



Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет вычислительной математики и кибернетики

Кафедра системного анализа

Акимова Евгения Дмитриевна

Использование межотраслевого баланса для решения современных проблем межотраслевых связей

КУРСОВАЯ РАБОТА

Научный руководитель:

чл.-кор. РАН, д.ф.-м.н., профессор

А. А. Шананин

Москва, 2022

Содержание

1	Введение	3
2	Используемые данные	4
3	Основные теоретические сведения	6
4	Анализ влияния санкций	9
4.1	Комплексы отраслей	9
4.1.1	Снижение экспорта	11
4.1.2	Подорожание импорта	11
4.2	Отдельные отрасли	12
4.2.1	Снижение экспорта	12
4.2.2	Подорожание импорта	13
4.2.3	Одновременное сокращение экспорта и подорожание импорта . . .	13
4.2.4	Анализ влияния экспорта и импорта ключевых отраслей	14
5	Вывод	16
6	Приложение 1	17

1 Введение

Одним из наиболее важных инструментариев для анализа экономической информации о производственной деятельности является межотраслевой баланс. Моделирование межотраслевых связей позволяет анализировать изменения финансовых потоков при корректировке спроса на товары и услуги конечных потребителей (государственного заказа, экспорта, поставок товаров народного потребления). С математической точки зрения построение балансовой модели является решением обратной задачи. Классический метод решения такой задачи разработал В.В.Леонтьев, нобелевский лауреат по экономике. Его метод межотраслевого баланса успешно использовался в XX веке для анализа экстенсивного восстановительного роста экономики в США после великой экономической депрессии и экономик европейских стран и Японии в послевоенное тридцатилетие. В основе метода В.В.Леонтьева была положена система материальных балансов и гипотеза о постоянстве норм затрат на выпуск продукции в процессе межотраслевого взаимодействия. Модели межотраслевого баланса позволяли строить мультипликаторы, выявлять узкие места экономической динамики, определять драйверы экономического роста.

Первый квартал 2022 года характеризуется серьезными изменениями мировой экономической системы, поэтому необходимо провести математическое моделирование существующих процессов с помощью межотраслевого баланса и оценить влияние этих изменений на экономику России. При моделировании необходимо учитывать введенные санкции, направленные на ослабление различных отраслей экономики и способствующие экономическому кризису. Санкции различаются по масштабам своего воздействия и целью данной работы является выявление наиболее уязвимых отраслей российской экономики и построение диапазона изменения ВВП при различных сценариях.

2 Используемые данные

Пусть имеется m отраслей, n первичных ресурсов и k конечных потребителей. В данной работе использовались таблицы ресурсов и использования за 2012-2019 год, взятые с сайта росстата ([3]). В таблицах 2012-2015 годов выделены 59 чистых отраслей, а в таблицах 2016-2019 годов 61 отрасль. Для возможности общего анализа этих матриц некоторые отрасли были объединены. Поскольку номенклатура сферы услуг сильно отличается в данных интервалах годов, все соответствующие строки были объединены в одну. Итого получилось 26 чистых отраслей. Также для сравнения было реализовано агрегирование по основным комплексам отраслей: секторы с экспортным потенциалом, секторы, конкурирующие с импортом, инфраструктурные секторы и сфера услуг. В качестве базового года был взят последний имеющийся, 2019, относительно которого были рассчитаны первичные ресурсы и конечное потребление. В качестве первичных ресурсов был выделен импорт, саггегированные оплата труда и налоги, саггегированное потребление основного капитала и прибыль. Все столбцы, характеризующие конечных потребителей, кроме экспорта, были объединены в один столбец (с помощью суммирования соответствующих строк), а экспорт был вынесен отдельно. Таким образом, в данной работе $m = 26, n = 3, k = 2$ для первого случая и $m = 4, n = 3, k = 2$ для второго.

Далее будем рассматривать задачу в общем виде.

Обозначим данную матрицу чистых отраслей как $[Z_j^i]_{j=1, \dots, m}^{i=1, \dots, m}$, тогда $[Z_j^i]_{j=1, \dots, m}^{i=m+1, \dots, m+k}$ образуют m -мерные столбцы оплаты продукции и услуг отраслей конечными потребителями (государственный заказ, экспорт и пр.), а $[Z_j^i]_{j=m+1, \dots, m+n}^{i=1, \dots, m}$ обозначает первичные ресурсы (товары и услуги, не производимые внутри рассматриваемых групп отраслей). В данном контексте Z_j^i обозначает денежную сумму, полученную i -й отраслью от j -й отрасли за выполненные для неё работы. Тест на проверку системности собранной информации заключается в проверке равенства суммы элементов i -й строки сумме элементов i -го столбца для любого $i \in \{1, \dots, m\}$:

$$\sum_{j=1}^{m+n} Z_j^i = \sum_{j=1}^{m+k} Z_i^j$$

Предполагается, что это условие выполнено.

Ниже для дальнейших расчетов приведена таблица соответствия отраслей 2012-2015 и 2016-2019 года и таблица соответствия комплекса входящим в него отраслям.

Отрасль в саггегированной матрице	Наименование	Отрасль в матрицах 2012-2015	Отрасль в матрицах 2016-2019
1	Продукция и услуги сельского хозяйства и охоты	1	1
2	Продукция лесоводства, лесозаготовок и связанные с этим услуги	2	2
3	Рыболовная продукция	3	3
4	Продукция горнодобывающих производств	4+5+6+7+8	4
5	Продукты пищевые, напитки, изделия табачные	9+10	5
6	Текстиль	11+12+13	6
7	Изделия из дерева кроме мебели	14	7
8	Бумага и изделия из бумаги	15	8
9	Печатные услуги	16	9
10	Кокс и нефтепродукты	17	10
11	Химические и медицинские продукты	18	11+12
12	Изделия резиновые и пластмассовые	19	13
13	Продукты минеральные неметаллические прочие	20	14

