

УДК 330.38

UDC 330.38

08.00.00 Экономические науки

Economics sciences

**ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА
В САХАРНОЙ ОТРАСЛИ АПК (ЧАСТЬ 2 – КРОСС-
КОРРЕЛЯЦИЯ)****THE USE OF CORRELATION ANALYSIS IN
AIC SUGAR INDUSTRY (PART 2 – CROSS-
CORRELATE)**

Жмурко Даниил Юрьевич

Zhmurko Daniil Yurevich

канд. экон. наук, доцент

Cand.Econ.Sci., associate professor

РИНЦ SPIN-код автора: 1543-2028

RISC SPIN-code: 1543-2028

*danis1982@list.ru.**danis1982@list.ru.**Краснодарский университет МВД РФ, 350005
Россия, Краснодар, ул. Ярославская 128.**Krasnodar University of the Ministry of internal
Affairs of the Russian Federation, Krasnodar, Rus-
sia*

Статья посвящена вопросам практического применения экономико-математических методов (на основе корреляционного анализа) для управления экономическими параметрами интегрированных производственных систем сахарного подкомплекса АПК (ИПС СП), ориентированных на удовлетворения потребностей в сахарной продукции населения не только отдельных субъектов, но регионов и страны в целом. В статье рассматриваются и решаются следующие элементы анализа: автокорреляционные и частные автокорреляционные функции, кросскорреляционные функции (корреляционные матрицы) изучаемых макроэкономических временных рядов с соответствующей проверкой (тестом Дарбина – Уотсона). В исследовании использовались программы Statistica, MS Excel и надстройка Xlstat. В работе описываются эксперименты, проводимые с различного рода нестационарными временными рядами показателей аграрного сектора и пищевой промышленности сахарного подкомплекса, а также результаты проверки на тесноту связи между ними. Выявлены отраслевые циклы. Приведены результаты вычислительных экспериментов автокорреляции временных рядов производства сахара, посевных площадей, валового сбора и урожайности сахарной свеклы и сахарного тростника по странам. Систематизированно изложены идеи и методы, лежащие в основе корреляционного анализа. Дается оценка полученным результатам корреляционного анализа по каждому виду. В дальнейшем можно предположить, что апробация предложенных методов позволит в значительной степени влиять на ключевые моменты при выработке рекомендаций для новых моделей производства сахарной продукции, ориентированной на рынок – это приведет к минимизации времени и стоимости готового продукта, что сделает более устойчивыми позиции в секторе для данной интегрированной производственной системы по отношению к ее конкурентам

This article is devoted to the practical application of economic-mathematical methods (based on correlation analysis) to control the economic parameters of the integrated production systems sugar subcomplex (IPS SS) AIC oriented to meet the needs in the sugar production of the population not only of individuals, but also of the regions and the country as a whole. This article discusses and solves the following tasks: autocorrelation and partial autocorrelation functions, cross-correlation function (correlation matrix) study of deciduous macroeconomics series, with appropriate verification (test) Durbin - Watson. The study used Statistica, MS Excel and Xlstat add-in. The work describes experiments with various kinds of non-stationary time series of the agricultural sector and food industry sugar subcomplex, as well as the test results on the difficulty of communication between them. We have identified industry-high cycles. The article presents results of numerical experiments autocorrelation of the time series of sugar production, acreage, gross harvest and yield of sugar beet and sugar cane, by country. Systematically, we describe ideas and methods underlying the correlation analysis. We have given the evaluation of the results of correlation analysis on each type. Further, it can be assumed that the proposed techniques will greatly affect a key points when making recommendations for new models of production of sugar products, market-oriented – this will minimize the time and cost of the finished product that will make a more stable position in the sector for this integrated production system in relation to its competition

Ключевые слова: КОРРЕЛЯЦИЯ, ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА, КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ, АГРАРНЫЕ ЦИКЛЫ, КОРРЕЛОГРАММЫ, КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МАТРИЦА, КОРРЕЛЯЦИОННОЕ ПОЛЕ, ЛАГ, КРОССКОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ

Keywords: CORRELATION, DESCRIPTIVE STATISTICS, CORRELATION ANALYSIS, AGRICULTURAL CYCLES, CORRELOGRAMS, CORRELATION MATRIX, CORRELATION FIELD, LAG, CROSS-CORRELATION

Данная статья является продолжением предыдущей работы и посвящена решению задач корреляционного анализа.

3. Кросскорреляционная функция во временных рядах

Кросскорреляционная функция – это величина, характеризующая взаимную зависимость двух случайных величин X и Y , причем безразлично, определяется ли она некоторой причинной связью или просто случайным совпадением (ложной корреляцией)¹. Для того чтобы определить эту зависимость, рассмотрим новую случайную величину – произведение отклонения значений x от его среднего M_x и отклонения y от своего среднего M_y . Среднее значение новой случайной величины составит:

$$r_{xy} = M\{(x - M_x)(y - M_y)\}.$$

Это среднее получило название *корреляционной функции*, или *ковариации*. На ее основе строится *коэффициент корреляции (линейный коэффициент корреляции Пирсона)*:

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}. \quad (3)$$

При нелинейной зависимости аналогичный показатель носит название *индекса корреляции*.

Если x и y независимы, то $R_{xy} = 0$. Если же x и y зависимы, то обычно R_{xy} находится в пределах от 1 до 0. Причем в тех случаях, когда зависимость полная, то либо $R_{xy} = 1$ (x и y растут или уменьшаются одновременно), либо $R_{xy} = -1$ (при увеличении одной из них другая уменьшается). Следовательно, коэффициент корреляции может изменяться от -1 до $+1$. Качественная характеристика силы связи зависит от значения коэффициента (шкалы) Чеддока. Так, при $[0,1; 0,3]$ – слабая; при $[0,3; 0,5]$ – умерен-

¹ Корреляция // Электронный ресурс. [Режим доступа]: http://economic_mathematics.academic.ru/2178/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F.

ная; при $[0,5; 0,7]$ – заметная; при $[0,7; 0,9]$ – высокая; при $[0,9; 1]$ – весьма высокая.

Взаимная корреляционная функция используется для выявления статистической зависимости величин при обработке данных. Наряду с указанной (9) используется ряд формул эмпирического определения тесноты корреляционной связи между наблюдаемыми признаками исследуемых величин [6].

Для того чтобы установить тесноту корреляционных связей двух признаков данной величины, в описательной статистике используются корреляционные поля. Чтобы построить такие поля, необходимо придерживаться схем (графиков) особого типа, которые называются диаграммами разброса, (рассеивания в MS Excel это – *точечная*).

Диаграмма разброса (*Scatter diagram* – корреляционная диаграмма) строится как график зависимости между двумя параметрами, что позволяет определить, есть ли взаимосвязь между этими параметрами (рисунки 39 и 40).

