounts-data>.
11. Real GDP [Elektronnyj resurs]. FRED St. Louis, 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/GDPCA>.
12. Total Factor Productivity at Constant National Price [Elektronnyj resurs]. FRED St. Louis, 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/RTFPNUSA632NRUG>.
13. Industrial Production Index [Elektronnyj resurs]. FRED St. Louis, 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/INDPRO>.
14. All Employees, Total Private [Elektronnyj resurs]. FRED St. Louis, 2020. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/USPRIV>.
15. Real value added by industry (billions of chained (2012) dollars) [Elektronnyj resurs]. Bureau of Economic Analysis, 2020. URL: https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=51&step=51&isuri=1&startyear=2018&table_list=10&series=a&endyear=1&valuationtype=b&thetable=1&codelist=22r.
16. North American Industry Classification System [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.naics.com/naics-code-description/?code=48-49>.

DOI: 10.37791/1993-7598-2020-14-2-48-59

A. Altukhov, Lomonosov Moscow state University, Moscow, Russia, alexei.altoukhov@gmail.com

Urmat K. Dzhunkeev, Lomonosov Moscow state University, Moscow, Russia, dzhunkeev@gmail.com

Artem Makoveev, Lomonosov Moscow state University, Moscow, Russia, ar.macko@yandex.ru

Sergey A. Tishchenko, Lomonosov Moscow state University, Moscow, Russia, tichtch@mail.ru

Network analysis of the US industries interconnection

In this paper, we publish the results of a study of the US economy interconnections, using network analysis. The study is based on modern and classic scientific papers on cross-sectoral and network economic analysis, as well as on the official statistics published in the USA. The purpose of the study is to identify those industries where economic shocks will have the greatest impact on the entire US economic system. The work is equipped with the necessary general theoretical information and a description of the research methodology. In the course of the study, were analyzed different in composition and number groups of sectors of the US economy and were constructed the graphs reflecting the structure of the industries network interaction in each of the considered groups. There is also made the calculations of various numerical values of the centrality of networks for each of the studied groups of US industries. For each of the numerical values of centrality of the used network are given the necessary explanations. The study shows the industry leaders for each of the calculated centrality values of the network for each of the studied groups of the US industries for which calculations were carried out. The obtained results were evaluated and interpreted to the required extent. In addition, the obtained data of the values of the centrality of economic networks were compared with indicators of real value added by sectors of the economy. During the study and in its results, a number of different conclusions were formulated, which are also sequentially presented in the text of this publication, including all the necessary comments and explanations. In particular, it has been shown that the most “central” sector of the US economy is “transportation and warehousing”.

Keywords: interconnection, industry, parameters, sector, network, platform, network analysis, USA, shocks, economy

About authors: Alexei Altoukhov, *PhD student, engineer;*

Urmat Dgunkeev, *Student;*

Artem Makoveev, *Student;*

Sergey Tishchenko, *PhD, Associate Professor*

For citation: Altoukhov A., Dgunkeev U., Makoveev A., Tishchenko S. Network analysis of the US industries interconnection. *Journal of Modern Competition*, 2020, vol. 14, No.2(78), pp. 48–59 (in Russian, abstr. in English).