



**НАУЧНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 338.43

Дата поступления: 28.05.2021  
рецензирования: 30.06.2021  
принятия: 27.08.2021

**Методология формирования латентных индикаторов**

**А.Ю. Трусова**

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева,  
г. Самара, Российская Федерация

E-mail: a\_yu\_ssu@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7679-9902>

**А.И. Ильина**

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара,  
Российская Федерация

E-mail: iai.62@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7624-5771>

**Аннотация:** Пищевая промышленность выступает важнейшим звеном продовольственного комплекса государства, определяя возможность его автономного существования в критических ситуациях. Данный вид промышленности играет ведущую роль в решении вопроса обеспечения населения продуктами питания в достаточном ассортименте и объемах. Пищевая отрасль востребована во всем мире, так как потребность в пище является базовой потребностью каждого человека. Уникальность пищевой промышленности России определяется тесной привязкой к региональным особенностям и, как следствие, неравномерностью размещения предприятий пищевой промышленности по территории страны. Исследование посвящено изучению взаимосвязей показателей пищевой промышленности с показателями социально-экономической сферы и формированию латентных индикаторов экономики по показателям развития пищевой промышленности на примере Приволжского федерального округа. В работе проведено многомерное изучение тесноты взаимосвязи показателей пищевой промышленности с показателями социально-экономической сферы средствами канонического анализа. Наибольшую связь показатели пищевой промышленности имеют с показателями здоровья населения, так как значимый коэффициент канонической корреляции в 2019 году составил более 0,6. В этой группе показателей анализ канонической корреляции позволил выявить, что наибольшее влияние оказывают такие показатели, как производство скота и птицы на убой, а также валовой сбор овощей. Коэффициенты при показателях общих коэффициентов рождаемости и смертности очень высокие в этих изучаемых группах. Это свидетельствует о том, что ухудшения в качестве и количестве производимой продукции, приведут к снижению рождаемости и росту уровня смертности. В работе на основе канонических переменных проведена визуализация многомерных данных и предложен способ классификации субъектов в пространстве ресурсов и потенциала. Результаты кластеризации в пространстве растительных ресурсов и торгового потенциала показывает нам, какие субъекты, имеющие близкое расположение в данном пространстве, могут обмениваться технологическим опытом и оказывать поддержку друг другу. В работе также проведено ранжирование субъектов Приволжского федерального округа с учетом степени воздействия показателей пищевой сферы в пространстве латентных индикаторов.

**Ключевые слова:** многомерные статистические методы; канонический анализ; коэффициент канонической корреляции; канонические переменные; социально-экономические показатели; латентные индикаторы; визуализация многомерных данных; классификация на латентных индикаторах; приволжский федеральный округ; динамический анализ.

**Цитирование.** Трусова А.Ю., Ильина А.И. Методология формирования латентных индикаторов // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. Т. 12, № 3. С. 179–191. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-3-179-191>.

**Информация о конфликте интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© **Трусова А.Ю., Ильина А.И., 2021**

*Алла Юрьевна Трусова* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Математика и бизнес-информатика», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

*Алла Ивановна Ильина* – старший преподаватель кафедры «Математика и бизнес-информатика», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

### **SCIENTIFIC ARTICLE**

Submitted: 28.05.2021

Revised: 30.06.2021

Accepted: 27.08.2021

## **Methodology for the latent indicators formation**

**A. Yu. Trusova**

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: a\_yu\_ssu@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7679-9902>

**A.I. Ilina**

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: iai.62@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7624-5771>

**Abstract:** The food industry is the most important link in the food realm of the country, determining the possibility of its autonomous existence in critical situations. This type of industry plays a leading role in solving the issue of providing the population with food products in a sufficient range and quantity. The food industry is in demand all over the world, since the need for food is the basic need of every person. The uniqueness of the Russian food industry is determined by its close connection to regional peculiarities and, as a result, the uneven distribution of food industry enterprises across the country. The study is devoted to the analysis of interrelationships of the food industry indicators with the indicators of the socio-economic sphere and the formation of latent indicators of the economy according to the indicators of development of the food industry on the example of the Volga Federal District. The paper presents a multidimensional study of the closeness of relationship between the indicators of the food industry and the indicators of the socio-economic sphere using canonical analysis. The indicators of the food industry have the greatest connection with the indicators of public health, since the significant coefficient of canonical correlation in 2019 was more than 0.6. In this group of indicators, the analysis of canonical correlation revealed that such indicators as the production of livestock and poultry for slaughter, as well as the gross harvest of vegetables, have the most significant influence. The coefficients for the indicators of total fertility and mortality rates are dramatically high in the studied groups. This indicates that the deterioration in the quality and quantity of products will lead to a decrease in the birth rate and an increase in the mortality rate. In this paper, based on canonical variables, the visualization of multidimensional data is carried out and a method for classifying regions in according to their resources and potential is proposed. The results of clustering focusing on the plant resources and trade potential show which territorial authorities situated close can exchange technological experience and provide support to each other. The paper also ranks the entities of the Volga Federal District, according the degree of impact of the food sector indicators with the use of latent indicators.

**Key words:** multidimensional statistical methods; canonical analysis; canonical correlation coefficient; canonical variables; socio-economic indicators; latent indicators; visualization of multidimensional data; latent indicators classification; Volga federal district; dynamic analysis.

**Citation.** Trusova A.Yu., Ilina A.I. Methodology for the latent indicators formation. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2021, vol. 12, no. 3, pp. 179–191. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2021-12-3-179-191>. (In Russ.)