Диаграмма разброса (рассеяния)² строится в следующем порядке: по горизонтальной оси откладываются измерения величин одной переменной, а по вертикальной оси – другой. Полученные пары данных наносят точками на график и анализируют результат. Если корреляция на схеме не проявляется, то можно попробовать построить график в *логарифмическом масштабе*³.

² Кузьмин А. М. Метод «Диаграмма разброса» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0014/>.

³ Лапыгин Д. Ю. Принятие управленческих решений в региональном стратегическом планировании: Диссертация / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://works.doklad.ru/view/q2opdr9MAwU/all.html>.

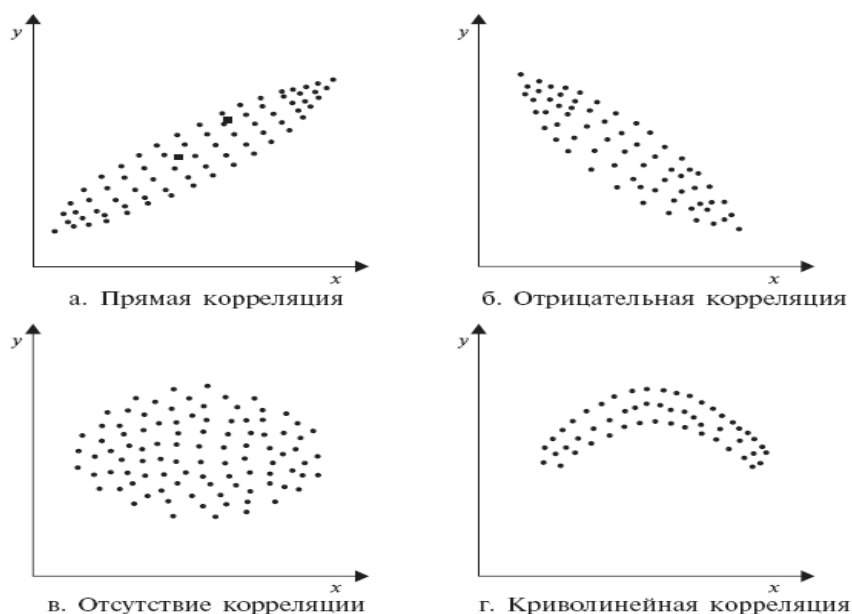


Рисунок 39 – Диаграммы разброса
(графическая интерпретация взаимосвязи между показателями)

Примечание 1 – Прямая корреляция отражает односторонность в изменении признаков: с увеличением значений первого признака увеличиваются значения и другого (и наоборот). *Обратная корреляция* указывает на увеличение первого признака при уменьшении второго (и наоборот).

На рисунке 40 представлен переход корреляционной тесноты связи двух величин от строго отрицательной к строго положительной.

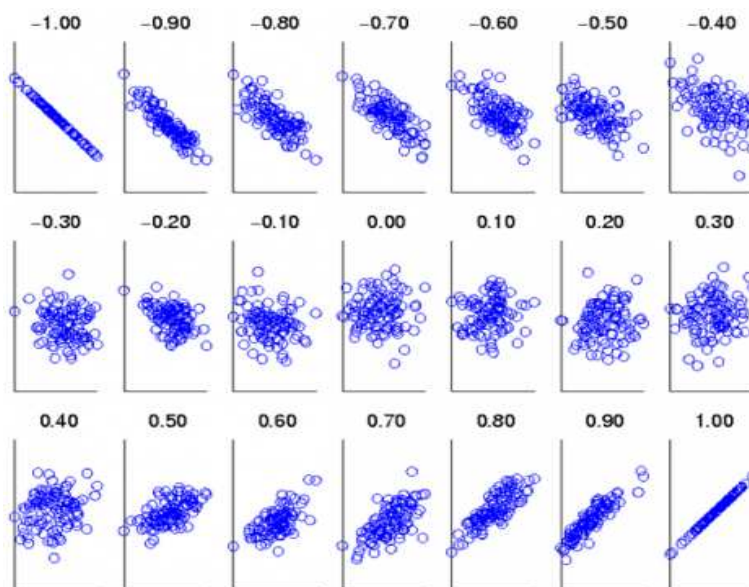


Рисунок 40 – Визуализация различных значений коэффициента корреляции⁴

⁴ Корреляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://forexaw.com/TERMs/Economic_terms_and_concepts/Exchange_Terminology/l675_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_Correlation_%D1%8D%D1%82%D0%BE.

Примечание 2 – Коэффициент корреляции – это статистическая мера линейной зависимости двух случайных величин (меняется от -1 до +1).

Практическая реализация кросскорреляционного метода для сахарного комплекса АПК представлена на рисунках 41-42 и в таблицах 7-13.

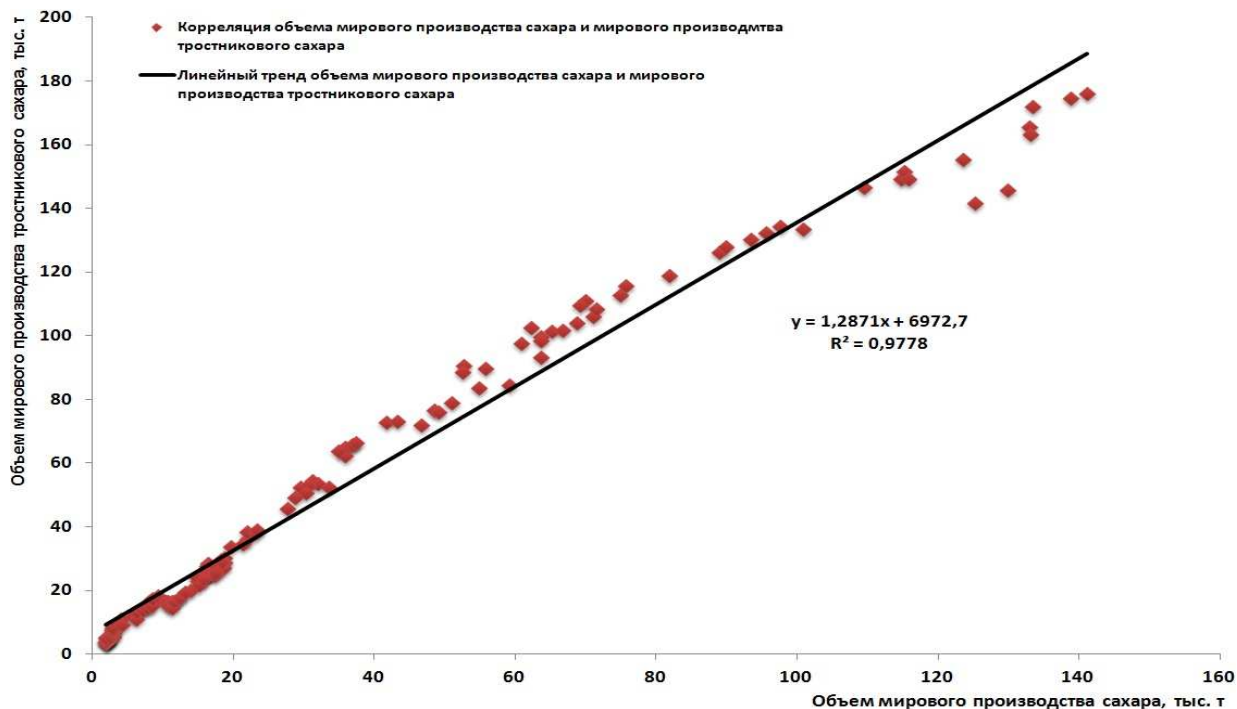


Рисунок 41 – Корреляционное поле мирового производства сахара и мирового производства тростникового сахара с 1879 по 2013 г.

