
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Экономическая сложность и вложенность структур региональных экономик

© 2021 г. М.Ю. Афанасьев, А.В. Кудров

М.Ю. Афанасьев,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: mi.afan@yandex.ru

А.В. Кудров,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: kovlal@inbox.ru

Поступила в редакцию 18.12.2020

Аннотация. Исследования ориентированы на развитие теорий локализованной специализации и диверсификации экономики. Рассматривается задача прогнозирования появления в регионе новых сильных секторов. На основе методов вероятностного и статистического моделирования построена модель, позволяющая оценить вероятность появления в регионе нового сильного сектора с учетом характеристик структуры экономики. Возможность построения такой модели основана на предположении о том, что появление и развитие секторов в значительной степени обусловлено эволюцией прошлой экономической деятельности. Модель использует введенные авторами показатели вложенности структур сильных секторов региональных экономик. Эти показатели основаны на вероятностной интерпретации и свойствах элементов матрицы, по которой оценивается экономическая сложность в соответствии с традиционным подходом. Для каждого региона оценена вероятность возникновения в его структуре сильного сектора. На основе упорядочения секторов по значению этих вероятностей и оценок их потенциального вклада в социально-экономическое развитие может быть дана экспертная оценка целесообразности развития в регионе нового сильного сектора. Полученные результаты указывают на то, что появление и развитие секторов региональной экономики в значительной степени обусловлены эволюцией прошлой экономической деятельности.

Ключевые слова: региональная экономика, эконометрика, экономическая сложность, вложенность.

Классификация JEL: C53, D51.

DOI: 10.31857/S042473880016410-0

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные представления об экономической сложности связаны с диверсификацией производства. Страны, экспортирующие сложные товары, обычно имеют более высокий уровень душевого материального благосостояния, чем страны, экспортирующие простые товары. Сравнительно недавно была разработана процедура, которая при использовании данных о структуре экспорта по странам позволяет *измерять экономическую сложность* (Hartmann, 2017; Hausmann, Rodrik 2003; Hausmann, Hwang, Rodrik, 2006; Hidalgo, Hausmann, 2009). Она характеризует уровень вовлеченности стран в международные производственные процессы. Однако эту процедуру можно применять не только для структуры экспорта, но и для структуры выпуска экономики в целом. В работе акцент делается на исследовании экономики регионов РФ на основе данных о налоговых поступлениях по секторам экономики, что позволяет характеризовать структуры региональных экономик, включающие сектора, ориентированные как на внешний, так и на внутренний рынки, а также обнаруживать формирование групп смежных секторов.

В данной работе показано, что используемая *процедура вычисления экономической сложности* в соответствии с подходом (Hausmann, Hidalgo, Bustos et al., 2011) является корректной в смысле существования и единственности решения.

Представлена вероятностная интерпретация элементов матрицы, по которой оценивается экономическая сложность. Каждый элемент этой матрицы можно рассматривать как характеристику степени вложенности структуры сильных секторов одного региона в структуру другого. Введены агрегированные показатели, описывающие вложенность структуры сильных секторов каждого региона в структуры экономик других регионов. Показано, что агрегированные показатели вложенности являются статистически значимыми объясняющими переменными для экономической

сложности. Высокие оценки экономической сложности регионов соответствуют большим значениям агрегированных показателей вложенности, а низкие оценки — малым значениям.

На основе методов вероятностного и статистического моделирования построена модель, позволяющая оценить вероятность появления в регионе нового сильного сектора с учетом характеристик структуры экономики. Модель использует введенные авторами показатели вложенности структур сильных секторов региональных экономик. Для каждого региона оценена вероятность возникновения в его структуре конкретного сектора в качестве сильного. На основе упорядочения секторов по значению этих вероятностей и оценок их потенциального вклада в социально-экономическое развитие может быть дана экспертная оценка целесообразности развития в регионе нового сильного сектора.

Полученные результаты не противоречат предположению, что эффекты от локализации и диверсификации могут дополнять друг друга и не являются взаимоисключающими. Оценки вероятности возникновения в структуре региона конкретного сектора в качестве сильного указывают, что появление и развитие секторов в значительной степени обусловлено эволюцией прошлой экономической деятельности. Эти результаты согласуются с выводами в работе (Neffke, Henning, Boschma, 2011), где показано, что регионам легче развивать новые отрасли промышленности, если они связаны с уже имеющимися в регионе.

2. СТРУКТУРА СИЛЬНЫХ СЕКТОРОВ

Для описания структуры региональной экономики использованы данные об объемах производства в достаточно широкой номенклатуре секторов. Сначала определим показатель RCA_{cp} выявленных сравнительных преимуществ:

$$RCA_{cp} = \left(y_{cp} / \sum_p y_{cp} \right) / \left(\sum_c y_{cp} / \sum_{c,p} y_{cp} \right), \quad (1)$$

где y_{cp} — объем производства сектора p экономики региона c ; RCA_{cp} — отношение доли производства от сектора p в общем объеме производства от всех секторов экономики региона c к доле производства сектора p по всем регионам в объеме производства от всех секторов экономики всех регионов. В соответствии с работой (Hausmann, Klinger, 2006) для выявления сравнительных преимуществ в экономиках используется показатель RCA_{cp} , для которого проверяется условие типа ограничения снизу. А именно, если значение RCA_{cp} не меньше единицы, то считается, что экономика региона c обладает выявленными сравнительными преимуществами в выпуске продукции сектора p ; в противном случае — выявленных сравнительных преимуществ не существует:

$$a_{c,p} = \begin{cases} 1, & \text{если } RCA_{cp} \geq 1; \\ 0, & \text{если } RCA_{cp} < 1. \end{cases}$$

Матрица $A = (a_{c,p})$ содержит данные о секторах экономики, которые в разных регионах развиты на уровне выявленных сравнительных преимуществ, определенных при помощи выражения (1). Строки этой матрицы соответствуют регионам, столбцы — секторам экономики. Вектор $(a_{c,p_1}, \dots, a_{c,p_m})$ будем называть *структурой сильных секторов* экономики региона c .

