

Анализ и прогнозирование экономических показателей

АРЕПЬЕВА Светлана Витальевна, к.ф.-м.н., сеньор-лектор, smirnovasv@mail.ru, Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова, ул. Чернышевского, 59, Костанай, Казахстан.

Аннотация. Экономические системы имеют динамический характер. Использование экономико-математических методов позволяет значительно повысить качество принимаемых решений. Цель работы – анализ и прогнозирование экономических показателей с помощью методов математического моделирования. Объектом исследования являются статистические данные. В исследовании были использованы: метод наименьших квадратов, метод скользящей средней, метод Крамера. Построены линейная и аддитивная модели. На основании полученных моделей выполнен прогноз.

Ключевые слова: ряд динамики, аддитивная модель, прогнозирование, линейный тренд, метод Крамера, метод скользящей средней, сезонная компонента.

Введение

Процесс развития, движения социально-экономических явлений во времени в статистике принято называть динамикой. Для отображения динамики строят временные ряды, которые представляют собой ряды изменяющихся во времени значений статистического показателя, расположенных в хронологическом порядке [1]. Временные ряды актуальны для анализа и прогнозирования различных экономических процессов. Фундаментальные исследования в области временных рядов приводятся в работе [2]. В научной статье [3] проанализированы временные ряды высокого порядка. В трудах [4] авторы изучили временные зависимости в потоках событий. В работах [5-7] были описаны математические модели прогнозирования.

В сфере планирования и прогнозирования экономических показателей применяются такие методы, как нормативный, балансовый, программно-целевой, моделирования и экономико-математических моделей и другие. Методы могут использоваться как самостоятельно, так и в сочетании друг с другом.

Автором данной работы поставлена цель выполнить анализ и прогноз экономических показателей с помощью математических моделей, которые обладают свойствами адекватности и простоты. Это значит – более приближены к объекту и с ними несложно проводить аналитические исследования.

Объектом исследований являются временные ряды – показатели социально-эко-

номического развития, взятые с сайта Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан [8].

Методы исследования

Каждый временной ряд содержит два элемента: значения времени и соответствующие им значения уровней ряда [9].

Построение аналитической функции, характеризующей зависимость уровней ряда от времени или тренда – способ моделирования тенденций временного ряда. Так как зависимость от времени может принимать различные формы, используют и различные виды функций: линейный тренд, тренд в форме степенной функции и другие [10]. Параметры трендов определены методом наименьших квадратов, методом Крамера. Использован метод скользящей средней. Результаты были обработаны методом определения погрешностей.

Научные результаты

Рассмотрим данные, таблица 1, об изменении цен оптовых продаж в Казахстане [8]. Сформируем модель временного ряда, используя линейный тренд, и построим график полученной зависимости.

Линейный тренд временного ряда, найденный с помощью метода наименьших квадратов имеет вид:

$$y_t = 1,33 - 0,05 \cdot t. \quad (1)$$

На рисунке 1 представлены график фактического уровня ряда и уровни ряда, рассчитанные по линейному тренду. Линейный

Таблица 1 – Исходные данные

Год	Дата	Изменения цен оптовых продаж на товары и продукцию, %	Год	Дата	Изменения цен оптовых продаж на товары и продукцию, %
2016	01.01	3,6	2019	01.09	0,3
2016	01.12	0,7	2020	01.01	0,6
2017	01.01	0,7	2020	01.05	0,1
2017	01.12	1,0	2021	01.01	0,6
2018	01.01	0,5	2021	01.03	1,0
2018	01.11	0,6	2021	01.06	0,5
2019	01.01	0,6	2021	01.11	2,1