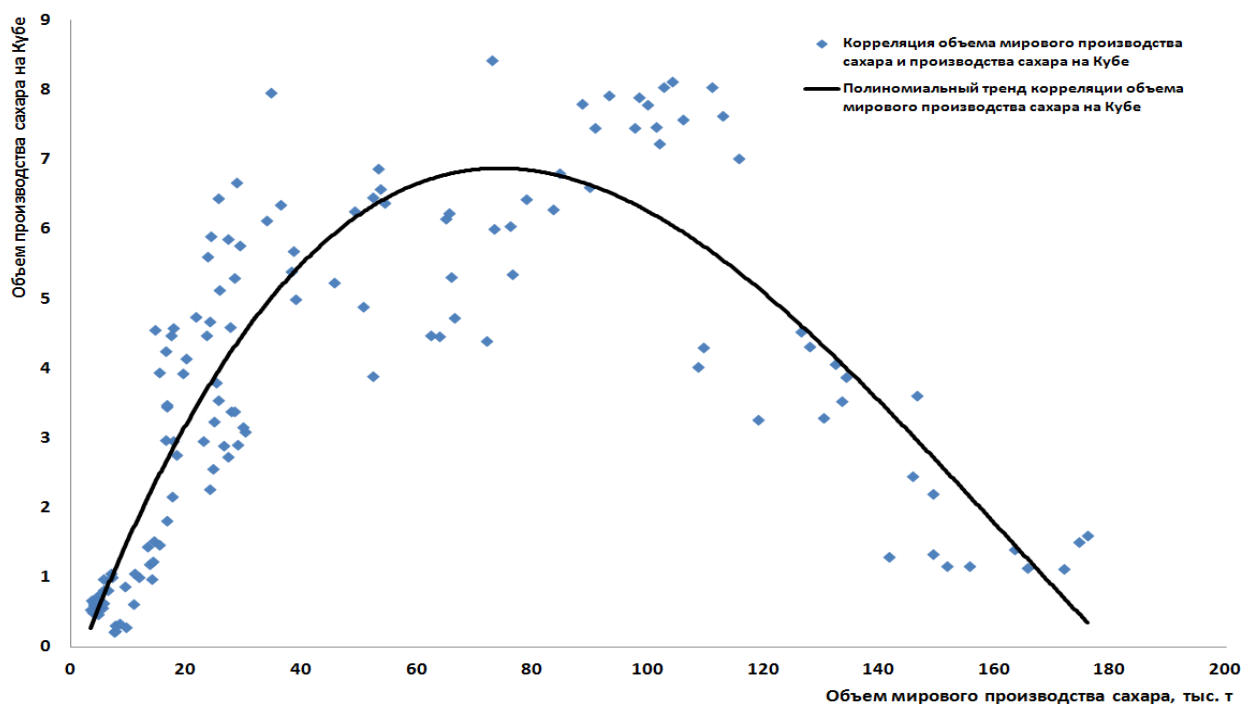


Рисунок 42 – Корреляционное поле мирового производства сахара и производства сахара на Кубе с 1879 по 2013 г.

Таблица 7 – Корреляционная матрица мировой объема производства сахара с 1879 по 2013 г.

Показатель	Мировое производство сахара	Мировое производство свекловичного сахара	Мировое производство тростникового сахара	Производство сахара в России	Производство сахара в Бразилии	Производство свекловичного сахара в США	Производство тростникового сахара в США	Производство сахара на Кубе	Производство сахара в Германии
Мировое производство сахара	1	0,903	0,989	0,657	0,910	0,937	0,811	0,293	0,909
Мировое производство свекловичного сахара	0,903	1	0,829	0,832	0,664	0,928	0,801	0,543	0,911
Мировое производство тростникового сахара	0,989	0,829	1	0,567	0,952	0,898	0,779	0,193	0,867
Производство сахара в России	0,657	0,832	0,567	1	0,371	0,750	0,571	0,650	0,705
Производство сахара в Бразилии	0,910	0,664	0,952	0,371	1	0,760	0,645	-0,051	0,736
Производство свекловичного сахара в США	0,937	0,928	0,898	0,750	0,760	1	0,888	0,488	0,870
Производство тростникового сахара в США	0,811	0,801	0,779	0,571	0,645	0,888	1	0,532	0,734
Производство сахара на Кубе	0,293	0,543	0,193	0,650	-0,051	0,488	0,532	1	0,378
Производство сахара в Германии	0,909	0,911	0,867	0,705	0,736	0,870	0,734	0,378	1

Таблица 8 – Матрица корреляции производства сахара с другими показателями промышленности в России с 1950 по 2013 г.

Показатель	Производство сахара	Производство кондитерских изделий	Производство макарон	Производство консервов	Производство вина	Объем ж/д перевозок	Объем речных перевозок	Объем автомобильных перевозок	Грузооборот	Производство удобрения
Производство сахара	1	0,614	0,61	0,716	0,02	0,2	-0,04	0,246	0,81	0,82
Производство кондитерских изделий	0,614	1	0,56	0,573	0,77	0,92	0,871	0,858	0,62	0,64
Производство макарон	0,608	0,558	1	0,822	0,41	0,56	0,332	0,499	0,76	0,7
Производство консервов	0,716	0,573	0,82	1	0,27	0,45	0,203	0,388	0,86	0,86
Производство вина	0,022	0,77	0,41	0,266	1	0,86	0,819	0,771	0,33	0,3
Объем ж/д перевозок	0,201	0,92	0,56	0,445	0,86	1	0,936	0,939	0,57	0,55
Объем речных перевозок	-0,04	0,871	0,33	0,203	0,82	0,94	1	0,93	0,38	0,37
Объем автомобильных перевозок	0,246	0,858	0,5	0,388	0,77	0,94	0,93	1	0,63	0,61
Грузооборот	0,808	0,62	0,76	0,857	0,33	0,57	0,376	0,633	1	0,98
Производство удобрения	0,816	0,644	0,7	0,857	0,3	0,55	0,373	0,613	0,98	1

Таблица 9 – Корреляционная матрица производства сахара по странам и регионам мира с 1948 по 2013 г.