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ

Понятие «экономическая сложность региона» рассматривается как характеристика, отражающая уровень его технологического развития, который, в свою очередь, определяется сильными секторами в структуре его экономики. Аналогично экономическая сложность сектора зависит от уровня технологического развития тех регионов, в которых этот сектор присутствует в структуре в качестве сильного.

3.1. Определение экономической сложности

Экономическая сложность является латентной характеристикой региона ECI_c или сектора ECI_p , которая обладает следующими свойствами:

а) экономическая сложность региона пропорциональна среднему уровню экономической сложности сильных секторов в структуре его экономики:

$$ECI_c = a_1 \sum_p r_{c,p} ECI_p, r_{c,p} = a_{c,p} / k_{c,0}, k_{c,0} = \sum_p a_{c,p}, \quad (2)$$

где a_1 — положительная константа. Заметим, что $k_{c,0}$ не могут быть равны нулю, поскольку для любого c существует p , для которого $a_{c,p} = 1$;

б) экономическая сложность сектора пропорциональна среднему уровню экономической сложности регионов, в структуре экономик которых этот сектор является сильным:

$$ECI_p = a_2 \sum_c r_{p,c}^* ECI_c, r_{p,c}^* = a_{c,p} / k_{p,0}, k_{p,0} = \sum_c a_{c,p}, \quad (3)$$

где a_2 — положительная константа. Показатель $k_{c,0}$, равный числу сильных секторов в регионе c , будем называть *диверсификацией структуры экономики региона c* .

Введем некоторые дополнительные обозначения. Пусть $\mathbf{c} = (ECI_{c_1}, ECI_{c_2}, \dots)^T$ — вектор-столбец значений экономической сложности для регионов; $\mathbf{p} = (ECI_{p_1}, ECI_{p_2}, \dots)^T$ — вектор-столбец значений экономической сложности для секторов; $\mathbf{R}_1 = (r_{c,p})$, $\mathbf{R}_2 = (r_{p,c}^*)$ — матрицы весов.

Запишем соотношения (2) и (3) в матричном виде: $\mathbf{c} = a_1 \mathbf{R}_1 \mathbf{p}$, $\mathbf{p} = a_2 \mathbf{R}_2 \mathbf{c}$. Откуда следует, что $\mathbf{c} = a_1 a_2 \mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2 \mathbf{c}$, $\mathbf{p} = a_1 a_2 \mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1 \mathbf{p}$. Таким образом, экономическая сложность региона определяется как собственный вектор матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, а экономическая сложность сектора — собственный вектор матрицы $\mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1$. Заметим, что элемент на пересечении строки i и столбца j матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, т.е. $(\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2)_{ij}$, задается формулой $\sum_t (a_{c_i, p_t} a_{c_j, p_t} / k_{p_t, 0}) / k_{c_i, 0}$.

В работах (Hausmann, Rodrik, 2003; Sciarra et al., 2020) в качестве значений оценок экономической сложности регионов и секторов предлагается использовать стандартизированное значение собственного вектора матриц $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ и $\mathbf{R}_2 \mathbf{R}_1$, которые соответствуют второму максимальному собственному значению. При этом предполагается, что собственное значение и координаты собственного вектора являются действительными числами.

Отметим, что авторам статьи не удалось найти работ, в которых было бы показано свойство действительно-значности координат таких векторов. Ниже мы исправим этот недочет и приведем доказательство вместе с другими свойствами матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$.

3.2. Свойства матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$

Перечислим некоторые свойства матрицы, которые позволят считать процедуру вычисления экономической сложности корректной.

1. Матрица $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ является стохастической. Свойство стохастичности матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ справедливо, так как элементы матрицы неотрицательны, а их сумма по строкам равна 1:

$$\sum_j (\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2)_{ij} = \sum_j \frac{1}{k_{c_i, 0}} \sum_t \left(a_{c_i, p_t} a_{c_j, p_t} / k_{p_t, 0} \right) = \sum_t \sum_j \left(a_{c_i, p_t} a_{c_j, p_t} / k_{c_i, 0} k_{p_t, 0} \right) = 1.$$

В силу стохастичности матрица $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ имеет собственное значение, равное 1, и отвечающий ему собственный вектор, который состоит из одинаковых координат.

2. Все собственные значения матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, за исключением единичного, по модулю меньше единицы. Согласно теореме Фробениуса–Перрона справедливы следующие утверждения.

Утверждение. Пусть $\mathbf{P}$ — стохастическая матрица, все элементы которой положительны. Тогда:

а) $\mathbf{P}$ имеет в точности один собственный вектор $\mathbf{x}_0$, у которого все координаты положительные. Если λ_0 — собственное значение этого вектора, то $\lambda_0 = 1$;

б) $\lambda_0 = 1$ является простым корнем характеристического уравнения $\det(\mathbf{P} - \lambda \mathbf{I}) = 0$;

в) все собственные значения (возможно комплексные) матрицы $\mathbf{P}$ удовлетворяют неравенству $|\lambda| \leq \lambda_0$. Равенство достигается, только если все координаты соответствующего собственного вектора положительные.

Доказательство представлено в (Seneta, 2006).