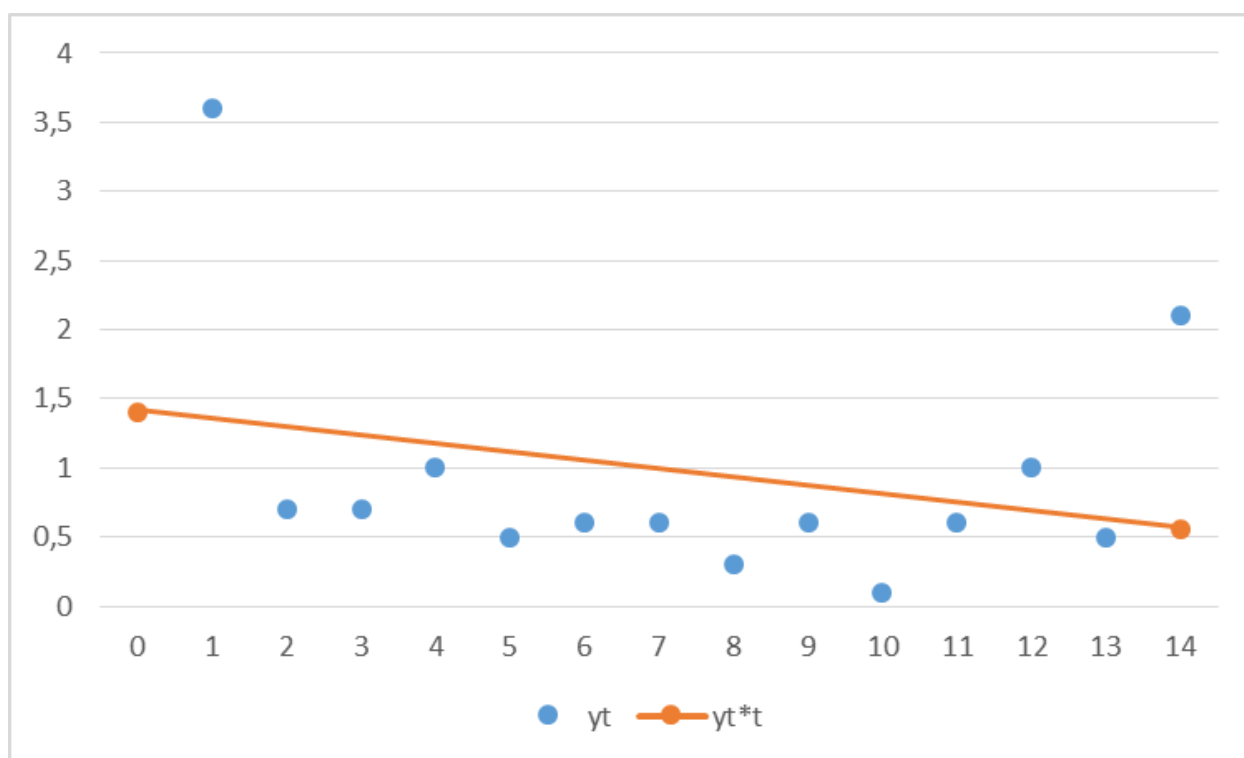


Рисунок 1 – Динамика изменения цен оптовых продаж, %

тренд характеризует убывающую тенденцию изменения цен оптовых продаж в Костанайской области, в период с 2016-2021 гг.

Статистические данные о занятых в малом и среднем бизнесе в Костанайской области даны в таблице 2 [8].

Проведем анализ структурных колебаний. Для этого нанесем на график исходные данные задачи, рисунок 2.

Из рисунка 2 видно, что данный временной ряд – аддитивная модель. Методом скользящей средней рассчитаем показатели, таблица 3.

Найдем значения S , таблица 4. Вычислим средние оценки за каждый квартал (по всем

годам) S_i .

Корректирующий коэффициент:
 $k = -66,7$.

Значения сезонной компоненты:

I квартал: $S_1 = -4170,9875$;

II квартал: $S_2 = 835,3875$;

III квартал: $S_3 = 2812,825$;

IV квартал: $S_4 = 522,7625$.

Следующие этапы расчетов представлены в таблице 5.

Найдем компоненту T данной модели. Для этого проводится аналитическое выравнивание ряда ($T + E$), таблица 6, с использованием линейного тренда, методом наименьших квадратов.

Таблица 2 – Исходные данные

Год	Квартал	Численность, человек
2019	1	152753
2019	2	157681
2019	3	158806
2019	4	156696
2020	5	149551
2020	6	155416
2020	7	157993
2020	8	155777
2021	9	153861
2021	10	158606
2021	11	160493
2021	12	159787

Следовательно,

$$T = 155083,8075 + 210,440341 \cdot t. \quad (2)$$

Расчет ошибок E в аддитивной модели представлен в таблице 7.