Показатель	Мировое производство сахара	Мировое производство свекловичного сахара	Мировое производство тростникового сахара	Производство сахара в Южной Америке	Производство сахара в Северной Америке	Производство сахара в Западной Европе	Производство сахара в Восточной Европе	Производство сахара в Африке	Производство сахара в Азии	Производство сахара в Океании	Производство сахара в России	Производство свекловичного сахара в США	Производство тростникового сахара в США	Производство сахара в Германии
Мировое производство сахара	1	0,686	0,985	-0,48	0,94	0,863	0,9	0,973	0,98	0,896	0,019	0,879	0,668	0,836
Мировое производство свекловичного сахара	0,686	1	0,551	0,151	0,451	0,787	0,657	0,722	0,614	0,728	0,429	0,711	0,31	0,812
Мировое производство тростникового сахара	0,985	0,551	1	-0,58	0,972	0,804	0,877	0,945	0,979	0,856	-0,08	0,841	0,693	0,768
Производство сахара в Южной Америке	-0,475	0,151	-0,58	1	-0,69	-0,15	-0,46	-0,37	-0,57	-0,29	0,594	-0,27	-0,54	-0,7
Производство сахара в Северной Америке	0,94	0,451	0,972	-0,69	1	0,677	0,833	0,876	0,943	0,758	-0,16	0,786	0,706	0,646
Производство сахара в Западной Европе	0,863	0,787	0,804	-0,15	0,677	1	0,814	0,906	0,805	0,94	0,148	0,828	0,512	0,953
Производство сахара в Восточной Европе	0,9	0,657	0,877	-0,46	0,833	0,814	1	0,836	0,889	0,816	-0,09	0,825	0,578	0,797
Производство сахара в Африке	0,973	0,722	0,945	-0,37	0,876	0,906	0,836	1	0,924	0,934	0,154	0,885	0,583	0,87
Производство сахара в Азии	0,98	0,614	0,979	-0,57	0,943	0,805	0,889	0,924	1	0,845	-0,13	0,818	0,754	0,768
Производство сахара в Океании	0,896	0,728	0,856	-0,29	0,758	0,94	0,816	0,934	0,845	1	0,106	0,863	0,556	0,863
Производство сахара в России	0,019	0,429	-0,08	0,594	-0,16	0,148	-0,09	0,154	-0,13	0,106	1	0,172	-0,47	0,222
Производство свекловичного сахара в США	0,879	0,711	0,841	-0,27	0,786	0,828	0,825	0,885	0,818	0,863	0,172	1	0,488	0,797
Производство тростникового сахара в США	0,668	0,31	0,693	-0,54	0,706	0,512	0,578	0,583	0,754	0,556	-0,47	0,488	1	0,442
Производство сахара в Германии	0,836	0,812	0,768	-0,7	0,646	0,953	0,797	0,87	0,768	0,863	0,222	0,797	0,442	1

Таблица 10 – Матрица корреляции объемов производства сахара и других продуктов пищевой промышленности с 1940-2013 гг.

Показатель	Мировое производство сахара	Мировое производство свекловичного сахара	Мировое производство тростникового сахара	Производство сахара (СССР)	Производство свекловичного сахара (СССР)	Производство тростникового сахара (СССР)	Производство сахара (Россия)	Производство сахара (Краснодарский край)	Производство сливочного масла (Россия)	Производство растительного масла (Россия)	Производство мяса (Россия)	Производство говядины (Россия)	Производство свинины (Россия)	Производство баранины (Россия)	Производство курятины (Россия)	Производство молока (Россия)	Производство яиц (Россия)
Мировое производство сахара	1	0,776	0,983	0,304	0,015	0,656	0,949	0,934	0,210	0,778	0,594	0,291	0,391	-0,738	0,809	0,406	0,842
Мировое производство свекловичного сахара	0,776	1	0,649	0,635	0,378	0,773	0,784	0,770	0,651	0,436	0,819	0,701	0,693	-0,297	0,631	0,775	0,879
Мировое производство тростникового сахара	0,983	0,649	1	0,184	-0,091	0,570	0,919	0,905	0,066	0,804	0,481	0,155	0,276	-0,795	0,788	0,267	0,763
Производство сахара (СССР)	0,304	0,635	0,184	1	0,905	0,679	0,440	0,450	0,836	0,147	0,798	0,776	0,778	0,263	0,305	0,885	0,639
Производство свекловичного сахара (СССР)	0,015	0,378	-0,091	0,905	1	0,305	0,129	0,118	0,723	0,070	0,630	0,595	0,641	0,570	0,108	0,746	0,344
Производство тростникового сахара (СССР)	0,656	0,773	0,570	0,679	0,305	1	0,764	0,806	0,629	0,201	0,703	0,657	0,588	-0,403	0,471	0,701	0,840
Производство сахара (Россия)	0,949	0,784	0,919	0,440	0,129	0,764	1	0,981	0,272	0,714	0,586	0,316	0,397	-0,656	0,716	0,461	0,818
Производство сахара (Краснодарский край)	0,934	0,770	0,905	0,450	0,118	0,806	0,981	1	0,304	0,638	0,595	0,380	0,410	-0,681	0,677	0,483	0,840
Производство сливочного масла (Россия)	0,210	0,651	0,066	0,836	0,723	0,629	0,272	0,304	1	-0,047	0,855	0,938	0,843	0,318	0,246	0,955	0,655
Производство растительного масла (Россия)	0,778	0,436	0,804	0,147	0,070	0,201	0,714	0,638	-0,047	1	0,404	-0,082	0,200	-0,496	0,798	0,145	0,533
Производство мяса (Россия)	0,594	0,819	0,481	0,798	0,630	0,703	0,586	0,595	0,855	0,404	1	0,899	0,952	0,019	0,707	0,927	0,901
Производство говядины (Россия)	0,291	0,701	0,155	0,776	0,595	0,657	0,316	0,380	0,938	-0,082	0,899	1	0,861	0,103	0,367	0,967	0,747
Производство свинины (Россия)	0,391	0,693	0,276	0,778	0,641	0,588	0,397	0,410	0,843	0,200	0,952	0,861	1	0,171	0,597	0,899	0,774
Производство баранины (Россия)	-0,738	-0,297	-0,795	0,263	0,570	-0,403	-0,656	-0,681	0,318	-0,496	0,019	0,103	0,171	1	-0,465	0,190	-0,427
Производство курятины (Россия)	0,809	0,631	0,788	0,305	0,108	0,471	0,716	0,677	0,246	0,798	0,707	0,367	0,597	-0,465	1	0,385	0,803
Производство молока (Россия)	0,406	0,775	0,267	0,885	0,746	0,701	0,461	0,483	0,955	0,145	0,927	0,967	0,899	0,190	0,385	1	0,778
Производство яиц (Россия)	0,842	0,879	0,763	0,639	0,344	0,840	0,818	0,840	0,655	0,533	0,901	0,747	0,774	-0,427	0,803	0,778	1

Таблица 11 – Корреляционная матрица посевных площадей с.-х. культур в России с 1953 по 2013 г.