**Information on the conflict of interest:** authors declares no conflict of interest.

© **Trusova A.Yu., Ilina A.I., 2021**

*Alla Yu. Trusova* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

*Alla I. Ilina* – senior lecturer of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

## **Введение**

Вопросы развития пищевой сферы в настоящее время являются актуальными и требующими постоянного мониторинга на разных уровнях государственной власти. Всестороннее изучение проблем развития показателей пищевой промышленности является важным как в теоретическом, так и в практическом аспекте научного подхода. Проект Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает комплексное решение вопросов развития пищевой промышленности, ее ресурсную и финансовую поддержку. Данная стратегия является комбинированной и направлена не только на создание требуемых условий для модернизации промышленности и формирования нового технологического устройства, но и на реализацию целей социально-экономического развития регионов. Обеспечение населения качественными продуктами питания в достаточном объеме, а также существенное наращивание объема экспорта пищевой продукции по мере насыщенности внутреннего рынка является главной стратегической целью пищевой промышленности [1].

В 2016 году в рамках стратегического планирования государственной политики по обеспечению качества и безопасности пищевых продуктов принято решение о создании единой информационной системы прослеживаемости [2]. Планируется внедрение объединенной со странами-участниками Евразийского экономического союза системы прослеживаемости с использованием современных цифровых информационно-коммуникационных технологий. Разрабатываемая система предполагает максимальную автоматизацию документооборота, сопровождающего передвижение товара [3]. В Российской Федерации уже имеется ряд автоматизированных систем, которые используются в деятельности Россельхознадзора для отслеживания и контроля продовольствия. Постоянно возникающие проблемы развития показателей пищевой промышленности, рекомендации к их решению широко обсуждаются в научной литературе [4–6].

Таким образом, изучение вопросов, связанных с такой стратегической отраслью экономики как пищевая промышленность, является весьма актуальным и практически значимым. Поток цифровых технологий оказывает влияние на эффективность производственных процессов в пищевой отрасли, обеспечивая организацию и управление процессами дистанционно, и позволяя быстро устранять технические неполадки [7]. В работе рассматриваются вопросы анализа показателей развития пищевой промышленности в Приволжском федеральном округе (ПФО).

## **Ход исследования**

Многообразие количественных и качественных методов изучения показателей пищевой промышленности позволяет широкомасштабно изучить текущие проблемы сельского хозяйства и связанных с ним сфер социальной и экономической [8–10]. Математический и информационный инструментарий позволяет активно использовать модельный подход при изучении показателей развития пищевой промышленности [11]. Многомерные статистические методы обеспечивают глубокий анализ больших объемов данных. Теоретическая связь между различными группами многомерных статистических подходов обеспечивает их грамотное сочетание, позволяющее делать наукоемкие выводы. В работе рассматривается теоретический подход канонического анализа с последующим его расширением в методологию формирования латентных факторов. Классическая теория многомерных статистических методов подчеркивает, что канонический анализ предназначен для исследования зависимости между двумя множествами переменных. Основной инструментарий канонического анализа направлен на оценку степени тесноты взаимосвязи двух групп показателей. Однако, результаты канонического анализа позволяют решить и более широкий круг задач: формирование латентных канонических переменных, визуализация многомерных данных и использование значений канонических переменных, как координат субъектов в теоретическом пространстве канонических переменных.

Исходный массив данных представляется в работе в виде двух матриц, описывающих группы показателей  $X$  и  $Y$  для 14 субъектов Приволжского федерального округа. В работе проводится оценка степени тесноты влияния изучаемых групп переменных, а также проанализирована динамика показателя тесноты влияния за изучаемый период с 2015 по 2019 год. В исследовании использовались данные из статистического сборника, содержащего информацию о развитии экономики регионов в 2015–2019 годах и данные с сайта государственной статистики. В качестве исходных данных в работе выбрано 9 показателей для каждого субъекта Приволжского федерального округа, а также значения этих показателей для Приволжского федерального округа в целом и для Российской Федерации. В работе исследовались показатели из разделов растениеводства и животноводства [12], а также значе-

ния инвестиций в данную сферу [13]. Множество  $X$  составляют показатели из разделов растениеводства и животноводства по трем годам – 2015, 2017, 2019. Исходными данными множества  $Y$  являются показатели из разделов цены и тарифы, внешнеэкономическая деятельность и здравоохранение, для 14 субъектов Приволжского федерального округа, а также значения этих показателей для Приволжского федерального округа и для Российской Федерации.

Рассмотрим расчет коэффициентов канонической корреляции для показателей пищевой и экономической сфер за 2019 год. В исследовании используются представленные в таблице 1 два блока данных за 2019 год, где  $X_1$  – валовой сбор картофеля, (тыс. тонн);  $X_2$  – валовой сбор зерна, (тыс. тонн);  $X_3$  – валовой сбор плодов и ягод, (тыс. тонн);  $X_4$  – валовой сбор овощей, (тыс. тонн);  $Y_1$  – экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, (млн. дол. США);  $Y_2$  – импорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья, (млн. дол. США). Исследуем, какое влияние оказывают выбранные факторы на экспорт и импорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья.

**Таблица 1 – Показатели первого блока анализа за 2019 год**  
**Table 1 – Indicators of the first block of analysis for 2019**

№	Субъект	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_1$	$Y_2$
1	Республика Башкортостан	852,1	3246,5	60,9	290,3	112,5	32,5
2	Республика Марий Эл	275	242,6	20,1	124,7	10,1	27,6
3	Республика Мордовия	314	1226,6	34,9	100,3	14,1	4,1
4	Республика Татарстан	1214	4167,9	108,8	343,9	195,3	59,5
5	Удмуртская Республика	393	625,9	17,2	116	3,1	16,9
6	Чувашская Республика	444,9	724,9	38,5	137,9	26,7	5,6
7	Пермский край	239,5	299,8	31	137,4	23,8	29,1
8	Кировская область	161,5	623,6	9,2	70,4	10,4	2,6
9	Нижегородская область	840,2	1218,8	64,8	191,2	243	248,9
10	Оренбургская область	131,8	2124,2	34,9	179,4	120,3	25,7
11	Пензенская область	416,4	1856,8	33,6	140,8	101	30,5
12	Самарская область	301,6	1892,6	79,5	317,1	394,9	128,1
13	Саратовская область	142	3182,2	79,6	380,6	236	173,3
14	Ульяновская область	209,6	1176,4	27,1	145,9	10,5	13

Канонический анализ начинается с построения матрицы корреляций, которая представлена в таблице 2.