Отрасль в саггегированной матрице	Наименование	Отрасль в матрицах 2012-2015	Отрасль в матрицах 2016-2019
14	Металлы основные	21	15
15	Изделия металлические готовые, кроме машин и оборудования	22	16
16	Оборудование компьютерное, электронное и оптическое	26	17
17	Оборудование электрическое	25+27	18
18	Машины, оборудован ия и транспортные средства	23+24	19
19	Средства автотранспортные, прицепы и полуприцепы	28	20
20	Услуги по ремонту и монтажу машин и оборудования	29	21+23
21	Мебель, изделия готовые прочие	30	22
22	Электроэнергия, газ, пар и кондиционирование воздуха	31+32	24
23	Вода природная; услуги по очистке воды и водоснабжению	33	25
24	Услуги по водоотведению	55	26
25	Сооружения и строительные работы	34	27
26	Прочие услуги	35+...+59-55	28+...+61

Номер комплекса	Наименование	Входящие отрасли 2012- 2015 гг	Входящие отрасли 2016- 2019 гг
1а	секторы с экспортным потенциалом	1-9,20,21	1-5,10,14,15
2а	секторы, конкурирующие с импортом	10-19,22-30	6-8,11-13,16-22
3а	инфраструктурные секторы	31,32	24
4а	сфера услуг	33-59	9,23,25-61

Табл.1 Таблицы соответствия отраслей и комплексов

3 Основные теоретические сведения

Введем несколько обозначений, необходимых для построения модели.

$X^j = (X_1^j, \dots, X_m^j)$ - затраты j -ой отрасли производственных факторов, производимых рассматриваемой группой отраслей.

$\ell^j = (\ell_1^j, \dots, \ell_n^j)$ - вектор затрат первичных ресурсов j -ой отрасли.

$F_j(X^j, \ell^j)$ - производственная функция, т.е. зависимость объема выпуска от затрат производственных факторов.

$X^0 = (X_1^0, \dots, X_m^0)$ - объемы поставок продукции соответствующих отраслей конечным потребителям.

$F_0(X_0)$ - функция полезности, описывающая спрос внешних потребителей.

Предполагаем, что производственные функции и функция полезности обладают неоклассическими свойствами, т.е. они вогнутые, монотонно неубывающие, непрерывные на \mathbb{R}_+^{m+n} и в нуле равны нулю. Кроме того, производственные функции являются положительно однородными первой степени. Будем обозначать класс таких функций через Φ_{m+n} .

Пусть предложение первичных ресурсов ограничено объемами $\ell = (\ell_1, \dots, \ell_n) \geq 0$, тогда рассмотрим задачу об оптимальном распределении ресурсов в целях максимизации функции полезности внешних потребителей при балансовых ограничениях по первичным ресурсам и выпускаемой отраслями продукции:

$$F_0(X_0) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$F_j(X^j, \ell^j) \geq \sum_{i=0}^m X_j^i \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m \ell_j \leq \ell \quad (3)$$

$$X^0 \geq 0, \dots, X^m \geq 0, \ell^1 \geq 0, \dots, \ell^n \geq 0 \quad (4)$$

Считаем, что рассматриваемая группа отраслей продуктивна, т.е. $\exists \hat{X}^j \geq 0, \hat{\ell}^j \geq 0$:
 $F_j(\hat{X}^j, \hat{\ell}^j) > \sum_{i=0}^m \hat{X}_j^i$.

Нетрудно показать, что если группа отраслей продуктивна и $\ell > 0$, то задача максимизации (1) – (4) удовлетворяет условиям Слейтера.

Теорема 1. Векторы $\hat{X}^0, \hat{X}^j, \hat{\ell}^j$, удовлетворяющие ограничениям (2) – (4), являются решением задачи максимизации (1) – (4) тогда и только тогда, когда существуют

множители Лагранжа $p_0 > 0, p = (p_1, \dots, p_m) \geq 0, s = (s_1, \dots, s_n) \geq 0$:

$$(\hat{X}^j, \hat{\ell}^j) \in \text{Argmax}\{p_j F_j(X^j, \ell^j) - pX^j - s\ell^j\} \quad (5)$$

$$p_j(F_j(X^j, \ell^j) - X_j^0 - \sum_{i=1}^m X_j^i) = 0 \quad (6)$$

$$s_k(\ell_k - \sum_{j=1}^m \ell_k^j) = 0 \quad (7)$$

$$\hat{X}^0 \in \text{Argmax}\{p_0 F_0(X^0) - pX^0\} \quad (8)$$

Будем интерпретировать множители Лагранжа p к балансовым ограничениям по выпускаемым отраслями продуктам как цены на эти продукты, а множители Лагранжа s к балансовым ограничениям по первичным ресурсам – как цены на первичные ресурсы. Тогда соотношение (5) означает, что спрос и предложение определяется из максимизации прибыли при ценах (p, s) . Соотношение (8) описывает спрос при ценах p репрезентативного рационального конечного потребителя с функцией полезности $F_0(X^0)$, и, кроме того, $p_0 = q_0(p)$, где функция $q_0(p)$ является преобразованием Янга $F_0(X^0)$, т.е.

$$q_0(q) = \inf \left\{ \frac{qX^0}{F_0(X^0)} \mid X^0 \geq 0, F_0(X^0) > 0 \right\}$$

Соотношения (2) и (6), (3) и (7) означают, что цены p, s равновесные. Таким образом, оптимальными механизмами распределения являются равновесные рыночные механизмы. Двойственным описанием технологии производства j -й отрасли является функция себестоимости

$$q_j(p, s) = \inf \left\{ \frac{pX^j + s\ell^j}{F_j(X^j, \ell^j)} \mid X^j \geq 0, \ell^j \geq 0, F_j(X^j, \ell^j) > 0 \right\}$$

Она является преобразованием Янга производственной функции.