Показатель	Сахарная свекла	Пахотные земли в России	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Кукуруза	Ячмень	Гречиха	Рис	Горох	Подсолнечник	Соя	Чай	Картофель	Овощи	Овес	Просо	Рожь	Лен	Ягоды	Виноград
Сахарная свекла	1	0,688	0,164	0,244	-0,342	0,681	-0,294	0,510	0,797	-0,434	0,211	0,327	0,141	-0,417	0,209	0,012	0,397	0,373	0,737	0,890
Пахотные земли в России	0,688	1	-0,352	0,672	-0,163	0,491	0,073	0,226	0,638	-0,904	-0,131	0,696	0,729	-0,173	0,697	0,587	0,703	0,798	0,886	0,914
Озимая пшеница	0,164	-0,352	1	-0,476	-0,049	0,113	-0,238	0,313	0,035	0,522	0,448	-0,571	-0,634	-0,303	-0,495	-0,523	-0,427	-0,506	-0,348	-0,165
Яровая пшеница	0,244	0,672	-0,476	1	0,164	-0,124	0,022	-0,426	0,157	-0,599	0,157	0,741	0,888	-0,136	0,337	0,634	0,727	0,905	0,795	0,569
Кукуруза	-0,342	-0,163	-0,049	0,164	1	-0,512	0,112	-0,326	-0,201	0,223	0,519	0,087	0,085	-0,006	-0,082	0,330	0,067	0,185	-0,371	-0,254
Ячмень	0,681	0,491	0,113	-0,124	-0,512	1	-0,153	0,837	0,662	-0,391	-0,118	0,009	-0,106	-0,082	0,363	-0,151	-0,181	-0,040	0,466	0,623
Гречиха	-0,294	0,073	-0,238	0,022	0,112	-0,153	1	-0,226	-0,184	-0,181	-0,164	-0,016	0,187	0,051	0,238	0,445	0,146	0,037	0,061	-0,161
Рис	0,510	0,226	0,313	-0,426	-0,326	0,837	-0,226	1	0,484	-0,147	-0,043	-0,172	-0,376	-0,037	0,336	-0,287	-0,360	-0,286	0,053	0,443
Горох	0,797	0,638	0,035	0,157	-0,201	0,662	-0,184	0,484	1	-0,485	0,147	0,323	0,128	-0,290	0,271	0,111	0,296	0,299	0,534	0,694
Подсолнечник	-0,434	-0,904	0,522	-0,599	0,223	-0,391	-0,181	-0,147	-0,485	1	0,419	-0,736	-0,778	-0,018	-0,788	-0,620	-0,732	-0,766	-0,792	-0,788
Соя	0,211	-0,131	0,448	0,157	0,519	-0,118	-0,164	-0,043	0,147	0,419	1	-0,366	-0,246	-0,460	-0,349	-0,210	-0,163	-0,021	-0,096	-0,049
Чай	0,327	0,696	-0,571	0,741	0,087	0,009	-0,016	-0,172	0,323	-0,736	-0,366	1	0,873	-0,066	0,553	0,800	0,920	0,879	0,633	0,698
Картофель	0,141	0,729	-0,634	0,888	0,085	-0,106	0,187	-0,376	0,128	-0,778	-0,246	0,873	1	0,124	0,577	0,763	0,859	0,929	0,778	0,575
Овощи	-0,417	-0,173	-0,303	-0,136	-0,006	-0,082	0,051	-0,037	-0,290	-0,018	-0,460	-0,066	0,124	1	0,110	0,101	-0,247	-0,164	-0,101	-0,180
Овес	0,209	0,697	-0,495	0,337	-0,082	0,363	0,238	0,336	0,271	-0,788	-0,349	0,553	0,577	0,110	1	0,613	0,491	0,590	0,539	0,618
Просо	0,012	0,587	-0,523	0,634	0,330	-0,151	0,445	-0,287	0,111	-0,620	-0,210	0,800	0,763	0,101	0,613	1	0,842	0,852	0,664	0,530
Рожь	0,397	0,703	-0,427	0,727	0,067	-0,181	0,146	-0,360	0,296	-0,732	-0,163	0,920	0,859	-0,247	0,491	0,842	1	0,904	0,633	0,580
Лен	0,373	0,798	-0,506	0,905	0,185	-0,040	0,037	-0,286	0,299	-0,766	-0,021	0,879	0,929	-0,164	0,590	0,852	0,904	1	0,732	0,679
Ягоды	0,737	0,886	-0,348	0,795	-0,371	0,466	0,061	0,053	0,534	-0,792	-0,096	0,633	0,778	-0,101	0,539	0,664	0,633	0,732	1	0,823
Виноград	0,890	0,914	-0,165	0,569	-0,254	0,623	-0,161	0,443	0,694	-0,788	-0,049	0,698	0,575	-0,180	0,618	0,530	0,580	0,679	0,823	1

Таблица 12 – Корреляционная матрица урожайности с.-х. культур в России с 1953 по 2013 г.