3. Все собственные значения матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ являются действительными. Поскольку

$$\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2 = \text{diag}(k_{c_1, 0}^{-1}, \dots, k_{c_n, 0}^{-1}) \times \mathbf{A} \times \text{diag}(k_{p_1, 0}^{-1}, \dots, k_{p_m, 0}^{-1}) \mathbf{A}^T,$$

то

$$\det(\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2 - \lambda \mathbf{I}) = \det(\text{diag}(k_{c_1, 0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n, 0}^{-1/2}) \times [\text{diag}(k_{c_1, 0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n, 0}^{-1/2}) \times \mathbf{A} \times \text{diag}(k_{p_1, 0}^{-1/2}, \dots, k_{p_m, 0}^{-1/2}) \times \mathbf{A}^T \text{diag}(k_{c_1, 0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n, 0}^{-1/2}) - \lambda \mathbf{I}] \times \text{diag}(k_{c_1, 0}^{1/2}, \dots, k_{c_n, 0}^{1/2})).$$

Воспользовавшись тем, что детерминант произведения двух квадратных матриц равен произведению детерминантов этих матриц, получим

$$\begin{aligned} \det(\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2 - \lambda I) &= \\ &= \det\left(\text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) \times \mathbf{A} \times \text{diag}\left(k_{p_1,0}^{-1}, \dots, k_{p_m,0}^{-1}\right) \times \mathbf{A}^T \times \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) - \lambda I\right). \end{aligned}$$

Матрица

$$\mathbf{B} = \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) \times \mathbf{A} \times \text{diag}\left(k_{p_1,0}^{-1}, \dots, k_{p_m,0}^{-1}\right) \times \mathbf{A}^T \times \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right)$$

будет симметричной. Известно, что для симметричных матриц все собственные значения являются действительными.

4. Собственные вектора матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, отвечающие различным собственным значениям, ортогональны. Пусть λ_1, λ_2 два несовпадающих собственных значения матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, а v_1, v_2 — соответствующие им собственные вектора. Собственные значения, собственные вектора матриц $\mathbf{B}$ и $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ совпадают. Рассмотрим квадратичную форму $v_1^T \mathbf{B} v_2$, для которой $v_1^T \mathbf{B} v_2 = \lambda_2 v_1^T v_2 = (\mathbf{B}^T v_1)^T v_2 = (\mathbf{B} v_1)^T v_2 = \lambda_1 v_1^T v_2$. Откуда, в силу того что $\lambda_1 \neq \lambda_2$, получаем $v_1^T v_2 = 0$.

5. Все собственные значения матрицы $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ являются неотрицательными. Возьмем вектор $y \neq 0$ размерности n и рассмотрим квадратичскую форму

$$\begin{aligned} y^T \mathbf{B} y &= y^T \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) \times \mathbf{A} \times \text{diag}\left(k_{p_1,0}^{-1}, \dots, k_{p_m,0}^{-1}\right) \times \mathbf{A}^T \times \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) y = \\ &= [\text{diag}\left(k_{p_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{p_m,0}^{-1/2}\right) \times \mathbf{A}^T \times \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) y]^T \times \\ &\quad \times [\text{diag}\left(k_{p_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{p_m,0}^{-1/2}\right) \times \mathbf{A} \times \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) y]. \end{aligned}$$

Сделав замену $z = \text{diag}\left(k_{p_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{p_m,0}^{-1/2}\right) \mathbf{A}^T \text{diag}\left(k_{c_1,0}^{-1/2}, \dots, k_{c_n,0}^{-1/2}\right) y$, получим $y^T \mathbf{B} y = z^T z \geq 0$.

Так как собственные числа матрицы $\mathbf{B}$ действительные, а квадратичная форма $y^T \mathbf{B} y$ для любых $y \neq 0$ неотрицательная, следует, что собственные числа матрицы $\mathbf{B}$, а значит, и собственные числа $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$, неотрицательные.

3.3. Агрегированная вложенность

Обозначим

$$w_{i,j} = (\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2)_{ij} = \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i, p_t}}{k_{c_i,0}} \frac{a_{c_j, p_t}}{k_{p_t,0}} = \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i, p_t} a_{c_j, p_t}}{k_{p_t,0}}$$

и отметим некоторые его свойства.

1. Поскольку матрица $\mathbf{R}_1 \mathbf{R}_2$ является стохастической, то для каждого $i, j \in \{1, \dots, n\}$: $w_{i,j} \geq 0$, $\sum_{j=1}^n w_{i,j} = 1$. Таким образом, $w_{i,1}, \dots, w_{i,n}$ можно интерпретировать как распределение вероятностей.

2. Если в регионе c_i существует хотя бы один сильный сектор, то $w_{i,i} > 0$. Иначе $w_{i,i} = 0$. Справедливость этого утверждения легко показать, поскольку $w_{i,i} = \left(k_{c_i,0}\right)^{-1} \sum_{t=1}^m \left(a_{c_i, p_t} / k_{p_t,0}\right) \geq 0$, а нулевое значение достигается только тогда, когда $a_{c_i, p_t} = 0$, $t = 1, \dots, m$, но таких случаев в наших данных нет.

3. Элементы $w_{i,j}$ равны нулю тогда и только тогда, когда выполняется условие $\{t : a_{c_i, p_t} = 1\} \cap \{t : a_{c_j, p_t} = 1\} = \emptyset$. Это означает отсутствие общих сильных секторов в структурах экономики регионов c_i и c_j .

4. В каждой строке матрицы $(w_{i,j})$ максимальный элемент отвечает диагональному элементу, т.е. $w_{i,i} = \max_{j \in \{1, \dots, n\}} (w_{i,j})$. Покажем это. В силу справедливости выражения

$$w_{i,j} = \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i, p_t} a_{c_j, p_t}}{k_{p_t,0}} \leq \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i, p_t}}{k_{p_t,0}} = \frac{1}{k_{c_i,0}} \sum_{t=1}^m \frac{a_{c_i, p_t} a_{c_i, p_t}}{k_{p_t,0}}$$

получаем, что $w_{i,j} \leq w_{i,i}$. Причем равенство в последнем неравенстве достигается только тогда, когда выполняется условие $\{t : a_{c_i, p_t} = 1\} \subseteq \{t : a_{c_j, p_t} = 1\}$. А это означает, что все сильные сектора структуры

экономики региона c_i также являются сильными секторами в структуре региона c_j . Если условие не выполняется, то имеем строгое неравенство $w_{i,j} / w_{i,i} < 1$.