**Таблица 2 – Матрица корреляции  $R$  между факторами и результативными показателями**  
**Table 2 – Correlation matrix  $R$  between factors and performance indicators**

фактор	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_1$	$Y_2$
$X_1$	1	0,5514	0,6336	0,4106	0,2809	0,2533
$X_2$	0,5514	1	0,8243	0,8504	0,5634	0,2811
$X_3$	0,6336	0,8243	1	0,9142	0,8032	0,5987
$X_4$	0,4106	0,8504	0,9142	1	0,7903	0,5566
$Y_1$	0,2809	0,5634	0,8032	0,7903	1	0,7735
$Y_2$	0,2533	0,2811	0,5987	0,5566	0,7735	1

Теория канонического анализа предполагает использование матрицы корреляции в блочном виде, а именно, представленном в таблице 3.

**Таблица 3 – Блочный вид исходной матрицы корреляции**  
**Table 3 – Block view of the original correlation matrix**

R <sub>11</sub>				R <sub>12</sub>	
1	0,5514	0,6336	0,4106	0,2809	0,2533
0,5514	1	0,8243	0,8504	0,5634	0,2811
0,6336	0,8243	1	0,9142	0,8032	0,5987
0,4106	0,8504	0,9142	1	0,7903	0,5566
R <sub>21</sub>				R <sub>22</sub>	
0,2809	0,5634	0,8032	0,7903	1	0,7735
0,2533	0,2811	0,5987	0,5566	0,7735	1

Далее средствами линейной алгебры, формируется матрица  $C = R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$ , для которой рассчитываются собственные значения и собственные векторы. В таблице 4 представлена матрица  $C$ , собственные значения и коэффициенты канонической корреляции.

**Таблица 4 – Матрица C, собственные значения и коэффициенты канонической корреляции**  
**Table 4 – Matrix C, eigenvalues and canonical correlation coefficients**

C		Собственные значения	Коэффициент канонической корреляции
0,7471	0,4447	0,7612	0,872
0,0179	0,1953	0,1812	0,426

Квадратные корни из собственных значений матрицы  $C$  являются оценками коэффициентов канонической корреляции  $r$ . Канонические переменные представляются линейными комбинациями  $U = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_gx_g$ , и  $V = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_py_p$ . Коэффициенты  $a_{ij}$  определяются по формуле  $A=(R_{11}^{-1}R_{12})/\lambda$ . Коэффициенты  $b_{ij}$  – собственные значения матрицы  $C$ .

Проверка значимости канонической корреляции, проводилась с использованием критерия Бартлетта. В таблице 5 представлен сводный результат канонического анализа: значения коэффициентов канонической корреляции, линейные комбинации канонических переменных, а также значения наблюдаемого и критического  $\chi^2$ -критерия на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

**Таблица 5 – Результаты канонического анализа за 2019 год**  
**Table 5 – Results of the canonical analysis for 2019**

Коэффициент канонической корреляции	Канонические переменные	Расчетное $\chi^2$	Табличное $\chi^2$
$r_1=0,87$	$U_1 = -0,033x_1 - 0,011x_2 + 1,358x_3 + 0,097x_4$	3,0313	2,7326
	$V_1 = 0,262y_1 + 0,014y_2$		
$r_2=0,43$	$U_2 = 0,002x_1 - 0,001x_2 - 0,0003x_3 + 0,007x_4$	1,3917	0,3518
	$V_2 = -0,007y_1 + 0,014y_2$		

Аналогичные результаты канонического анализа за 2015 и 2017 года представлены в таблицах 6 и 7 соответственно.

Как видно из таблиц, влияние сбора зерновых имеет отрицательную тенденцию в суммарный накопительный эффект по изучаемым показателям, что может быть обусловлено в том числе и фактором погоды. Показатель сбора плодов и ягод имеет во всех годах положительную тенденцию. Это свидетельствует о хорошем развитии частного предпринимательства по этим видам растениеводства. Валовой сбор овощей показывает, что уровень развития овощеводства необходимо поднимать. Нестабильным можно охарактеризовать влияние показателя, характеризующего сбор картофеля. Отрицательное влияние на суммарный накопительный эффект в 2015 году, сменяется на положительное по показателям 2017 года, однако в 2019 году вновь возвращается отрицательное влияние. Данная колеблемость определяется фактором климатических условий изучаемого периода. Отрицательное влияние имеет валовой сбор зерна. Необходимо на государственном уровне решать задачи по разви-

тию направления зерновых. Экспорт и импорт как показатели имеют стабильную тенденцию. Однако экспорт необходимо расширять в данной части сельскохозяйственных факторов.

**Таблица 6 – Результаты канонического анализа за 2015 год**  
**Table 6 – Results of the canonical analysis for 2015**

Коэффициент канонической корреляции	Канонические переменные	Расчетное $\square^2$	Табличное $\square^2$
$r_1=0,97$	$U_1 = -0,008x_1 - 0,002x_2 + 0,191x_3 + 0,028x_4$	1,0543	2,7326
	$V_1 = 0,045y_1 + 0,016y_2$		
$r_2=0,73$	$U_2 = 0,001x_1 - 0,001x_2 + 0,046x_3 - 0,004x_4$	2,9775	0,3518
	$V_2 = -0,009y_1 + 0,016y_2$		