Показатель	Сахарная свекла	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Кукуруза	Озимый ячмень	Яровой ячмень	Гречиха	Рис	Горох	Подсолнечник	Соя	Картофель	Овощи	Овес	Просо	Озимая рожь	Лен
Сахарная свекла	1	0,715	0,573	0,833	0,643	0,701	0,821	0,626	0,552	0,675	0,788	0,773	0,861	0,664	0,599	0,682	0,831
Озимая пшеница	0,715	1	0,626	0,709	0,905	0,784	0,622	0,381	0,704	0,619	0,706	0,520	0,752	0,718	0,519	0,847	0,491
Яровая пшеница	0,573	0,626	1	0,499	0,514	0,721	0,651	0,408	0,674	0,420	0,348	0,562	0,607	0,767	0,526	0,664	0,466
Кукуруза	0,833	0,709	0,499	1	0,579	0,663	0,725	0,607	0,472	0,768	0,593	0,700	0,840	0,682	0,603	0,578	0,638
Озимый ячмень	0,643	0,905	0,514	0,579	1	0,624	0,545	0,397	0,607	0,428	0,717	0,473	0,736	0,661	0,338	0,784	0,501
Яровой ячмень	0,701	0,784	0,721	0,663	0,624	1	0,804	0,431	0,845	0,555	0,490	0,619	0,651	0,853	0,635	0,760	0,544
Гречиха	0,821	0,622	0,651	0,725	0,545	0,804	1	0,621	0,702	0,670	0,553	0,790	0,774	0,782	0,753	0,658	0,682
Рис	0,626	0,381	0,408	0,607	0,397	0,431	0,621	1	0,357	0,499	0,486	0,567	0,698	0,565	0,312	0,261	0,660
Горох	0,552	0,704	0,674	0,472	0,607	0,845	0,702	0,357	1	0,347	0,460	0,502	0,569	0,815	0,464	0,712	0,518
Подсолнечник	0,675	0,619	0,420	0,768	0,428	0,555	0,670	0,499	0,347	1	0,392	0,628	0,699	0,468	0,712	0,404	0,391
Соя	0,788	0,706	0,348	0,593	0,717	0,490	0,553	0,486	0,460	0,392	1	0,543	0,744	0,533	0,309	0,685	0,729
Картофель	0,773	0,520	0,562	0,700	0,473	0,619	0,790	0,567	0,502	0,628	0,543	1	0,796	0,680	0,495	0,538	0,679
Овощи	0,861	0,752	0,607	0,840	0,736	0,651	0,774	0,698	0,569	0,699	0,744	0,796	1	0,747	0,490	0,712	0,781
Овес	0,664	0,718	0,767	0,682	0,661	0,853	0,782	0,565	0,815	0,468	0,533	0,680	0,747	1	0,546	0,770	0,601
Просо	0,599	0,519	0,526	0,603	0,338	0,635	0,753	0,312	0,464	0,712	0,309	0,495	0,490	0,546	1	0,470	0,290
Озимая рожь	0,682	0,847	0,664	0,578	0,784	0,760	0,658	0,261	0,712	0,404	0,685	0,538	0,712	0,770	0,470	1	0,537
Лен	0,831	0,491	0,466	0,638	0,501	0,544	0,682	0,660	0,518	0,391	0,729	0,679	0,781	0,601	0,290	0,537	1

Таблица 13 – Корреляционная матрица валового сбора с.-х. культур России с 1953 по 2013 г.

Показатель	Сахарная свекла	Пшеница	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Кукуруза	Озимый ячмень	Яровой ячмень	Гречиха	Рис	Горох	Подсолнечник	Соя	Картофель	Овощи	Овес	Просо	Рожь	Лен	Виноград	Ягоды
Сахарная свекла	1	0,243	0,499	0,033	0,648	0,239	0,414	0,470	0,489	0,474	0,617	0,708	-0,197	0,590	0,160	0,254	-0,030	-0,193	0,216	0,157
Пшеница	0,243	1	0,604	0,626	0,617	0,300	0,496	0,148	0,077	-0,039	0,483	0,434	-0,141	0,203	-0,152	-0,163	-0,174	-0,155	-0,046	0,073
Озимая пшеница	0,499	0,604	1	-0,243	0,480	0,694	0,333	0,371	0,352	0,061	0,639	0,573	-0,563	0,618	-0,099	-0,289	-0,200	-0,547	-0,140	0,452
Яровая пшеница	0,033	0,626	-0,243	1	-0,238	-0,314	0,276	0,033	-0,089	0,416	-0,284	-0,255	0,703	-0,354	0,330	0,490	0,229	0,691	0,360	-0,056
Кукуруза	0,648	0,617	0,480	-0,238	1	0,173	-0,025	0,308	0,207	0,009	0,785	0,743	-0,339	0,439	-0,270	-0,091	-0,241	-0,256	-0,156	0,076
Озимый ячмень	0,239	0,300	0,694	-0,314	0,173	1	0,223	0,279	0,211	0,026	0,223	0,143	-0,373	0,450	0,014	-0,149	0,094	-0,392	0,000	0,232
Яровой ячмень	0,414	0,496	0,333	0,276	-0,025	0,223	1	0,311	0,560	0,674	-0,061	-0,066	0,100	0,281	0,746	0,370	0,134	0,007	0,488	0,433
Гречиха	0,470	0,148	0,371	0,033	0,308	0,279	0,311	1	0,038	0,142	0,448	0,282	-0,066	0,276	0,026	0,181	-0,025	-0,253	-0,134	0,215
Рис	0,489	0,077	0,352	-0,089	0,207	0,211	0,560	0,038	1	0,382	0,095	0,349	-0,180	0,521	0,561	-0,022	-0,040	-0,139	0,587	0,437
Горох	0,474	-0,039	0,061	0,416	0,009	0,026	0,674	0,142	0,382	1	-0,186	-0,019	0,332	-0,003	0,553	0,632	0,453	0,403	0,676	-0,064
Подсолнечник	0,617	0,483	0,639	-0,284	0,785	0,223	-0,061	0,448	0,095	-0,186	1	0,814	-0,528	0,637	-0,527	-0,384	-0,588	-0,553	-0,445	0,275
Соя	0,708	0,434	0,573	-0,255	0,743	0,143	-0,066	0,282	0,349	-0,019	0,814	1	-0,376	0,497	-0,326	-0,309	-0,380	-0,336	-0,137	0,205
Картофель	-0,197	-0,141	-0,563	0,703	-0,339	-0,373	0,100	-0,066	-0,180	0,332	-0,528	-0,376	1	-0,513	0,402	0,579	0,437	0,815	0,463	-0,163
Овощи	0,590	0,203	0,618	-0,354	0,439	0,450	0,281	0,276	0,521	-0,003	0,637	0,497	-0,513	1	-0,066	-0,360	-0,481	-0,635	-0,106	0,546
Овес	0,160	-0,152	-0,099	0,330	-0,270	0,014	0,746	0,026	0,561	0,553	-0,527	-0,326	0,402	-0,066	1	0,471	0,492	0,350	0,692	0,231
Просо	0,254	-0,163	-0,289	0,490	-0,091	-0,149	0,370	0,181	-0,022	0,632	-0,384	-0,309	0,579	-0,360	0,471	1	0,669	0,567	0,477	-0,210
Рожь	-0,030	-0,174	-0,200	0,229	-0,241	0,094	0,134	-0,025	-0,040	0,453	-0,588	-0,380	0,437	-0,481	0,492	0,669	1	0,541	0,482	-0,302
Лен	-0,193	-0,155	-0,547	0,691	-0,256	-0,392	0,007	-0,253	-0,139	0,403	-0,553	-0,336	0,815	-0,635	0,350	0,567	0,541	1	0,531	-0,332
Виноград	0,216	-0,046	-0,140	0,360	-0,156	0,000	0,488	-0,134	0,587	0,676	-0,445	-0,137	0,463	-0,106	0,692	0,477	0,482	0,531	1	0,083
Ягоды	0,157	0,073	0,452	-0,056	0,076	0,232	0,433	0,215	0,437	-0,064	0,275	0,205	-0,163	0,546	0,231	-0,210	-0,302	-0,332	0,083	1

Данные по таблицам 7 и 13 описаны в выводах.