5. Величина $w_{i,j}$ монотонно возрастает с ростом числа элементов множества $\{t: a_{c_i, p_t} = 1\} \cap \{t: a_{c_j, p_t} = 1\}$.

6. Асимметричность матрицы ($w_{i,j}$). Легко показать, что $w_{j,i} = k_{c_i,0} / k_{c_j,0} w_{i,j}$. Если уровень диверсификации региона c_i совпадает с уровнем диверсификацией региона c_j , тогда $w_{j,i} = w_{i,j}$. Если диверсификация региона c_i больше (меньше) диверсификации региона c_j , тогда $w_{j,i} > w_{i,j}$ ($w_{j,i} < w_{i,j}$). Таким образом, различные уровни диверсификации регионов гарантируют асимметричность матрицы ($w_{i,j}$).

Из свойств 2–3 для $w_{i,j}$ следует, что отношение $w_{i,j} / w_{i,i}$ можно интерпретировать как характеристику *степени вложенности* множества сильных секторов региона c_i во множество сильных секторов региона c_j . Чем ниже это отношение, тем меньше сильных секторов региона c_i входит во множество $\{t: a_{c_j, p_t} = 1\}$ сильных секторов региона c_j .

Агрегированный показатель $I_i^{(1)} = \sum_{j=1}^m (w_{i,j} / w_{i,i})^2$, $i = 1, \dots, m$, характеризует степень вложенности структуры сильных секторов региона c_i в структуры сильных секторов других регионов. Назовем этот показатель *агрегированной вложенностью структуры* экономики региона. Минимальное значение $I_i^{(1)} = 1$ возникает в условиях, когда структура сильных секторов региона c_i состоит из уникальных секторов, для которых $w_{i,j} = 0$ для всех $i \neq j$, близкое к m — когда распределение $w_{i,j}$ мало отличается от равномерного распределения.

Показатель $I_j^{(2)} = \sum_{i=1}^m (w_{i,j} / w_{i,i})^2$, $j = 1, \dots, m$, характеризует степень вложенности в структуру сильных секторов региона c_j . Назовем его *агрегированной вложенностью в структуру* региона. При увеличении числа сильных секторов региона c_j величина $I_j^{(2)}$ не убывает. Минимальное значение $I_j^{(2)} = 1$ возникает в условиях, когда структура сильных секторов для региона c_j состоит из уникальных секторов, т.е. когда $w_{i,j} = 0$ для всех $i \neq j$.

3.4. Связь экономической сложности с показателями агрегированной вложенности

В работе (Afanasyev, Kudrov, 2020) представлены оценки экономической сложности регионов РФ, рассчитанные на основе данных о налоговых поступлениях по 82 секторам экономики. В табл. 1 приведены оценки параметров регрессии экономической сложности регионов РФ, полученной в работе (Afanasyev, Kudrov, 2020), на логарифм агрегированной вложенности структуры сильных секторов экономики и логарифм агрегированного вложения в структуру.

Для российских регионов получены оценки экономической сложности, для которых были использованы и другие региональные данные. А именно данные по экспорту регионов РФ. В работе (Любимов и др., 2017) по этим данным вычислялись две оценки экономической сложности регионов РФ: оценка экономической сложности (по данным о структуре экспорта регионов РФ); оценка экономической сложности (по данным о структуре экспорта регионов РФ и странам мира). В табл. 2 показаны результаты построения регрессии этих оценок экономической сложности на логарифмы показателей агрегированной вложенности структуры сильных секторов региона и агрегированной вложенности в структуру сильных секторов региона.

Таблица 1. Регрессия для экономической сложности регионов

Экономическая сложность региона	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	−4,18	0,45	−9,22	0
Логарифм агрегированной вложенности структуры	0,96	0,19	5,14	0
Логарифм агрегированной вложенности в структуру	0,97	0,15	6,65	0
R ²	0,55			
Скорректированный R ²	0,54			

Примечание. Данные по оценкам экономической сложности взяты из работы (Afanasyev, Kudrov, 2020).

Источник: расчеты авторов.

Таблица 2. Регрессии для экономической сложности регионов по данным со странами и без стран

Регрессия для экономической сложности регионов по данным со странами					Регрессия для экономической сложности регионов по данным без стран				
Экономическая сложность (по данным со странами)	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение	Экономическая сложность (по данным без стран)	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	0,15	0,25	0,61	0,54	Константа	−1,03	0,67	−1,55	0,13
Логарифм агрегированной вложенности структуры	−0,19	0,10	−1,87	0,06	Логарифм агрегированной вложенности структуры	0,06	0,27	0,22	0,82
Логарифм агрегированной вложенности в структуру	0,31	0,08	3,92	0,00	Логарифм агрегированной вложенности в структуру	0,42	0,21	1,95	0,06
R ²	0,17				R ²	0,05			
Скорректированный R ²	0,15				Скорректированный R ²	0,03			

Примечание. Данные по оценкам экономической сложности взяты из работы (Lyubimov et al., 2017).

Источник: расчеты авторов.

Регрессия для экономической сложности по данным со странами отвечает значительно большему значению R^2 , чем регрессия для экономической сложности по данным без стран. Большие значения экономической сложности из (Afanasyev, Kudrov, 2020) соответствуют высокому уровню показателя вложенности структуры экономики и высокому уровню показателя вложенности в структуру. Для экономической сложности низкого уровня характерны низкие уровни показателя вложенности структуры экономики и показателя вложенности в структуру. Таким образом, показатель экономической сложности можно интерпретировать в качестве измерителя уровня развитости смежных секторов и технологических цепочек или цепочек добавленной стоимости.