**Таблица 7 – Результаты канонического анализа за 2017 год**  
**Table 7 – Results of the canonical analysis for 2017**

Коэффициент канонической корреляции	Канонические переменные	Расчетное $\square^2$	Табличное $\square^2$
$r_1=0,88$	$U_1 = 0,0005x_1 - 0,0004x_2 + 0,018x_3 - 0,0084x_4$	2,5575	2,7326
	$V_1 = -0,016y_1 + 0,014y_2$		
$r_2=0,63$	$U_2 = -0,0008x_1 - 0,0006x_2 + 0,06x_3 + 0,003x_4$	2,6114	0,3518
	$V_2 = -0,0037y_1 + 0,014y_2$		

Аналогичная методика использовалась при получении оценки коэффициентов канонической корреляции показателей пищевой сферы и индексов цен за 2019 год. В частности, использовались показатели:  $X_5$  – производство молока, (тыс. тонн);  $X_6$  – производство яиц, (млн. штук);  $Y_3$  – индексы потребительских цен на продовольственные товары, (%);  $Y_4$  – индексы цен производителей сельскохозяйственной продукции, (в % к предыдущему году);  $Y_5$  – индексы приобретения товаров и услуг сельскохозяйственными организациями, (в % к предыдущему году). Результаты канонического анализа показателей пищевой сферы и индексов цен за 2019 год представлены в таблице 8.

Анализ таблицы 8 показывает, что степень тесноты взаимосвязи показателей пищевой сферы с индексами цен, является слабой ( $r = 0,35$ ). Производство овощей ( $X_4$ ) оказывает наиболее сильное влияние на индексы цен, так как коэффициент при нем наибольший. Также достаточно сильное влияние оказывают производство скота и птицы на убой ( $X_7$ ) и валовой сбор картофеля ( $X_1$ ).

Коэффициенты при второй канонической переменной говорят о том, что при росте показателей пищевой сферы индексы цен производителей сельскохозяйственной продукции ( $Y_4$ ) будут снижаться, и еще более значительно упадут индексы потребительских цен на продовольственные товары ( $Y_3$ ), индексы приобретения товаров и услуг с/х организациями ( $Y_5$ ) напротив будут расти.

**Таблица 8 – Результаты канонического анализа показателей пищевой сферы и индексов цен за 2019 год**

**Table 8 – Results of the canonical analysis of indicators of the food sector and price indices for 2019**

Коэффициент канонической корреляции	Канонические переменные	Расчетное $\square^2$	Табличное $\square^2$
$r_1=0,84$	$U_1 = 0,004x_1 - 0,0004x_2 - 0,003x_4 - 0,002x_5 + 0,002x_6$	2,535	7,261
	$V_1 = -0,207y_3 + 0,0658y_4 + 0,64y_5$		
$r_2=0,59$	$U_2 = -0,003x_1 - 0,004x_2 + 0,025x_4 + 0,009x_5 + 0,0034x_6$	2,383	2,733
	$V_2 = 2,295y_3 - 0,28y_4 + 0,64y_5$		
$r_3=0,35$	$U_3 = -0,08x_1 + 0,002x_2 - 0,43x_4 + 0,038x_5 - 0,092x_6$	0,747	0,352
	$V_3 = -54,03y_1 - 15,96y_2 + 0,64y_3$		

Вопросы мониторинга здоровья населения являются также актуальными [14; 15]. В настоящем исследовании также рассматривается взаимосвязь блоков показателей пищевой промышленности и показателей здоровья и качества жизни населения. Показатели множества  $X$  – производство молока ( $X_5$ ), яиц ( $X_6$ ), скота и птицы на убой ( $X_7$ ), меда ( $X_4$ ), а также сбор овощей ( $X_8$ ) и инвестиции в сельское хозяйство, охоту и лесное хозяйство ( $X_9$ ). Группа показателей здоровья состоит из показателя заболеваемости на 1000 человек населения ( $Y_6$ ) и общих коэффициентов рождаемости ( $Y_7$ ) и смертности ( $Y_8$ ). Сводный результат представлен в таблице 9.

**Таблица 9 – Результаты канонического анализа с применением показателей здоровья и качества уровня жизни за 2019 год**  
**Table 9 – Results of canonical analysis using indicators of health and quality of living standards for 2019**

Коэффициент канонической корреляции	Канонические переменные	Расчетное $\square^2$	Табличное $\square^2$
$r_1=0,89$	$U_1 = -0,003x_5 + 0,0004x_6 - 0,014x_7 + 0,0007x_4 + 0,004x_8 + 0,0003x_9$ $V_1 = -0,006y_6 + 0,13y_7 + 0,97y_8$	1,198	9,39
$r_2=0,78$	$U_2 = 0,0012x_5 - 0,00014x_6 - 0,015x_7 + 0,001x_4 + 0,0001x_8 + 0,0002x_9$ $V_2 = -0,026y_6 + 3,44y_7 + 0,97y_8$	2,408	3,94
$r_3=0,62$	$U_3 = -0,00013x_5 + 0,00013x_6 - 0,004x_7 + 0,0002x_4 - 0,0009x_8 - 0,00009x_9$ $V_3 = 0,006y_6 + 0,76y_7 + 0,972y_8$	1,799	0,711

В блоке анализа взаимосвязь пищевой сферы и уровня здоровья населения при значимом коэффициенте канонической корреляции наибольшее влияние оказывают такие показатели, как производство скота и птицы на убой ( $X_7$ ), а также валовый сбор овощей ( $X_8$ ). Коэффициенты при показателях общих коэффициентов рождаемости ( $Y_7$ ) и смертности ( $Y_8$ ) очень высокие. Это свидетельствует о том, что ухудшения в качестве и количестве производимой продукции, приведут к снижению рождаемости и росту уровня смертности.

Оценка уровня развития любой отрасли региона является довольно сложной задачей, так как необходимо одновременно учесть значения сразу многих показателей данной отрасли. Введем два индикатора развития экономики по показателям пищевой промышленности для того, чтобы оценить положение субъектов Приволжского федерального округа по степени развитости производительности отрасли сельского хозяйства и экспорту и импорту продукции данной отрасли: растительные резервы ( $U$ ) и торговый потенциал сельского хозяйства ( $V$ ).