Все вышеперечисленные корреляционные матрицы строились по линейному принципу. Далее рассмотрим *нелинейную корреляцию Спирмена*, или *ранговую корреляцию*⁵.

Ранговый коэффициент корреляции более удобен по сравнению с обычным коэффициентом для характеристики корреляций в случаях *нелинейной связи* и для данных, распределение которых отличается от нормального. Кроме того, данные для расчета рангового коэффициента могут быть представлены в полуколичественных измерениях⁶. Расчет коэффициента состоит из следующих этапов:

1. Ранжирование признаков по возрастанию.

2. Определение разности рангов каждой пары сопоставляемых значений, $d = R_i - S_i$.

3. Возведение в квадрат разности a_i и нахождение общей суммы, $\sum(R_i - S_i)^2$.

4. Вычисление коэффициента корреляции рангов по формуле:

$$r = 1 - \frac{6 \sum (R_i - S_i)^2}{n(n^2 - 1)}; \text{ (при отсутствии связанных рангов),}$$

$$r = \frac{6 \sum (R_i - (n+1)/2)(S_i - (n+1)/2)}{n(n^2 - 1) - \frac{1}{2}(T_x + T_y)} \text{ (при наличии связанных рангов),}$$

где R_i, S_i – ранги сопряженных значений изучаемых величин x_i и y_i в выборках X и Y ;

n – количество пар в выборке;

$T = \sum (t_i^2 - 1)$ – при суммировании по элементам выборки;

t_i – длина связки, в которую входит i -тый элемент выборки.

Коэффициенты ранговой корреляции показаны в таблице 14.

⁵ Функция, по которой находился коэффициент Спирмена, в MS Excel = ПИРСОН(РАНГ(\$C\$3:\$C\$137; \$C\$3:\$C\$137; 1); РАНГ(\$D\$3:\$D\$137; \$D\$2:\$D\$1244; 1)) для мирового производства сахара.

⁶ Методы изучения корреляционных связей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.coolreferat.com/Методы_изучения_корреляционных_связей.

Таблица 14 – Коэффициенты ранговой корреляционной матрицы производства сахара по странам и мира (в целом) с 1879 по 2013 г.⁷

Показатель	Мировое производство сахара	Мировое производство свекловичного сахара	Мировое производство тростникового сахара	Производство сахара в России	Производство сахара в Бразилии	Производство свекловичного сахара в США	Производство тростникового сахара в США	Производство сахара на Кубе	Производство сахара в Германии
Мировое производство сахара	1	0,957	0,997	0,823	0,982	0,980	0,921	0,559	0,863
Мировое производство свекловичного сахара	0,957	1	0,944	0,875	0,932	0,931	0,873	0,620	0,886
Мировое производство тростникового сахара	0,997	0,944	1	0,808	0,983	0,981	0,920	0,563	0,851
Производство сахара в России	0,823	0,875	0,808	1	0,799	0,804	0,695	0,620	0,800
Производство сахара в Бразилии	0,982	0,932	0,983	0,799	1	0,967	0,908	0,551	0,819
Производство свекловичного сахара в США	0,980	0,931	0,981	0,804	0,967	1	0,909	0,540	0,836
Производство тростникового сахара в США	0,921	0,873	0,920	0,695	0,908	0,909	1	0,512	0,745
Производство сахара на Кубе	0,559	0,620	0,563	0,620	0,551	0,540	0,512	1	0,402
Производство сахара в Германии	0,863	0,886	0,851	0,800	0,819	0,836	0,745	0,402	1

Примечание – Отличительной чертой коэффициента ранговой корреляции Спирмена от линейного коэффициента корреляции Пирсона является диапазон (шкала) распознавания. В первом случае его колебания варьируют от 0 до 1, а во втором – от –1 до +1.

Другими словами, коэффициент ранговой корреляции статистически значим, так же как и ранговая корреляционная связь между оценками по двум тестам.

При сравнении корреляционной (см. таблицу 7) и ранговой корреляционной матрицы (см. таблицу 14) видно, что серьезных отличий не

⁷ Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена // [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://spearman.ru/ru/correlation_analysis/spearman_rank_correlation_coefficient/calc.

наблюдается. В последней более отчетливо прослеживается корреляционная контрастность по отдельным странам.

Выводы

1. Для исследуемых аграрных динамических рядов сахарного подкомплекса, взаимосвязь которых неочевидна, коэффициенты автокорреляции, имеющие годовую группировку данных «в чистом виде» абсолютно бесполезны.

2. Из таблицы 7 видно, что весьма высокая корреляция установилась в следующих трендах:

– мировое производство сахара: с мировым производством тростникового сахара (0,989), с мировым производством свекловичного сахара (0,903), производством свекловичного сахара в США (0,937), производством сахара в Германии (0,906).

– мировое производство свекловичного сахара: с производством свекловичного сахара в США (0,928), и производством сахара в Германии (0,911).

– мировое производство тростникового сахара с производством сахара в Бразилии (0,952).

Из таблицы 9 видно, что с производством сахара в Азии коррелирует мировое производство сахара (0,98), мировое производство тростникового сахара (0,9851) и производство сахара в Южной Америке (0,943). Производство сахара в Германии весьма сильно коррелирует с производством сахара в Западной Европе (0,953), т. е. ФРГ для нее выступает «локомотивом».

Из таблицы 11 видно, что посевные площади сахарной свеклы коррелируют с площадями посева: винограда (0,878), гороха (0,8), ягодных насаждений (0,729). Отдельно отметим корреляцию посевных площадей картофеля и яровой пшеницы (0,885), риса и ячменя (0,842), ржи и чая

(0,92). Примечательно, что из всех сельскохозяйственных культур сильная отрицательная корреляция установилась между посевными площадями России и подсолнечника (-0,904). Это говорит о том, что увеличение посевных площадей в целом по РФ приводит к сокращению площадей, занятых под подсолнечником.

Из таблицы 12 видно, что урожайность сахарной свеклой коррелирует с урожайностью: овощей (0,861), кукурузы (0,833) и льна (0,831). Отдельно отметим корреляцию урожайности озимой пшеницы с озимым ячменем (0,905) и озимой рожью (0,847), овса – с яровым ячменем (0,853) и горохом (0,815).

Из таблицы 13 видно, что производство сахара сильно коррелирует с производством удобрения (0,816) и грузооборотом (0,808). Отдельно отметим сильную корреляционную связь между производством кондитерских изделий и объемом железнодорожных перевозок (0,92), грузооборотом и производством удобрений (0,978), объемом железнодорожных перевозок и объемом производства вина (0,86).

3. Результаты, полученные от использования ранговой корреляции незначительно отличаются от показателей, установленных с помощью средств линейной корреляции Пирсона.