Далее рассмотрим задачу агрегирования межотраслевого баланса (2) – (4) с помощью функции полезности $F_0(X^0)$. Пусть $F_A(\ell)$ оптимальное значение функционала в задаче (1) – (4) в зависимости от вектора предложения первичных ресурсов ℓ в правой части балансового ограничения (3). Функция $F_A(\ell)$ интерпретируется как агрегированная производственная функция и ей соответствует двойственная агрегированная функция себестоимости $q_A(s)$:

$$q_A(s) = \inf \left\{ \frac{s\ell}{F_A(\ell)} \mid \ell \geq 0, F_A(\ell) > 0 \right\}$$

Стоит отметить, что

$F_A(\ell) \in \Phi_n, q_A(s) \in \Phi_n$, причем выполнено:

$$F_A(\ell) = \inf \left\{ \frac{s\ell}{q_A(s)} \mid s \geq 0, q_A(s) > 0 \right\}$$

В случае модели Леонтьева производственная функция и двойственная к ней имеют следующий вид:

$$F_j(X^j, \ell^j) = \min \left\{ \frac{X_1^j}{a_1^j}, \dots, \frac{X_m^j}{a_m^j}, \frac{\ell_1^j}{b_1^j}, \dots, \frac{\ell_n^j}{b_n^j} \right\}, j = 1, \dots, m$$

$$q_j(p, s) = \sum_{i=1}^m p_i a_i^j + \sum_{k=1}^n s_k b_k^j, j = 1, \dots, m$$

Теорема 2. *Агрегированная функция себестоимости представима в виде:*

$$q_A(s) = \sup \{ q_0(p) \mid p \geq 0, q_j(p, s) \geq p_j, j = \overline{1, m} \} \quad (9)$$

Будем называть задачу (10) двойственной по Янгу к задаче (1) – (4).

Вернемся к матрице межотраслевых балансов. Будем предполагать, что каждая отрасль использует хотя бы один вид первичных ресурсов, т.е. $\sum_{k=1}^n b_{ki} > 0$. Рассмотрим матрицы $A = \|a_{ij}\|_{i=1, \dots, m}^{j=1, \dots, m}$, $B = \|b_{kj}\|_{k=1, \dots, n}^{j=1, \dots, m}$, E - единичная матрица, $E \in \mathbb{R}^{m \times m}$.

Обозначим $a^0 = (a_1^0, \dots, a_m^0)^T$, $a^j = (a_1^j, \dots, a_m^j)^T$, $b^j = (b_1^j, \dots, b_n^j)^T$, $j = \overline{1, m}$.

Теорема 3. *Пусть неотрицательная матрица A продуктивна, а $s \geq 0$ - фиксированный вектор, тогда задача максимизации*

$$\begin{cases} q_0(p) \rightarrow \max \\ q_j(p, s) \geq p_j \end{cases} \quad (10)$$

имеет решение:

$$\hat{p} = (E - A^T)^{-1} B^T s$$

4 Анализ влияния санкций

Рассмотрим влияние изменений экспорта и импорта на добавленную стоимость. Для этого была построена общая для всех годов матрица норм затрат Z . Для ее построения решалась следующая задача минимизации:

$$\begin{cases} \sum_t \|U(t) - ZR(t)\|^2 \rightarrow \min_Z \\ Z_{ij} \geq 0, \forall i, j = \overline{1, m} \end{cases}$$

Здесь $U(t), R(t)$ матрицы использования и ресурсов соответственно, а время t отражает промежуток годов 2012-2019. Решение было получено с помощью библиотеки оптимизации в Python, реализующей метод наименьших квадратов.

4.1 Комплексы отраслей

Рассмотрим агрегирование на основе 4 комплексов отраслей. В этом случае матрица имеет вид, представленный в табл.2. Нулевые значения в трех последних строчках и двух последних столбцах не несут в себе содержательного смысла.

	1а	2а	3а	4а	потребление	экспорт
1а	3.149165e-01	1.744867e-01	1.303029e-01	3.996604e-02	12614755.0	17372200.0
2а	5.068320e-02	3.276070e-01	2.793092e-02	6.060101e-02	13663065.0	4920599.0
3а	3.272481e-02	2.835574e-02	3.610155e-01	1.824112e-02	1528977.0	71603.0
4а	1.628972e-01	1.864348e-01	1.962477e-01	2.680395e-01	65057651.0	5948072.0
импорт	3.671834e+06	1.352211e+07	7.585000e+03	3.501852e+06	0.0	0.0
труд	7.782699e+06	5.522861e+06	2.346603e+06	5.620095e+07	0.0	0.0
потребление основного капитала	1.971398e+07	2.964589e+06	1.225965e+06	3.549467e+07	0.0	0.0

Табл.2 Матрица норм затрат для комплекса отраслей

Полученная матрица должна быть устойчивой, т.е. ее отклонение от матриц норм затрат всех годов не должно быть очень большим. Был построен вектор отклонений $\delta = (\delta_1, \dots, \delta_7)$:

$$\delta_t = \max_{i,j} \frac{(U(t) - ZR(t))[i,j]}{U(t)[i,j]} * 100\%, i, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, 7}$$

Для данного интервала годов $\delta = [37.5, 41, 43.6, 42.6, 82.5, 78.2, 65]$, т.е. матрицу Z нельзя назвать устойчивой. Такое значительное изменение в процентах возможно из-за сильного агрегирования, что приводит к большим погрешностям при вычислении. Однако с помощью данной матрицы проведем некоторый анализ, чтобы в дальнейшем сравнить результаты с результатами, полученными при менее грубом агрегировании.

Построим на основе матрицы Z несколько вспомогательных векторов:

$$Z^0 = (Z_1^0, \dots, Z_m^0), Z_i^0 = \sum_{j=m+1}^k Z_i^j$$

Вычислим сумму элементов этого вектора:

$$A_0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=m+1}^{m+k} Z_i^j$$

и сумму элементов j -го столбца:

$$A_j = \sum_{i=1}^{m+n} Z_i^j$$

Пусть ℓ -вектор затрат первичных ресурсов, т.е. $\ell_i = \sum_{j=1}^n Z_j^i$. Отдельно выделим вектор импорта:

$$L = (L_1, \dots, L_m) : L_i = Z_{m+1}^i$$

$$\text{Пусть } a_{ij} = \frac{Z_i^j}{A_j}, b_{ij} = \frac{Z_{m+1}^j}{A_j}, a_i^0 = \frac{Z_i^0}{A_0}$$

Очевидно, что

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} + \sum_{t=1}^n b_{tj} = 1, \sum_{i=1}^m a_i^0 = 1.$$

Пусть неотрицательная матрица $\left\| a_{ij} \right\|_{i=1, \dots, m}^{j=1, \dots, m}$ является продуктивной. Это заведомо выполнено, если $Z^0 > 0$.