Два показателя экономической сложности из (Любимов и др., 2017) характеризуются низким соответствием показателям вложенности. Объяснением этому может служить то, что экспортные товары вложены в международные цепочки формирования добавленной стоимости. Поэтому, если мы ограничиваемся только экспортными данными по регионам, то в силу отсутствия длинных цепочек формирования добавленной стоимости для экспортных товаров на локальном российском уровне оценка экономической сложности не отражает связей между товарами российского экспорта. Напротив, если мы подключаем к имеющимся данным о структуре экспорта регионов РФ информацию о структуре экспорта стран мира и оцениваем по ним уровень экономической сложности, то такая оценка отражает уже технологические цепочки формирования добавленной стоимости на международном уровне и позволяет количественно оценивать в них место регионов РФ. В результате, как видно из данных в табл. 2 (слева), этот показатель имеет значимую связь с показателем вложенности в структуру.

3.5. Смежные секторы и потенциально достижимые сильные секторы в экономике

В настоящее время широко используются алгоритмы формирования рекомендаций при выборе альтернатив (например, (Glodberg et al., 2001)). Общая постановка этой задачи состоит в рекомендации тех вариантов выбора, которые соответствуют в наибольшей степени характеристикам объекта, для которого вырабатываются рекомендации. Для структуры сильных секторов экономики региона рекомендации выдают *список потенциально достижимых сильных секторов при заданных характеристиках региона*, а также с использованием информации о сильных секторах в похожих на него регионах.

В работе (Hidalgo et al., 2007) предлагается подход к выбору потенциальных сильных секторов, который строится по матрице смежности $\phi(p_i, p_j) = \min\{P(p_i|p_j), P(p_j|p_i)\}$, где $P(p_i|p_j)$ — доля регионов, для которых $a_{c, p_i} = 1$ при условии, что $a_{c, p_j} = 1$.

Потенциально сильный сектор в регионе, согласно методологии, представленной в (Hidalgo et al., 2007), определяется условиями, если: 1) в структуре сильных секторов региона сектор p_i — сильный, а сектор p_j таковым не является, 2) выполняется условие $\phi(p_i, p_j) > 0,5$, — то p_j рекомендуется в качестве потенциально сильного сектора.

Однако такой подход обладает следующими недостатками: 1) не учитывается полная информация о структуре региональной экономики; 2) оценки смежности секторов $\phi(p_i, p_j)$ обладают разным статистическим качеством, поскольку для разных (i, j) величины $P(p_i | p_j)$ оцениваются с использованием разного числа наблюдений.

Для преодоления указанных проблем метода далее предлагается авторский подход.

3.6. Вероятностная модель для прогноза появления новых сильных секторов

Пусть случайные величины

$$A_{c_i, p_k} = \begin{cases} 1, \text{ с вероятностью } \pi(f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2, \dots); \\ 0, \text{ с вероятностью } 1 - \pi(f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2, \dots), \end{cases} \quad (4)$$

где $f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2, \dots$ — факторы, влияющие на возникновение событий $A_{c_i, p_k} = 1$ и $A_{c_i, p_k} = 0$. Будем предполагать, что зависимость $\pi(f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2, \dots)$ имеет вид

$$\pi(f_{c_i, p_k}^1, \dots, f_{c_i, p_k}^h) = \exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_i, p_k}^h) / \{1 + \exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_i, p_k}^h)\}, \quad (5)$$

где β_0 — константа.

Предположим, что последовательность $a_{c_1, p_1}, \dots, a_{c_1, p_m}, \dots, a_{c_n, p_1}, \dots, a_{c_n, p_m}$ является реализацией случайной последовательности $A_{c_1, p_1}, \dots, A_{c_1, p_m}, \dots, A_{c_n, p_1}, \dots, A_{c_n, p_m}$, элементы которой независимы при заданных $f_{c_1, p_1}^1, f_{c_1, p_2}^1, \dots$. Будем считать, что распределение $P(A_{c_i, p_k} | f_{c_1, p_1}^1, f_{c_1, p_2}^1, \dots) = P(A_{c_i, p_k} | f_{c_i, p_k}^1, \dots, f_{c_i, p_k}^h, \dots)$, т.е. факторы, влияющие на распределение A_{c_i, p_k} , ограничиваются множеством $f_{c_i, p_k}^1, \dots, f_{c_i, p_k}^h, \dots$, у которых нижняя пара индексов (c_i, p_k) . Тогда функция правдоподобия имеет вид

$$\begin{aligned} P(A_{c_1, p_1} = a_{c_1, p_1}, \dots, A_{c_1, p_m} = a_{c_1, p_m}, \dots, A_{c_n, p_1} = a_{c_n, p_1}, \dots, A_{c_n, p_m} = a_{c_n, p_m} | f_{c_1, p_1}^1, f_{c_1, p_2}^1, \dots) = \\ = P(A_{c_1, p_1} = a_{c_1, p_1} | f_{c_1, p_1}^1, \dots, f_{c_1, p_1}^h, \dots) \dots P(A_{c_n, p_m} = a_{c_n, p_m} | f_{c_n, p_m}^1, \dots, f_{c_n, p_m}^h, \dots) = \\ = \left[\frac{\exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_1, p_1}^h)}{1 + \exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_1, p_1}^h)} \right]^{a_{c_1, p_1}} \left[\frac{1}{1 + \exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_1, p_1}^h)} \right]^{1 - a_{c_1, p_1}} \times \\ \times \dots \times \left[\frac{\exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_n, p_m}^h)}{1 + \exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_n, p_m}^h)} \right]^{a_{c_n, p_m}} \left[\frac{1}{1 + \exp(\beta_0 + \sum_h \beta_h f_{c_n, p_m}^h)} \right]^{1 - a_{c_n, p_m}}. \end{aligned}$$

Максимизируя эту функцию, мы получаем оценки параметров $\beta_1, \dots, \beta_h, \dots$. Для оценки качества модели мы будем использовать критерий Акаике, а также величину $G = mn^{-1} \sum_{i,k} I(I(\pi(f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2, \dots) > 0,5) = a_{c_i, p_k})$, где $I(A)$ — показатель события A . Величина G характеризует долю правильно идентифицированных моделью случаев.