Индикатор  $U$  включает в себя уровни таких показателей как валовые сборы картофеля ( $X_5$ ), зерна ( $X_6$ ), плодов и ягод ( $X_7$ ), а также овощей ( $X_8$ ). А индикатор  $V$  – уровни экспорта ( $Y_4$ ) и импорта ( $Y_5$ ) продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья.

Численные значения канонических переменных для каждого субъекта ПФО рассчитываются матричным умножением соответствующего массива исходных значений  $X$  и  $Y$  на вектор коэффициентов  $A$  и  $B$  соответственно. Значения канонических переменных являются оценкой результативного влияния всех показателей, что позволяет ввести индикаторы латентности. В таблице 10 представлены значения индикаторов латентности  $U$  и  $V$  для каждого субъекта ПФО за три изучаемых периода.

Индикатор латентности  $U$  отражает суммарное накопительное влияние всех показателей по каждой группе отдельно для субъектов Приволжского федерального округа в его общий сельскохозяйственный запас, то есть ресурсные возможности округа. Индикатор латентности  $V$  отражает суммарное накопительное влияние всех показателей по каждой группе отдельно для субъектов Приволжского федерального округа в его общий сельскохозяйственный торговый потенциал.

Динамика значимых коэффициентов канонической корреляции между показателями пищевой и экономической сферы характеризуется тенденцией ослабления степени тесноты взаимосвязи. В частности, в 2015 году сильная связь ( $r = 0,72$ ) снижается за два года до умеренной связи ( $r = 0,63$ ),

а еще через два года, в 2019 году теснота связи изучаемых групп показателей сильно снижается до слабой связи ( $r = 0,43$ ). В 2015 году суммарное накопительное влияние растительных резервов оказывает существенное влияние на торговый потенциал, но в последующие годы наблюдается снижение данного влияния. Так, за период с 2015 по 2017 годы уровень влияния снизился на 13 %, а к 2019 году еще на 32 % по отношению к 2017 году. В целом уровень накопительного влияния растительных резервов на торговый потенциал за 4 года снизился на 40 %. В 2015 и 2017 годах наибольшее положительное влияние оказывает показатель валового сбора плодов и ягод ( $X_7$ ), к 2017 году его влияние увеличивается на 29 %. В 2019 году данный показатель оказывает отрицательное влияние, а максимальный положительный вклад приносит показатель валового сбора овощей ( $X_8$ ). Показатель, оказывающий максимальное отрицательное влияние, каждый год различен: в 2015 году – валовый сбор овощей ( $X_8$ ), в 2017-м – валовой сбор картофеля ( $X_5$ ), в 2019 году – валовой сбор зерна ( $X_6$ ). Данные изменения объясняются изменениями в урожайности той или иной культуры, которые могут быть связаны с погодными условиями и размерами засеваемой площади.

**Таблица 10 – Индикаторы латентности пищевой промышленности**  
**Table 10 – Indicators of food processing latency**

Субъекты		2015 $r = 0,72$		2017 $r = 0,63$		2019 $r = 0,43$	
		U	V	U	V	U	V
1	Республика Башкортостан	-1,0906	0,09058	1,01413	0,21434	-0,01	-0,2985
2	Республика Марий Эл	0,27976	0,38942	0,44493	0,12705	1,05881	0,30653
3	Республика Мордовия	0,03847	0,14408	0,2505	0,08489	-0,0882	-0,0371
4	Республика Татарстан	0,37735	-0,3422	1,62193	0,13438	-0,0569	-0,4766
5	Удмуртская Республика	0,25985	0,03458	0,4277	0,04674	0,77233	0,20791
6	Чувашская Республика	0,46869	-0,0095	0,54224	0,01988	0,89901	-0,0994
7	Пермский край	0,63639	0,13244	2,18663	0,28896	1,03636	0,23699
8	Кировская область	-0,2033	0,0289	0,48699	0,15986	0,10282	-0,0331
9	Нижегородская область	2,23161	2,41129	2,17253	2,76439	1,34989	1,76854
10	Оренбургская область	-0,7469	-0,2278	0,28797	0,24288	-0,7092	-0,4414
11	Пензенская область	-0,4513	-0,0293	0,03396	0,13587	-0,2944	-0,2501
12	Самарская область	-0,2792	0,99855	1,74681	1,17019	0,77339	-0,8585
13	Саратовская область	-0,704	-1,2772	0,52205	0,45638	-0,3352	0,79347
14	Ульяновская область	-0,0908	-0,0271	0,60852	0,03575	0,14637	0,10674

Как видно, усредненное влияние компонент канонических переменных является одинаковым на все субъекты округа, но каждый субъект имеет различные численные значения латентного индикатора  $U$ , в связи с этим важно сочетать реальные и интегральные показатели. На основе накопительных индикаторов латентности  $U$  и  $V$  важной является оценка численного значения суммарного торгово-ресурсного потенциала (ТРП), который представляется суммой значений индикаторов латентности  $U$  и  $V$ . Значения данного показателя для каждого субъекта за 2015, 2017 и 2019 года представлены в таблице 11.

Наибольшее значения показателя торгово-ресурсного потенциала во всех периодах имеет Нижегородская область, высокие значения отобранных показателей пищевой промышленности оказывают большое положительное влияние на экспорт региона, но при этом стоит отметить, что данная область имеет также достаточно высокие показатели импорта, что может оказывать особенное воздействие на показатель региона. Графическое изображение субъектов ПФО по величине суммарного ресурсно-торгового потенциала по показателям за 2017 год на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, только 5 субъектов ПФО имеют величину суммарного латентного показателя выше единицы, а именно Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Пермский край, Нижегородская область, Самарская область. Остальные регионы в значительной степени отстают, имея величину суммарного латентного показателя ниже единицы.

Для сравнительного анализа этот же показатель иллюстрируется на рисунке 2 по данным за 2019 год.