Для нахождения ВВП необходимо найти вектор конечных выпусков X . Обозначим $D(\hat{p})$ диагональную матрицу с элементами вектора \hat{p} на диагонали. Здесь \hat{p} является решением задачи максимизации (10). Тогда находим вектор спроса по формуле:

$$w = D(\hat{p})^{-1} \hat{Z}^0 \quad (11)$$

В данной работе рассматривается два различных сценария:

- Сокращение экспорта

Пусть экспорт i -ой отрасли упал на $\alpha\%$, тогда $\hat{Z}_i^{m+2} = (1 - \alpha)Z_i^{m+2}$ и происходит перерасчет i -ой компоненты вектора Z^0 : $\hat{Z}_i^0 = Z_i^{m+1} + \hat{Z}_i^{m+2}$. Новый вектор спроса находится из формулы (11).

- Подорожание импорта

Пусть импорт в i -ой отрасли подорожал на $\alpha\%$, тогда $\hat{L}_i = (1 + \alpha)L_i$ и происходит перерасчет i -ой компоненты вектора ℓ : $\hat{\ell}_i = \sum_{j=2}^n Z_j^i + (1 + \alpha)L_i$. Соответственно происходит пересчет матриц A и B по формулам, представленным выше.

В модели Леонтьева выполнено следующее соотношение:

$$X = AX + w$$

Поэтому вектор выпусков находится по формуле: $X = (X_1, \dots, X_m) = (E - A)^{-1}w$

ВВП в текущих ценах можно найти по следующей формуле:

$$GDP = \sum_{i=1}^m \frac{\sum_{j=1}^m \hat{p}_j Z[i, j] X_j - L_i}{\hat{p}_i}$$

4.1.1 Снижение экспорта

По оценкам экономических экспертов из-за отказа стран ЕС, США, Канады, Великобритании и пр. от российских нефти, нефтепродуктов и газа экспорт во втором квартале 2022 года может снизиться в лучшем случае на 23%, в худшем на 49%. При таком сценарии ВВП снизится на 9.4% – 20%.

Это достаточно грубая оценка и она не учитывает степень влияния изменений в конкретном комплексе отраслей на экономическую систему. Проведем анализ влияния каждого комплекса на ВВП. Для этого уменьшим экспорт одного комплекса на 50%, а остальные оставим без изменений и так для каждого комплекса. На рис.1 представлена гистограмма изменения ВВП в зависимости от снижения экспорта в разных комплексах:

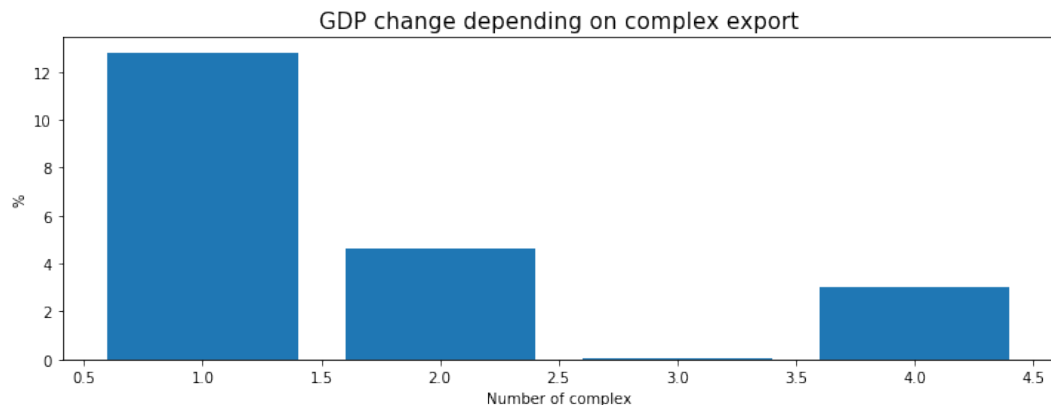


Рис.1 Влияние уменьшения экспорта в комплексе отраслей

Из рисунка видно, что наибольшее влияние оказывают отрасли с экспортным потенциалом, затем конкурирующие с импортом.

4.1.2 Подорожание импорта

В текущих экономических реалиях помимо резкого спада экспорта происходит и подорожание импорта. Из-за постоянного изменения списка введенных ограничений

можно делать только приблизительные оценки последствий этих решений. Основные запреты пока распространяются на эксплуатацию самолетов, поставку их комплектующих, на некоторые медикаменты и на высокотехнологичную продукцию, включающую в себя микроэлектронику, компьютерное оборудование и пр. Исходя из экономических прогнозов можно предположить подорожание импорта на 30% в лучшем случае и на 50% в худшем. В этом случае ВВП может снизиться на 16.3% и 30% соответственно.

Рассмотрим также схожую гистограмму, но для случая увеличения стоимости импорта на 50% по отдельности в каждом комплексе.

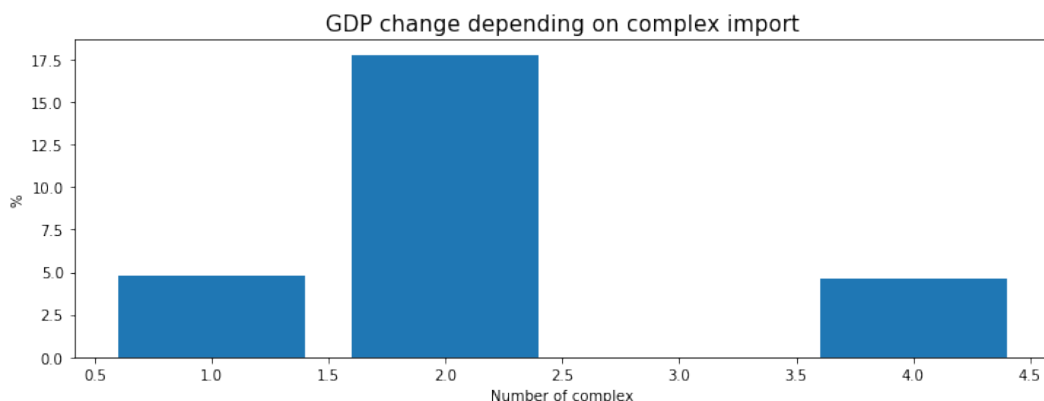


Рис.2 Влияние подорожания импорта в комплексе отраслей

Из рис.2 видно, что ВВП очень сильно чувствителен к перебоям в комплексе отраслей, конкурирующих с импортом, что соответствует действительности. Перебои в инфраструктурном секторе оказывают почти нулевое влияние, т.к. эти отрасли в большинстве своем не импортируются, а экспортный комплекс и сфера услуг оказывают примерно одинаковое влияние.