Список использованной литературы

1. Time series [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.statslab.cam.ac.uk/~rrw1/timeseries/t.pdf>
2. XLStat – аналитическое приложение (надстройки) для Microsoft Excel [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.xlstat.com>.
3. Брюков В. Г. Как предсказать курс доллара. Эффективные методы прогнозирования с использованием Excel и EViews / В. Г. Брюков. – М.: КНОРУС: ЦИПСИР, 2011. – 272 с.
4. Варюхин С. Е. Расчет коррелограмм с помощью надстройки «Автокорреляционная функция» / С. Е. Варюхин; – М.: АНХ, 2007. – 7 с.
5. Кендэл М. Временные ряды / М. Кендэл; пер. с англ. и предисл. Ю. П. Лукашина. М.: Финансы и статистика, 1981. – 199 с.
6. Корреляция, автокорреляция, взаимная корреляция. Свойства автокорреляционной и взаимной корреляционной функции: конспект лекции [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://allsummary.ru/59-korrelyaciya-avtokorrelyaciya-vzaimnaya-korrelyaciya-svoystva-avtokorrelyacionnoy-i-vzaimnoy-korrelyacionnoy-funkcii.html>.

7. Корреляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://economic_mathematics.academic.ru/2178/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F.

8. Корреляция [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://forexaw.com/TERMs/Econom-ic_terms_and_concepts/Exchange_Terminology/1675_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_Correlation_%D1%8D%D1%82%D0%BE.

9. Коэффициент Фехнера [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://math.semestr.ru/corel/fexner.php>

10. Кузьмин А. М. Метод «Диаграмма разброса» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0014/>.

11. Лапыгин Д. Ю. Принятие управленческих решений в региональном стратегическом планировании: дисс. канд. экон. наук Д. Ю. Лапыгин [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://works.doklad.ru/view/q2opdr9MAwU/all.html>.

12. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. / Л. И. Лопатников. – М.: Дело, 2003. – 520 с.

13. Метод поворотных точек / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://profitraders.com/Statistics/Tests/RandomnessTests/TurningPointTest.html>

14. Методы изучения корреляционных связей / [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.coolreferat.com/Методы_изучения_корреляционных_связей.

15. Онлайн-калькулятор: коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Примеры и практическое руководство / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://math.semestr.ru/corel/kspirmen.php>.

16. Орлова В. И. Эконометрика. Тема 2. Временные ряды: курс лекций / В. И. Орлова; – М.: ВЗФЭИ, 2005. – 258 с.

17. Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена / [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://spearman.ru/ru/correlation_analysis/spearman_rank_correlation_coefficient/calc.

18. Фёрстер Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Руководство для экономистов / Э. Фёрстер, Б. Рёнц; пер. с англ. и предисл. В. М. Ивановой. М.: Финансы и статистика, 1983. – 303 с.

19. Христиановский В. В. Экономико-математические методы и модели: теория и практика: учебное пособие / В. В. Христиановский, В. П. Щербина. – Донецк, 2010. – 335 с.

20. Частная автокорреляционная функция / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://univer-nn.ru/ekonometrika/chastnaya-korrelyaciya/>

References

1. Time series [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.statslab.cam.ac.uk/~rrw1/timeseries/t.pdf>

2. XLStat – analiticheskoe prilozhenie (nadstrojki) dlja Microsoft Excel [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.xlstat.com>.

3. Brjukov V. G. Kak predskazat' kurs dollara. Jeffektivnye metody prognozirovaniya s ispol'zovaniem Excel i EViews / V. G. Brjukov. – М.: KNORUS: CIPSiR, 2011. – 272 s.

4. Varjuhin S. E. Raschet korrelogramm s pomoshh'ju nadstrojki «Avtokorrelyacionnaja funkciya» / S. E. Varjuhin; – М.: ANH, 2007. – 7 s.

5. Kendjel M. Vremennye rjady / M. Kendjel; per. s angl. i predisl. Ju. P. Lukashina. M.: Finansy i statistika, 1981. – 199 s.

6. Korreljacija, avtokorreljacija, vzaimnaja korreljacija. Svojstva avtokorreljacionnoj i vzaimnoj korreljacionnoj funkcii: konspekt lekicii [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://allsummary.ru/59-korreljaciya-avtokorreljaciya-vzaimnaya-korreljaciya-svoystva-avtokorreljacionnoj-i-vzaimnoj-korreljacionnoj-funkcii.html>.

7. Korreljacija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://economic_mathematics.academic.ru/2178/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F.

8. Korreljacija [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://forexaw.com/TERMs/Eco-nomic_terms_and_concepts/Exchange_Terminology/1675_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_Correlation_%D1%8D%D1%82%D0%BE.

9. Koeficient Fehnera [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <http://math.semestr.ru/corel/fexner.php>

10. Kuz'min A. M. Metod «Diagramma razbrosa» [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0014/>.

11. Lapygin D. Ju. Prinjatие upravlencheskih reshenij v regional'nom strategicheskom planirovanii: diss. kand. jekon. nauk D. Ju. Lapygin [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://works.doklad.ru/view/q2opdr9MAwU/all.html>.

12. Lopatnikov L. I. Jekonomiko-matematicheskij slovar'. Slovar' sovremennoj jekonomicheskoy nauki. 5-e izd., pererab. i dop. / L. I. Lopatnikov. – M.: Delo, 2003. – 520 s.

13. Metod povorotnyh toчек / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://profitraders.com/Statistics/Tests/RandomnessTests/TurningPointTest.html>

14. Metody izuchenija korreljacionnyh svjazej / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.coolreferat.com/Metody_izuchenija_korreljacionnyh_svjazej.

15. Onlajn-kal'kuljator: koeficient rangovoj korreljicii Spirmena. Primery i prakticheskoe rukovodstvo / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://math.semestr.ru/corel/kspirmen.php>.

16. Orlova V. I. Jekonometrika. Tema 2. Vremennye rjady: kurs lekciij / V. I. Orlova; – M.: VZFI, 2005. – 258 s.

17. Raschet koeficienta rangovoj korreljicii Spirmena / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://spearman.ru/ru/correlation_analysis/spearman_rank_correlation_coefficient/calc.

18. Fjorster Je. Metody korreljacionnogo i regressionnogo analiza. Rukovodstvo dlja jekonomistov / Je. Fjorster, B. Rjonc; per. s angl. i predisl. V. M. Ivanovoj. M.: Finansy i statistika, 1983. – 303 s.

19. Hristianovskij V. V. Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli: teorija i praktika: uchebnoe posobie / V. V. Hristianovskij, V. P. Shherbina. – Doneck, 2010. – 335 s.

20. Chastnaja avtokorreljacionnaja funkcija / [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://univer-nn.ru/ekonometrika/chastnaya-korreljaciya/>