**Таблица 11– Суммарный ресурсно-торговый потенциал субъектов ПФО Table 11 – Total resource and trade potential of the Volga Federal District subjects**

№	Субъект	2015	2017	2019
1	Республика Башкортостан	-1,00001	1,228469	-0,30847
2	Республика Марий Эл	0,669173	0,571983	1,36534
3	Республика Мордовия	0,182558	0,335389	-0,12521
4	Республика Татарстан	0,035122	1,756311	-0,53344
5	Удмуртская Республика	0,294434	0,474438	0,980236
6	Чувашская Республика	0,459157	0,562121	0,799634
7	Пермский край	0,768828	2,475582	1,273345
8	Кировская область	-0,17443	0,64685	0,069761
9	Нижегородская область	4,642899	4,936922	3,118435
10	Оренбургская область	-0,97464	0,53085	-1,1506
11	Пензенская область	-0,48062	0,169828	-0,54453
12	Самарская область	0,719321	2,916996	-0,08507
13	Саратовская область	-1,98119	0,978431	0,458314
14	Ульяновская область	-0,11794	0,644271	0,253107

Как видно из рисунков 1 и 2, шесть субъектов ПФО ухудшили свои показатели в рамках ресурсно-торгового потенциала, что является основанием для глубокого анализа причин и разработки стратегии развития регионов. На основе канонических переменных проводится другая визуализация многомерных данных. Для этого используются численные значения латентных индикаторов U и V. На рисунке 3 представлена графическая визуализация субъектов ПФО в пространстве латентных индикаторов по показателям за 2019 год.

Как видно из рисунка 3, все субъекты располагаются по четырем группам. Для каждой группы проводится оценка координат центра тяжести кластера. Это позволяет охарактеризовать субъекты ПФО не только индивидуально, но и комплексно в пространстве ресурсов и потенциала сельскохозяйственной сферы. На рисунке 4 для сравнения представлена визуализация субъектов ПФО в пространстве латентных индикаторов по показателям за 2017 год. Из рисунков видны пространственно-временные изменения субъектов ПФО. Это позволяет детально учитывать не только степень тесноты взаимосвязи групп показателей, но их суммарно-накопительное влияние в целом. Таким образом, представленная визуализация многомерных данных с учетом межгрупповой корреляции показателей позволяет проводить глубокий анализ по результатам выявления структурно однородных групп кластеров. А также выявлять причины динамических изменений.

В частности, результаты кластеризации в пространстве растительных ресурсов и торгового потенциала показывают, какие субъекты, имеющие близкое расположение в данном пространстве, могут обмениваться технологическим опытом и оказывать поддержку друг другу.

Таким образом, методология формирования латентных индикаторов включает применение алгоритма канонического анализа, по его результатам проводится расчет латентных величин канонических переменных для всех изучаемых субъектов. Смысловой содержательный анализ канонических переменных как линейных комбинаций исходных данных позволяет выявить максимально влияющие показатели и изучить динамику их изменения. Рассчитанные латентные индикаторы позволяют графически изобразить субъекты исследования.

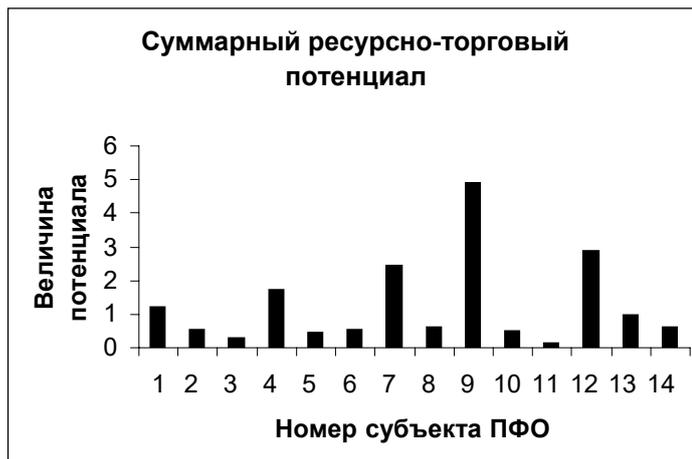


Рисунок 1 – Накопительное влияние всех показателей субъектов ПФО (2017 год)  
 Figure 1 – Cumulative influence of all indicators of the VFD subjects (2017)

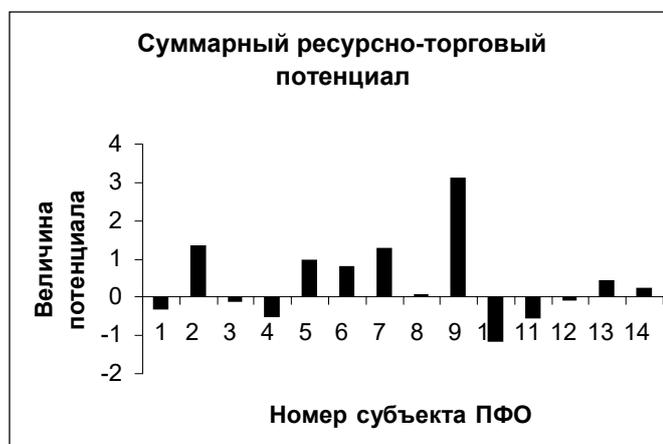


Рисунок 2 – Накопительное влияние всех показателей субъектов ПФО (2019 год)  
 Figure 2 – Cumulative effect of all indicators of the subjects of the Volga Federal District (2019)