4.2 Отдельные отрасли

Проведем похожие исследования, но для менее грубого агрегирования по 26 отраслям. Полученную матрицу Z можно посмотреть в Приложении 1. В данном случае $\delta = [0.12, 0.19, 0.24, 0.006, 0.02, 0.17, 0.24]$, т.е. в отличие от первого сценария матрица Z является устойчивой.

Применим формулы, описанные в предыдущем разделе, к новой матрице и рассмотрим диапазоны изменения ВВП при пессимистичном и оптимистичном сценарии.

4.2.1 Снижение экспорта

При рассмотрении диапазона изменения ВВП будем руководствоваться теми же прогнозами, что и в случае комплекса отраслей. При грубой оценке ВВП может снизиться

на 4.3% – 9%.

Эта оценка не учитывает степень влияния изменений в конкретной отрасли на экономическую систему. Для более качественных результатов были изменены значения экспорта в соответствии с табл. 3. Приведенные значения отражают общие ожидания от изменений в важных для России отраслях.

Отрасль	Пессимистич ный %	Оптимистич ный %
Текстиль и изделия текстильные, одежда, кожа и изделия из кожи	35	15
Химические продукты и лекарственные средства	50	30
Оборудование компьютерное, электронное и оптическое	80	40
Мебель, изделия готовые прочие	60	30
Услуги	22	10

Отрасль	Пессимистич ный %	Оптимистич ный %
Кокс и нефтепродукты	70	50
Металлы основные	30	20
Продукция горнодобывающих производств	60	30
Услуги	22	10

Табл.3 Изменение импорта и экспорта

При таком раскладе ВВП уменьшится в лучшем случае на 3.5% и в худшем на 5.6%.

4.2.2 Подорожание импорта

Аналогично экспорту была проведена дифференциация наиболее значимых статей импорта и смоделирована динамика ВВП с изменениями, представленными в табл.3. В результате были получены результаты 4.7% и 6.1% в лучшем и худшем случае соответственно.

4.2.3 Одновременное сокращение экспорта и подорожание импорта

При одновременном изменении и экспорта, и импорта, ВВП в лучшем случае снизится на 13%, а в худшем на 25%.

Если одновременно поменять и экспорт, и импорт исходя из более реалистичных предположений, представленных в табл.3, то при худшем раскладе ВВП уменьшится на 11.7%, а при лучшем на 10.3%.

Для большей наглядности все полученные диапазоны представлены на рис.4. Можно заметить, что наиболее сильное влияние на ВВП независимо от способа агрегирования

оказывает импорт. Тем не менее показатели изменения ВВП не являются реалистичными, т.к. они лишь показывают степень зависимости российской экономики от экспорта и импорта.

При более реалистичных прогнозах, касающихся изменений в наиболее важных отраслях, процент падения ВВП колеблется в диапазоне 5 – 10%.

Также стоит отметить, что матрица, полученная агрегированием по комплексам, которая, как было замечено ранее, не удовлетворяет свойству устойчивости, приводит к гораздо более высоким диапазонам уменьшения ВВП и к еще менее реалистичным сценариям.

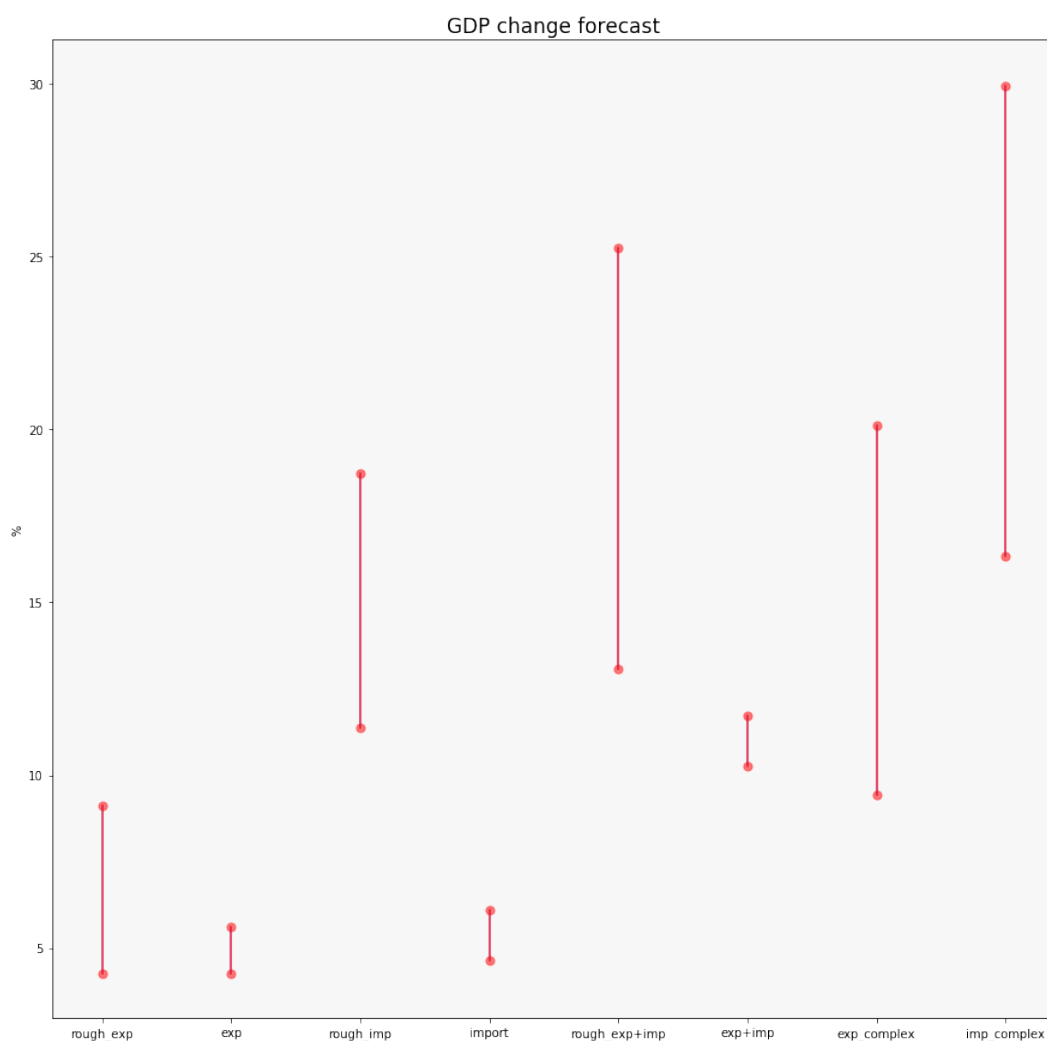


Рис.4 Уменьшение ВВП

4.2.4 Анализ влияния экспорта и импорта ключевых отраслей

Приведенный анализ не отражает реальную зависимость экономики от перебоев в определенных отраслях. Рассмотрим подробнее влияние резкого сокращения импорта или экспорта в разных отраслях на добавленную стоимость. Будем рассматривать