Рассмотрим способы формирования объясняющих переменных $f_{c_i, p_k}^1, \dots, f_{c_i, p_k}^h, \dots$.

Способ 1. Для данного способа $h = 2$. Определим факторы $f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2$ для всех $i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m$:

$$f_{c_i, p_k}^1 = \left(\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} a_{c_j, p_k} \right) / (1 - w_{i,i}); \quad f_{c_i, p_k}^2 = \left(\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{j,i} a_{c_j, p_k} / w_{j,j} \right) / \left(\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{j,i} / w_{j,j} \right).$$

Оценки параметров модели (4)–(5) при данном способе формирования объясняющих факторов представлены в табл. 3.

Таблица 3. Способ 1. Оценка параметров модели идентификации сильных секторов

Параметр	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	−2,94	0,07	−43,42	0,00
f_{c_i, p_k}^1	2,91	0,83	3,52	0,00
f_{c_i, p_k}^2	18,15	0,91	20,12	0,00
G	0,8			
Критерий Акаике	5681			

Источник: расчеты авторов.

Таблица 4. Способ 2. Оценка параметров модели идентификации сильных секторов

Параметр	Оценка	Стандартное отклонение	t-статистика	p-значение
Константа	−3,11	0,07	−41,70	0,00
f_{c_i, p_k}^1	4,74	0,26	18,46	0,00
f_{c_i, p_k}^2	5,81	0,27	21,95	0,00
G	0,83			
Критерий Акаике	4554			

Источник: расчеты авторов.

Как видно из данных в табл. 3, коэффициенты при f_{c_i, p_k}^1 и f_{c_i, p_k}^2 являются значимыми и положительными. Для этого способа выбора объясняющих переменных доля правильно идентифицированных моделью случаев составляет 80%.

Методом имитации проверены гипотезы равенства нулю показателя вложенности структуры сильных секторов региона c_i , $i = 1, \dots, n$, в структуру сильных секторов региона c_j , $j = 1, \dots, n$, $j \neq i$, а именно $H_0: w_{i,j} / w_{i,i} = 0$ против $H_1: w_{i,j} / w_{i,i} \neq 0$. Показано, что 95%-ный квантиль для функции распределения $w_{i,j} / w_{i,i}$ в условиях справедливости нулевой гипотезы равен 0,47 при заданном уровне значимости $\alpha = 0,95$.

Способ 2. Для данного способа $h = 2$. Определим факторы $f_{c_i, p_k}^1, f_{c_i, p_k}^2$ для всех $i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m$:

$$f_{c_i, p_k}^1 = \sum_{j=1, i \neq j}^n w_{i,j} I(w_{i,j} / w_{i,i} > 0,47) a_{c_j, p_k} / \sum_{j=1, i \neq j}^n w_{i,j} I(w_{i,j} / w_{i,i} > 0,47);$$

$$f_{c_i, p_k}^2 = \sum_{j=1, i \neq j}^n \frac{w_{j,i}}{w_{j,j}} I(w_{j,i} / w_{j,j} > 0,47) a_{c_j, p_k} / \sum_{j=1, i \neq j}^n (w_{j,i} / w_{j,j}) I(w_{j,i} / w_{j,j} > 0,47).$$

Оценки параметров модели (4)–(5) при данном способе формирования объясняющих факторов представлены в табл. 4.

Как видно из данных в табл. 4, коэффициенты при f_{c_i, p_k}^1 и f_{c_i, p_k}^2 являются значимыми и положительными. Для этого способа выбора объясняющих переменных доля правильно идентифицированных моделью случаев незначительно отличается от доли для случая 1 и равна 83% общего числа случаев, но значение критерия Акаике меньше, чем для способа 1. Таким образом, способ 2 предпочтительнее.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Согласно данной модели были сформированы списки потенциально сильных секторов в регионах. В частности, для некоторых регионов, специализирующихся в сельском хозяйстве, требуется развитие сектора «Транспортировка и хранение», что дает возможность большего территориального охвата в снабжении производимой продукцией. Вследствие инфраструктурных проблем рекомендации для развития сельского хозяйства включают развитие сектора «Забор, очистка и распределение воды» (необходим для функционирования поливочных систем), сектора «Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха» (для развития тепличных комплексов, требующих больших энергозатрат при создании микроклимата). Кроме того, в некоторых регионах со специализацией в сельском хозяйстве недостаточно хорошо развиты сектора обрабатывающей промышленности для производимой сельхозпродукции. (Подробнее см.

в Приложении, табл. П1: производство напитков (Владимирская, Псковская, Воронежская, Костромская области и др. регионы), переработка и консервирование мяса и мясной пищевой продукции (Оренбургская, Пензенская области и др.), производство пищевых продуктов (Тульская, Ярославская области), производство молочной продукции (Саратовская область, Республика Северная Осетия — Алания и др.)). Следует заметить, что развитие сельского хозяйства способствует формированию спроса на развитие сектора сельхозмашиностроения и других секторов, в том числе секторов, которые предлагают решения, способствующие автоматизации процессов на уровнях сельскохозяйственных работ и функционирования обрабатывающей промышленности. Сектора, связанные с сельским хозяйством, приведены здесь в качестве примера. Спектр выявленных потенциальных сильных секторов в структурах региональных экономик по результатам использования модели является более широким.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существуют две основные теории, описывающие механизм создания и распространения знаний: локализованная специализация и диверсификация экономики. Теория локализованной специализации впервые была подробно представлена в работе (Marshall, 1890). Она утверждает, что компании, находящиеся в окружении других представителей той же отрасли, будут расти быстрее в силу циркуляции знаний внутри отрасли. Эта теория была развита в работах (Arrow, 1962; Romer, 1986).