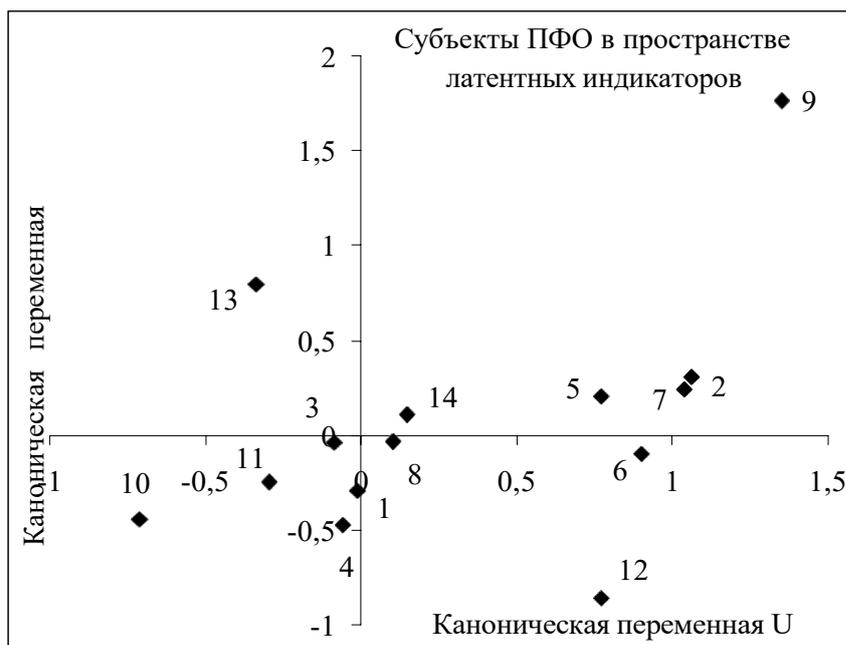


Рисунок 3 – Субъекты ПФО в пространстве латентных канонических переменных  
 Figure 3 – Subjects of the VFD in the space of latent canonical variables



Рисунок 4 – Субъекты ПФО в пространстве латентных канонических переменных по данным за 2017 год

Figure – Subjects of the Volga Federal District in the space of latent canonical variables according to data for 2017

#### Полученные результаты и выводы

В работе проведено многомерное изучение тесноты взаимосвязи показателей пищевой промышленности с показателями социально-экономической сферы средствами канонического анализа. Наибольшую связь показатели пищевой промышленности имеют с показателями здоровья населения, так как значимый коэффициент канонической корреляции в 2019 году составил более 0,6. В этой группе показателей анализ канонической корреляции позволил выявить, что наибольшее влияние оказывают такие показатели, как производство скота и птицы на убой, а также валовой сбор овощей. Коэффициенты при показателях общих коэффициентов рождаемости и смертности очень высокие. Это свидетельствует о том, что ухудшения в качестве и количестве производимой продукции, приведут к снижению рождаемости и росту уровня смертности. При изучении взаимосвязи с показателями экспорта и импорта коэффициент канонической корреляции имеет значение 0,43, что свидетельствует о слабой связи изучаемых групп показателей. Доминирующим показателем в значимой канонической корреляции является показатель валового сбора овощей, а наименьшее влияние на показатели экспорта и импорта оказывает показатель валового сбора плодов и ягод. В блоке анализа взаимосвязи с индексами цен коэффициент канонической корреляции составил 0,35. Производство овощей оказывает наиболее сильное влияние на индексы цен. Также достаточно сильное влияние оказывают производство скота и птицы на убой и валовой сбор картофеля. В работе на основе канонических переменных проведена визуализация многомерных данных и предложен способ классификации субъектов в пространстве ресурсов и потенциала. Результаты кластеризации в пространстве растительных ресурсов и торгового потенциала показывает нам, какие субъекты, имеющие близкое расположение в данном пространстве, могут обмениваться технологическим опытом и оказывать поддержку друг другу.

#### Библиографический список

1. Проект Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. URL: <https://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2019/11/proekt-strategyu-razvytyja-pyschevoj-y-pererabatyvajuschej-promyshlennosty-rf.pdf>.

2. Бондарева С.А. Внедрение системы прослеживаемости пищевых продуктов в условиях цифровой экономики [Текст] // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Новые подходы к разработке технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции». 2018. С. 412–417.
3. Батталова А.Р. Продовольственная безопасность в регионах Приволжского Федерального округа // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2016. № 44. С. 188–195. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27674943>.
4. Садекова Н.Х. Развитие пищевой промышленности России в условиях импортозамещения // Продовольственная политика и безопасность. 2016. Т. 3, № 2. С. 77–90. URL: <http://doi.org/10.18334/ppib.3.2.35798>.
5. Ялунина Е.Н., Гаянова В.М. Повышение эффективности развития пищевой промышленности в России с помощью инструментов стратегического управления // Российское предпринимательство. 2014. № 17 (263). С. 120–133. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21981483>.
6. Хабазина Л.Н., Зыряева Н.П. Развитие пищевой промышленности в составе агропромышленного комплекса региона // Вестник российского университета кооперации. 2016. № 2 (24). С. 70–73. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26561151>.
7. Кузьмина А.О. Современное состояние и тенденции развития пищевой промышленности России // Молодой ученый. 2019. № 17 (255). С. 149–152. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37527686>.
8. Орлова И.В., Турундаевский В.Б. Многомерный статистический анализ при исследовании экономических процессов // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 5–2. С. 263–264. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23379095>.
8. Гаврилец Ю.Н. Статистический анализ факторов социальной напряженности в России [Текст] / Ю.Н. Гаврилец, К.В. Клименко, А.В. Кудров // Экономика и математические методы. 2016. № 52 (1). С. 45–66. URL: <http://www.cemi.rssi.ru/emm/files/2016-01-Gavriletc.pdf>; <https://elibrary.ru/item.asp?id=25908874>.
9. Боуш Г.Д., Куликова О.М. Агентное моделирование процессов кластерообразования в региональных экономических системах // Экономика региона. 2016. Т. 12, Вып. 1. С. 64–77. DOI: <http://doi.org/10.17059/2016-1-5>.
10. Тихомиров Н.П. Методы эконометрики и многомерного статистического анализа [Текст] / Н. П. Тихомиров, Тихомирова Т.М., Ушмаев О.С. – Москва: Экономика, 2017. 989 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26761323>.
11. Кузьмина А.О., Жерноклеева А.С. Современное состояние и тенденции развития пищевой промышленности // Молодой ученый. 2019. № 17 (255). С. 149–152. URL: <https://moluch.ru/archive/255/58540/>; <https://elibrary.ru/item.asp?id=37527686>.
12. Пранов, Б.М. Моделирование экономико-управленческих аспектов устойчивого развития на региональном уровне посредством многомерного статистического анализа [Текст] / Б.М. Пранов, Т.В. Рассохина, И.А. Ронжина. Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2019. 190 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41269920>.
13. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2020 г. [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
14. Инвестиции в основной капитал по видам экономической деятельности по субъектам Российской Федерации: // Федеральная служба государственной статистики. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/invest\\_sub.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/invest_sub.xlsx).
15. Локосов В.В., Рюмина Е.В., Ульянов В.В. Макрорегионы России: характеристика человеческого потенциала // Народонаселение. 2018. Т. 21. № 3. С. 37–51. DOI: <http://doi.org/10.26653/1561-7785-2018-21-3-03>.
16. Улумбекова Г.Э., Прохоренко Н.Ф., Калашникова А.В., Гинойн А.Б. Системный подход к достижению общенациональной цели по увеличению ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет к 2024 году // Экономика. Налоги. Право. 2019. Т. 12, № 2. С. 19–30. DOI: <http://doi.org/10.26794/1999-849X-2019-12-2-19-30>.