наиболее важные отрасли, представленные в табл.3. Будем предполагать, что

- Изменение экспорта

Построим аналогичный график диапазонов изменения ВВП, но в зависимости от отраслей, представленных в табл.3.

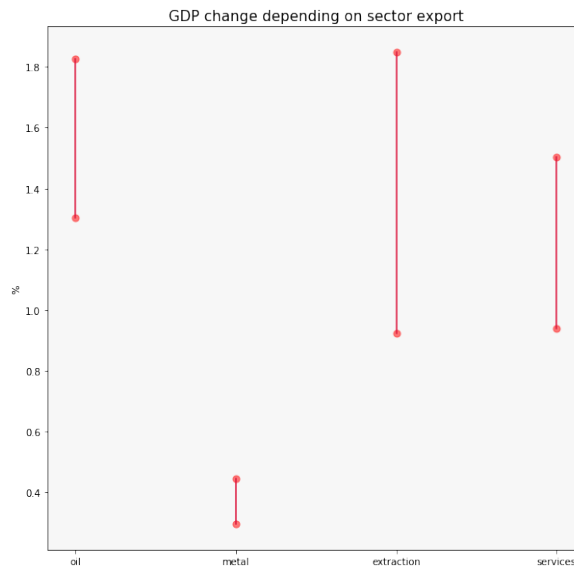


Рис.5 Сокращение ВВП в результате изменения экспорта отраслей

По графику видно, что наибольшее влияние оказывает нефть и продукция горно-добывающих производств (сокращение ВВП на 1 – 2%).

- Изменение импорта

Рассмотрим зависимость ВВП от изменения импорта отраслей, представленных в табл.3.

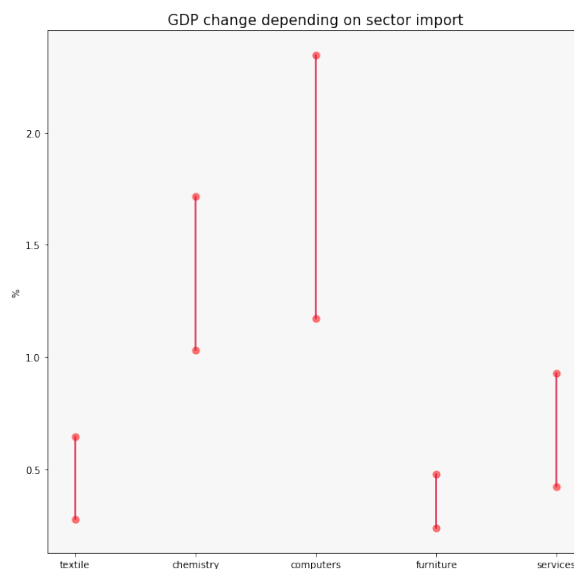


Рис.6 Сокращение ВВП в результате изменения импорта отраслей

Исходя из этого графика можно сделать вывод, что импорт компьютерного и электронного оборудования оказывает наибольшее влияние на ВВП. Второй по величине идет отрасль химических и медицинских продуктов. Результаты не лишены здравого смысла, т.к. по данным ФТС более 50% химической продукции и 60% высокотехнологичного оборудования поставляются из стран, которые на данный момент наложили санкции на экспорт в Россию.

5 Вывод

В данной работе мною использовалась модель межотраслевых связей Леонтьева для оценки возможных изменений в экономике (в частности добавленной стоимости) вследствие санкционного воздействия. Было рассмотрено два подхода к агрегированию таблиц ресурсов и использования и проведен сравнительный анализ результатов, полученных при реализации сценариев снижения экспорта и подорожания импорта. На основании этих методов агрегирования были построены диапазоны изменения ВВП как для общих изменений экспорта/импорта, так и для изменений этих показателей в конкретных важных отраслях и комплексах отраслей. Агрегирование по отраслям, а не по комплексам отраслей приводит к более устойчивым результатам и к более реалистичным прогнозам. Однако метод агрегирования по комплексам отраслей позволяет проанализировать степень зависимости российской экономики от определенных групп отраслей.

Список литературы

- [1] N. Obrosova et al. "On the comparison of two approaches to intersectoral balance analysis", 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2131 022112
- [2] А. А. Шананин. Двойственность по Янгу и агрегирование балансов // Доклады РАН. Математика, информатика, процессы управления, 2020, т.493, с.81-85. DOI: 10.31857 /S2686954320040177
- [3] Url: <https://rosstat.gov.ru/accounts>