Противоположная теория и эмпирические оценки представлены в работах (Blien, Wolf, 2006; Fuchs, 2011; Illy, Schwartz et al., 2011). Согласно этой теории компании выигрывают от того, что сталкиваются с неоднородной средой, состоящей из различных отраслей, поскольку новые идеи приходят из внешней среды. Механизмы, с помощью которых разнообразие приводит к экономическому росту, обычно называют диверсификацией.

Исследования по теориям локализации и диверсификации предполагают, что необходимо делать выбор в пользу либо одной, либо другой теории.

Полученные в данной статье результаты не противоречат предположению, что эффекты от локализации и диверсификации могут дополнять друг друга и не являются взаимоисключающими. Оценки вероятности возникновения в структуре региона конкретного сектора в качестве сильного указывают на то, что появление и развитие секторов в значительной степени обусловлено эволюцией прошлой экономической деятельности. Эти результаты согласуются с выводами в работе (Neffke, Henning, Boschma, 2011), где показано, что регионам легче развивать новые отрасли промышленности, если они связаны с уже имеющимися в регионе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Рекомендации модели, построенной по способу 1		Рекомендации модели, построенной по способу 2	
Регион	Вероятность возникновения сектора в качестве сильного	Регион	Вероятность возникновения сектора в качестве сильного
Сектор: транспортировка и хранение		Сектор: транспортировка и хранение	
Белгородская область	0,86	Белгородская область	0,89
Воронежская область	0,61	Воронежская область	0,63
Курская область	0,73	Курская область	0,57
Московская область	0,66	Московская область	0,67
г. Санкт-Петербург	0,95	г. Санкт-Петербург	0,92
Республика Адыгея	0,94	Республика Адыгея	0,91
Сектор: водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность и ликвидация загрязнений		Сектор: водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность и ликвидация загрязнений	
Орловская область	0,97	Орловская область	0,91
Рязанская область	0,98	Рязанская область	0,94
Смоленская область	0,98	Смоленская область	0,93
Тамбовская область	0,78	Тамбовская область	0,57

Продолжение таблицы П1

Рекомендации модели, построенной по способу 1		Рекомендации модели, построенной по способу 2	
Регион	Вероятность возникновения сектора в качестве сильного	Регион	Вероятность возникновения сектора в качестве сильного
Республика Карелия	0,67	Республика Карелия	0,54
Республика Калмыкия	0,67	Республика Калмыкия	0,75
Краснодарский край	0,61	Краснодарский край	0,77
Астраханская область	0,83	Астраханская область	0,90
Ростовская область	0,64	Ростовская область	0,67
Карачаево-Черкесская Республика	0,60	Кабардино-Балкарская Республика	0,65
Удмуртская Республика	0,75	Карачаево-Черкесская Республика	0,87
Челябинская область	0,62	Республика Марий Эл	0,64
Красноярский край	0,82	Республика Татарстан	0,65
Иркутская область	0,71	Удмуртская Республика	0,82
Кемеровская область	0,87	Ульяновская область	0,57
Приморский край	0,59	Свердловская область	0,63
Хабаровский край	0,74	Тюменская область	0,72
Амурская область	0,50	Челябинская область	0,88
Магаданская область	0,50	Республика Бурятия	0,64
Сектор: обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха — всего		Алтайский край	0,57
Республика Алтай	0,52	Красноярский край	0,89
Сектор: производство напитков		Иркутская область	0,77
Владимирская область	0,69	Кемеровская область	0,89
Воронежская область	0,94	Приморский край	0,57
Костромская область	0,83	Хабаровский край	0,69
Калининградская область	0,99	Сектор: обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха — всего	
Ленинградская область	0,99	Архангельская область	0,69
Мурманская область	0,99	Республика Калмыкия	0,81
Псковская область	0,64	Республика Татарстан	0,81
Краснодарский край	0,89	Новосибирская область	0,75
Астраханская область	0,62	Сектор: производство напитков	
Республика Марий Эл	0,87	Владимирская область	0,70
Пермский край	0,61	Воронежская область	0,88
Свердловская область	0,69	Калининградская область	0,79
Тюменская область	0,92	Ленинградская область	0,90
Челябинская область	0,57	Мурманская область	0,89
Иркутская область	0,67	Псковская область	0,56
Томская область	0,75	Краснодарский край	0,88
Камчатский край	0,51	Республика Марий Эл	0,87
Амурская область	0,59	Пермский край	0,75
Магаданская область	0,68	Свердловская область	0,80
Сахалинская область	0,95	Тюменская область	0,87
Еврейская автономная область	0,93	Челябинская область	0,52
Сектор: переработка и консервирование мяса и мясной пищевой продукции		Иркутская область	0,64
Республика Карелия	0,54	Томская область	0,72
Мурманская область	0,84	Амурская область	0,51
		Еврейская автономная область	0,87