## References

1. Strategy project for the development of the food and processing industry of the Russian Federation for the period up to 2030. Retrieved from the website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Available at: <https://barley-malt.ru/wp-content/uploads/2019/11/proekt-strategyy-razvytyja-pyschevoj-y-pererabatyvajuschej-promyshlennosti-rf.pdf>. (In Russ.)
2. Bondareva S.A. Implementation of the food traceability system in the digital economy. In: *Collection of articles of the International research and practical conference @New approaches to the development of technologies for the production and processing of agricultural products@*, 2018, pp. 412–417. (In Russ.)
3. Battalova A.R. Food security in the regions of the Volga Federal District. *Izvestiya Saint Petersburg State Agrarian University*, 2016, no. 44, pp. 188–195. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27674943>. (In Russ.)
4. Sadekova N.Kh. The development of the Russian food industry in the conditions of import substitution. *Food Policy and Security*, 2016, vol. 3, no. 2, pp. 77–90. DOI: <http://doi.org/10.18334/ppib.3.2.35798>. (In Russ.)
5. Yalunina Ye.N., Gayanova V.M. Improving the efficiency of the food industry in Russia using the tools of strategic management. *Rossiyskoe predprinimatelstvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2014, no. 17 (263), pp. 120–133. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21981483>. (In Russ.)
6. Habazina L.N., Zyryaeva N.P. Development of the food industry as the part of agro-industrial complex of the region. *Vestnik of the Russian University of Cooperation*, 2016, no. 2 (24), pp. 70–73. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26561151>. (In Russ.)
7. Kuzmina A.O. Current state and trends in the development of the Russian food industry. *Molodoi uchenyi*, 2019, no. 17 (255), pp. 149–152. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37527686>. (In Russ.)
8. Orlova I.V., Turundaevsky V.B. Multidimensional statistical analysis in the study of economic processes. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, 2015, no. 5–2, pp. 263–264. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23379095>. (In Russ.)
9. Gavrilets Yu.N., Klimenko K.V., Kudrov A.V. Statistical Analysis of the Social Tension Factors in Russia. *Economics and Mathematical Methods*, 2016, vol. 52, no. 1, pp. 45–66. Available at: <http://www.cemi.rssi.ru/emm/files/2016-01-Gavriletc.pdf>; <https://elibrary.ru/item.asp?id=25908874>. (In Russ.)
10. Boush G.D., Kulikova O.M., Shelkov I.K. Agent modeling of cluster formation processes in regional economic systems. *Economy of Region*, 2016, vol. 12, issue 1, pp. 64–77. DOI: <http://doi.org/10.17059/2016-1-5>. (In Russ.)
11. Tikhomirov N.P., Tikhomirova T.M., Ushmaev O.S. Methods of econometrics and multivariate statistical analysis: textbook. Moscow: Ekonomika, 2017, 989 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26761323>. (In Russ.)
12. Kuzmina A.O., Zhernokleeva A.S. Current state and development trends of the food industry. *Molodoi uchenyi*, 2019, no. 17 (255), pp. 149–152. Available at: <https://moluch.ru/archive/255/58540/>; <https://elibrary.ru/item.asp?id=37527686>. (In Russ.)
13. Pranov B.M., Rassokhina T.V., Ronzhina I.A. Modeling of economic and managerial aspects of sustainable development at the regional level through multidimensional statistical analysis. Moscow: Izdatel'skii dom «Delo» RANKhiGS, 2019, 190 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41269920>. (In Russ.)
14. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2020. Retrieved from the website of the Federal State Statistics Service. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>.
15. Investments in fixed capital by types of economic activity in the subjects of the Russian Federation. Retrieved from the website of the Federal State Statistics Service. Available at: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/invest\\_sub.xlsx](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/invest_sub.xlsx). (In Russ.)
16. Lokosov V.V., Ryumina E.V., Ulyanov V.V. Macroregions of Russia: characteristics of human potential. *Population*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 37–51. DOI: <http://doi.org/10.26653/1561-7785-2018-21-3-03>. (In Russ.)
17. Ulumbekova G.E., Prokhorenko N.F., Ghinoyan A.B., Kalashnikova A.V. A system approach to achieving the national goal of increasing life expectancy to 78 years by 2024. *Economics. Taxes. Law*, 2019, vol. 12, no. 2, pp. 19–30. DOI: <http://doi.org/10.26794/1999-849X-2019-12-2-19-30>.