6 Приложение 1

Таблица норм затрат Z для 26 отраслей.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1.763211e-01	2.682678e-04	1.046231e-04	1.080493e-05	3.425712e-01	2.393244e-03	2.251034e-06	0.000012	4.441530e-07	7.278583e-06	4.325480e-04	1.476264e-03	7.814867e-06
2	2.385472e-05	4.477017e-04	3.564659e-08	6.298924e-06	1.301457e-05	6.982536e-08	1.595008e-03	0.000526	7.980243e-08	7.122201e-06	5.571948e-06	1.238022e-07	1.029415e-05
3	7.792036e-04	1.159649e-07	1.469277e-04	3.755153e-06	4.155481e-03	1.387860e-05	3.143493e-07	0.000002	1.387718e-07	2.946433e-06	2.384075e-05	2.762098e-07	6.644069e-07
4	5.912519e-04	7.774585e-05	1.242500e-04	7.120174e-02	3.753188e-04	1.221379e-05	3.973494e-05	0.000228	3.597554e-06	3.030968e-01	3.857063e-03	8.946605e-05	8.534234e-03
5	4.020366e-02	1.523280e-06	9.835554e-04	4.479487e-05	1.444915e-01	6.160751e-04	3.923012e-06	0.000086	2.244072e-06	3.351302e-05	1.140091e-03	1.843672e-05	1.684907e-05
6	1.199703e-04	1.480092e-05	1.176235e-04	2.610321e-04	3.114056e-04	4.692067e-03	1.891465e-05	0.000044	1.326448e-05	4.911105e-05	2.219731e-04	3.834994e-04	5.975541e-05
7	1.461049e-04	9.409219e-05	5.482511e-07	4.973338e-05	2.364691e-04	4.051600e-06	2.005478e-03	0.000290	6.101807e-06	2.042150e-06	1.141700e-04	2.276138e-05	3.597092e-04
8	7.758916e-04	7.515524e-05	1.882544e-04	6.775830e-05	6.557719e-03	1.236135e-04	5.453165e-04	0.005313	2.512856e-03	2.984753e-05	1.033393e-03	4.294197e-04	6.751071e-04
9	8.824642e-06	1.718425e-06	3.261197e-07	1.319989e-05	3.180181e-04	4.932474e-06	5.344060e-06	0.000066	1.746469e-03	2.405224e-06	6.476383e-05	1.780623e-05	1.054900e-05
10	2.098991e-02	4.394660e-03	8.078511e-03	2.573009e-02	4.740287e-03	3.575235e-04	1.923113e-03	0.001864	1.330924e-04	1.170539e-01	4.322493e-02	2.247293e-03	4.864826e-03
11	2.897928e-02	9.331755e-06	7.303128e-06	6.432887e-03	1.258182e-02	5.981545e-03	5.052772e-03	0.006159	2.883007e-03	1.559520e-02	7.551564e-02	5.673525e-02	9.664921e-03
12	9.734084e-04	9.960217e-05	1.091269e-04	1.635101e-03	6.476975e-03	2.328405e-04	4.237214e-04	0.000357	4.996961e-04	1.775956e-05	1.713216e-03	4.106377e-03	8.918030e-04
13	3.910690e-04	1.687220e-05	1.073759e-06	1.256270e-03	4.158454e-03	2.264611e-05	1.536666e-04	0.000038	1.308342e-05	1.777755e-04	1.108996e-03	8.376007e-04	1.785176e-02
14	5.138686e-04	4.689460e-05	7.152454e-05	1.574175e-02	2.220783e-03	9.897640e-05	3.733514e-04	0.000513	3.783356e-04	3.533316e-04	7.865092e-03	1.466187e-03	6.053954e-03
15	1.258710e-03	2.322033e-04	2.789033e-04	4.427405e-03	4.575910e-03	2.807245e-04	5.350948e-04	0.000270	2.906366e-05	3.507806e-04	1.570958e-03	6.181007e-04	2.185898e-03
16	1.587105e-04	6.704259e-06	6.087622e-05	8.609532e-04	1.458800e-04	1.638579e-05	2.744233e-05	0.000121	9.317603e-05	1.635600e-04	2.035664e-04	1.257529e-06	3.293822e-06
17	3.817718e-04	3.137735e-05	5.888912e-05	3.791452e-03	1.337395e-04	7.889958e-06	2.584533e-05	0.000044	1.355120e-05	1.516734e-04	3.596080e-04	8.725802e-05	4.751827e-04
18	7.438702e-03	7.823566e-04	7.135919e-04	1.445045e-02	3.578381e-03	3.006705e-04	9.424814e-04	0.001340	3.672204e-04	1.230007e-03	1.488923e-03	7.795782e-04	2.804617e-03
19	8.123959e-04	6.810577e-04	1.251736e-05	1.705011e-03	4.122912e-04	3.426778e-05	1.279352e-04	0.000134	1.061847e-06	1.821926e-04	1.071102e-04	1.578246e-04	1.678655e-04
20	1.725416e-03	3.220441e-04	1.120123e-03	9.034877e-03	1.360517e-03	9.013281e-05	2.349593e-04	0.000750	1.186748e-04	2.026639e-04	1.745503e-03	3.045762e-04	5.426012e-04
21	1.156598e-05	5.395619e-06	1.103797e-07	5.139572e-05	4.239564e-05	5.091630e-05	1.117924e-05	0.000007	2.424901e-05	2.301907e-06	1.488750e-04	6.548796e-06	1.972624e-05
22	1.282152e-02	3.304474e-04	2.016412e-04	4.635060e-02	1.387071e-02	2.074434e-03	3.274863e-03	0.006950	6.602656e-04	4.625434e-02	1.229914e-02	3.856874e-03	1.767371e-02
23	5.445304e-05	6.618386e-07	9.690373e-07	1.479548e-04	1.145874e-04	1.093685e-05	1.216117e-05	0.000057	2.658053e-06	7.051109e-05	9.537501e-05	1.923747e-05	5.618761e-05
24	6.718310e-05	5.762573e-07	2.926145e-06	2.224299e-04	1.701971e-04	1.814685e-05	2.299311e-05	0.000236	1.525808e-07	1.987324e-04	1.224940e-04	2.863984e-05	1.569710e-04
25	1.251152e-03	1.391607e-04	1.240866e-04	1.626104e-02	1.518751e-03	1.515410e-04	1.567188e-04	0.000278	8.206907e-05	1.675856e-03	1.489342e-03	2.081927e-04	8.007597e-04
26	5.929051e-03	6.979091e-04	6.938741e-04	2.254432e-02	1.353271e-02	1.352114e-03	1.860934e-03	0.001896	9.914825e-04	1.700718e-02	5.299146e-02	1.756874e-03	3.940965e-03
импорт	7.454450e+05	3.254000e+03	2.471900e+04	3.628780e+05	1.357550e+06	1.301109e+06	4.542900e+04	207435.000000	4.027000e+03	2.792570e+05	2.421228e+06	5.877990e+05	2.081390e+05
труд	1.446990e+06	1.418250e+05	1.805920e+05	2.813890e+06	1.290266e+06	2.181140e+05	2.251420e+05	194839.000000	9.269300e+04	4.963960e+05	8.148690e+05	2.785890e+05	4.748910e+05
потребление основного капитала	2.578345e+06	9.236100e+04	2.120080e+05	1.099828e+07	1.287619e+06	1.213110e+05	1.428570e+05	197559.000000	4.869900e+04	2.270908e+06	8.229410e+05	1.060960e+05	2.855680e+05