Окончание таблицы П1

Рекомендации модели, построенной по способу 1		Рекомендации модели, построенной по способу 2	
Регион	Вероятность возникновения сектора в качестве сильного	Регион	Вероятность возникновения сектора в качестве сильного
Республика Ингушетия	0,85	Сектор: переработка и консервирование мяса и мясной пищевой продукции	
Кабардино-Балкарская Республика	0,80	Мурманская область	0,88
Чеченская Республика	0,76	Республика Ингушетия	0,90
Республика Башкортостан	0,52	Кабардино-Балкарская Республика	0,89
Оренбургская область	0,60	Чеченская Республика	0,71
Пензенская область	0,88	Республика Башкортостан	0,75
Забайкальский край	0,71	Удмуртская Республика	0,53
Томская область	0,64	Оренбургская область	0,70
Республика Саха (Якутия)	0,93	Пензенская область	0,86
Амурская область	0,61	Забайкальский край	0,72
Сахалинская область	0,55	Иркутская область	0,70
Сектор: производство пищевых продуктов		Республика Саха (Якутия)	0,93
Тульская область	0,96	Амурская область	0,61
Ярославская область	0,96	Сахалинская область	0,71
г. Москва	0,67	Сектор: производство пищевых продуктов	
Республика Ингушетия	0,56	Тульская область	0,95
Омская область	0,52	Ярославская область	0,95
Республика Саха (Якутия)	0,59	г. Москва	0,62
Сектор: производство молочной продукции		Сектор: производство молочной продукции	
Республика Коми	0,97	Республика Северная Осетия — Алания	0,95
Республика Северная Осетия — Алания	0,78	Республика Коми	0,73
Чеченская Республика	0,92	Чеченская Республика	0,92
Самарская область	0,55	Саратовская область	0,91
Саратовская область	0,88	Забайкальский край	0,62
Забайкальский край	0,51	Красноярский край	0,54
Красноярский край	0,56	Иркутская область	0,66
Иркутская область	0,64	Приморский край	0,92
Приморский край	0,91	Хабаровский край	0,84
Хабаровский край	0,87		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Любимов И.Л., Гвоздева М.А., Казакова М.В., Нестерова К.В. (2017). Сложность экономики и возможность диверсификации экспорта в российских регионах // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 2 (34). С. 94–122. [Lyubimov I.L., Gvozdeva M.A., Kazakova M.V., Nesterova K.V. (2017). Economic complexity of Russian regions and their potential to diversify. *Journal of the New Economic Association*, 2 (34), 94–122 (in Russian).]
- Afanasiev M. Yu., Kudrov A.V. (2020). Estimates of economic complexity in the structure of the regional economy. *Montenegrin Journal of Economics*, 16, 4, 43–54. DOI: 10.14254/1800–5845/2020.16–4.4
- Arrow K.J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29 (3), 155–173.
- Blien U., Wolf K. (2006). Local employment growth in West Germany: A dynamic panel approach. *Labour Economics*, 13 (4), 445–458.
- Fuchs M. (2011). The determinants of local employment dynamics in Western Germany. *Empirical Economics*, 40 (1), 177–203.
- Glodberg K., Roeder T., Gupta D., Perkins C. (2001). Eigentaste: A constant time collaborative filtering algorithm. *Information Retrieval*, 4, 133–151.
- Hartmann D. (2017). Linking economic complexity, institutions, and income inequality. *World Development*, 93, 75–93.

- Hausmann R., Hidalgo C., Bustos S., Coscia M., Simoes A., Yildirim M.A. (2011). *The atlas of economic complexity: Mapping paths to prosperity*. Cambridge: Center for International Development, Harvard University, MIT.
- Hausmann R., Hwang J., Rodrik D. (2006). What you export matters. *Journal of Economic Growth*, 12 (1), 1–25.
- Hausmann R., Klinger B. (2006). Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space. *CID Working Paper No. 128*.
- Hausmann R., Rodrik D. (2003). Economic development as selfdiscovery. *Journal of Development Economics*, 72 (2), 603–633.
- Hidalgo C.A., Hausmann R. (2009). The building blocks of economic complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (26), 10570–10575.
- Hidalgo C.A., Klinger B., Barabasi A.-L., Hausmann R. (2007). The product space conditions the development of nations. *Science*, 317 (5837), 482–487.
- Illy A., Schwartz M., Hornyh C., Rosenfeld M. (2011). Local economic structure and sectoral employment growth in German cities. *Journal of Economic and Social Geography*, 102 (5), 582–593.
- Marshall A. (1890). *Principles of Economics*. London: MacMillan.
- Neffke F., Henning M., Boschma R. (2011). How do regions diversify over time? Industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography*, 87, 3, 237–265.
- Romer P.M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94 (5), 1002–1037.
- Sciarrà C., Chiarotti G., Ridolfi L. et al. (2020). Reconciling contrasting views on economic complexity. *Nat Commun*, 11, 3352. DOI: 10.1038/s41467-020-16992-1
- Seneta E. (2006). *Non-negative matrices and Markov chains*. Berlin: Springer Science & Business Media.

Economic complexity and embedding of regional economies' structures

© 2021 M.Yu. Afanasiev, A.V. Kudrov

M.Yu. Afanasiev,

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
e-mail: mi.afan@yandex.ru

A.V. Kudrov,

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;
e-mail: kovlal@inbox.ru

Received 18.12.2020

Abstract. The research focuses on the development of localized specialization and economic diversification theories. Our task is forecasting of the emergence of new strong sectors in the region. On the basis of probabilistic and statistical modeling the model which allows estimating the probability of appearing a new strong sector in the region taking into account characteristics of economic structure is constructed. The possibility of building such a model is based on the assumption that the emergence and development of sectors is largely determined by the evolution of past economic activity. The authors introduce a model where the indicators of embedding structures of the strong sectors in the regional economies are used. These indicators are based on the probabilistic interpretation and properties of the elements of the matrix, by which economic complexity is estimated following the traditional approach. The probability of originating a strong sector in the structure for each region is estimated. Based on sorting the sectors according to the value of these probabilities and assessments of their potential contribution to socio-economic development expert assessment of the feasibility of developing a new strong sector in the region can be made. The results show that sectors' introduction and generation in the regional economy is largely due to the evolution of the past economic activity.

Keywords: regional economics, econometrics, economic complexity, embedding.

JEL Classification: C53, D51.

DOI: 10.31857/S042473880016410-0