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	потребление	экспорт
8.436872e-06	1.703031e-05	8.527712e-07	2.972499e-06	1.746204e-06	2.208406e-06	5.029173e-06	8.286714e-06	3.104674e-05	3.954244e-06	1.999871e-05	5.191287e-05	2.596625e-02	1872580.0	565388.0	
5.890056e-06	5.656766e-07	8.097042e-08	1.483442e-06	1.923716e-06	3.639704e-06	1.785397e-06	9.754374e-05	6.805242e-05	2.223561e-07	7.543704e-08	1.770407e-04	1.572294e-04	65950.0	49539.0	
1.671628e-06	8.615819e-06	1.688647e-06	3.502013e-07	4.491177e-07	8.486588e-07	1.076220e-06	2.209979e-07	2.810953e-06	3.307407e-07	1.482893e-06	3.482018e-06	1.866406e-03	34944.0	144127.0	
5.284261e-02	6.397460e-04	4.056865e-05	6.803238e-05	1.186630e-04	3.542194e-05	4.776165e-04	3.359872e-03	6.791675e-02	5.712687e-05	2.617108e-04	1.174204e-02	1.617121e-02	908745.0	8968299.0	
2.055799e-05	4.786988e-05	3.405272e-06	5.608355e-06	7.333947e-06	1.045221e-05	1.196023e-05	3.133704e-06	3.843247e-05	3.769095e-05	2.144972e-06	4.118200e-05	8.713570e-02	7367314.0	848593.0	
1.381186e-04	7.568445e-05	3.086574e-05	2.723761e-05	6.450393e-05	2.772580e-04	2.515137e-04	4.469211e-04	1.765619e-04	1.446201e-05	2.311969e-05	5.944883e-04	3.910921e-03	1435159.0	99651.0	
9.136642e-05	9.456483e-05	2.472006e-07	5.481162e-05	3.630479e-05	3.878556e-05	8.069033e-05	2.013590e-03	8.263231e-05	2.174986e-06	9.626761e-06	5.438293e-03	2.131151e-03	74493.0	421647.0	
9.510837e-05	1.781653e-04	6.168701e-05	1.431531e-04	7.055007e-05	6.860324e-05	7.048381e-05	3.745724e-04	3.238114e-04	9.106947e-06	2.401165e-05	3.500667e-04	6.445619e-03	170604.0	229871.0	
1.683346e-06	4.366420e-06	2.447405e-07	1.201838e-05	2.547454e-05	1.095054e-05	9.568764e-06	1.409851e-05	2.388477e-05	6.646936e-07	1.307800e-07	1.545575e-04	5.587280e-03	1231.0	622.0	
1.726502e-02	3.335698e-03	2.621825e-04	7.116078e-04	1.100783e-03	4.110873e-04	3.827014e-03	3.629821e-04	1.194871e-02	7.408899e-04	2.812852e-03	4.228629e-02	1.681966e-01	1517781.0	3895172.0	
6.214868e-03	7.425365e-03	1.785398e-03	6.254522e-03	2.979765e-03	4.598601e-03	4.072738e-03	3.466610e-03	2.220374e-04	7.235201e-04	5.016923e-04	7.346924e-03	6.266325e-02	1473591.0	1604299.0	
3.487443e-04	9.439633e-04	3.969463e-04	1.434582e-03	1.682809e-03	4.883491e-03	1.396059e-03	1.489823e-03	5.417434e-04	1.382099e-04	1.638738e-04	2.181133e-02	1.279164e-02	165507.0	165954.0	
4.521546e-03	7.063430e-04	1.562510e-04	1.048839e-03	9.235369e-04	1.908053e-03	9.545652e-04	3.995155e-04	1.057425e-03	7.313127e-05	4.700347e-04	7.897303e-02	1.044556e-02	133199.0	109466.0	
1.860317e-01	6.680477e-02	3.757183e-03	2.981932e-02	2.986491e-02	1.742794e-02	3.065723e-02	8.572021e-03	1.990564e-02	4.153053e-04	1.275802e-02	7.829083e-02	1.598120e-02	714242.0	2791616.0	
2.282195e-03	1.541907e-02	2.053993e-03	2.409313e-03	1.034251e-02	7.284371e-03	1.151140e-02	1.896412e-03	2.117228e-03	1.178745e-04	2.941843e-04	5.443137e-02	1.643765e-02	657432.0	564878.0	
8.045924e-04	1.075756e-03	1.154346e-02	1.523954e-03	7.059745e-04	4.762975e-04	4.986867e-03	1.075431e-04	1.420704e-04	2.304434e-05	7.549146e-05	1.738766e-03	2.184663e-02	1916558.0	275555.0	
1.635656e-03	9.058712e-04	2.300056e-03	1.132106e-02	5.246000e-03	3.206288e-03	8.997425e-03	6.124994e-05	4.289139e-03	8.468366e-05	6.399643e-05	1.432680e-02	2.485284e-02	732186.0	191130.0	
9.681336e-03	2.973157e-03	1.088370e-03	2.816815e-03	1.918774e-02	3.905685e-03	1.366622e-02	3.795956e-04	2.828805e-03	4.873526e-04	8.096525e-04	1.691889e-02	3.112013e-02	1697649.0	264356.0	
1.302048e-03	5.191572e-04	2.700927e-04	1.931629e-04	1.125781e-03	9.162666e-02	1.302990e-03	2.749328e-04	3.190240e-04	7.853260e-05	5.346252e-04	2.053086e-03	2.882192e-02	2773268.0	261211.0	
3.440241e-03	1.004486e-03	2.439726e-04	4.538410e-04	1.458143e-03	4.355459e-04	6.909194e-02	1.192879e-05	5.792882e-03	2.854570e-04	3.382091e-04	4.977376e-03	7.088881e-02	1798435.0	803379.0	
2.513733e-05	2.425689e-05	2.189278e-05	5.383919e-05	3.933256e-05	2.731279e-04	9.291180e-05	4.655435e-04	5.954275e-05	6.915154e-06	1.207083e-05	2.442505e-04	2.508425e-03	991686.0	88858.0	
6.794623e-02	7.967750e-03	1.699039e-03	3.069503e-03	4.801238e-03											