Используя полученные данные, выполним построение графика численности занятых в малом и среднем бизнесе, рисунок 3. На данном графике y_t – график фактических значений, T – график тренда, $(T + S)$ – график значений. Анализ одномерных временных рядов производится с целью прогнозирования уровней ряда в будущие моменты времени.

Спрогнозируем численность занятых в малом и среднем бизнесе в Костанайской области в 2022 и 2023 годах.

Прогнозное значение F_t уровня временного ряда в аддитивной модели имеет вид,

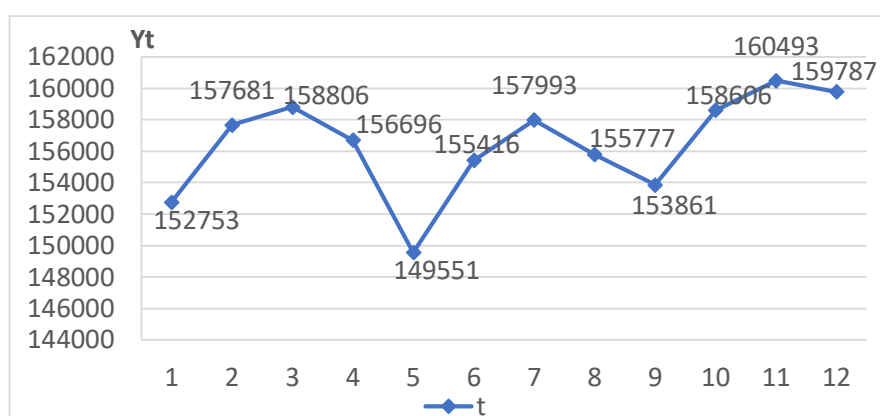


Рисунок 2 – Численность занятых в малом и среднем бизнесе

Таблица 3 – Расчет оценок сезонной компоненты

Номер квартала, t	Численность чел	Итого за четыре квартала	Скользящая средняя за четыре квартала	Центрированная скользящая средняя	Оценка сезонной компоненты
1	152753	-	-	-	-
2	157681	625936	156484	-	-
3	158806	622734	155683,5	156083,75	2722,25
4	156696	620469	155117,25	155400,375	1295,625
5	149551	619656	154914	155015,625	-5464,625
6	155416	618737	154684,25	154799,125	616,875
7	157993	623047	155761,75	155223	2770
8	155777	626237	156559,25	156160,5	-383,5
9	153861	628737	157184,25	156871,75	-3010,75
10	158606	623747	158186,75	157685,5	920,5
11	160493	-	-	-	-
12	159787	-	-	-	-

Таблица 4 – Расчет значений сезонной компоненты

Показатель	Год	Номер квартала, i			
		1	2	3	4
	1	-	-	2722,25	1295,625
	2	-5464,625	616,875	2770	-383,5
	3	-3010,75	920,5	-	-
Итого за i-й квартал		-8475,375	1537,375	5492,25	912,125
Средняя оценка сезонной компоненты для i-го квартала, $\bar{S}_i$		-4237,6875	768,6875	2746,125	456,0625
Скорректированная сезонная компонента, S_i		-4170,9875	835,3875	2812,825	522,7625

Таблица 5 – Расчет выровненных значений T в аддитивной модели

S_i	$T + E = y_t - S_i$	T	T + S
-4170,9875	156923,9875	155294,2479	151123,2604
835,3875	156845,6125	155504,6883	156340,0758
2812,825	155993,1750	155715,1286	158527,9536
522,7625	156173,2375	155925,5689	156448,3314
-4170,9875	153721,9875	156136,0093	151965,0218
835,3875	154580,6125	156346,4496	157181,8371
2812,825	155180,1750	156556,8900	159369,715
522,7625	155254,2375	156767,3303	157290,0928
-4170,9875	158031,9875	156977,7706	152806,7831
835,3875	157770,6125	157188,211	158023,5985
2812,825	157680,1750	157398,6513	160211,4763
522,7625	159264,2375	157609,0917	158131,8542

Таблица 6 – Данные для определения коэффициентов линейного тренда временного ряда

№	t	T + E	t ²	t · (T + E)	T
1	1	156923,9875	1	156923,9875	155294,2479
2	2	156845,6125	4	313691,2250	155504,6883
3	3	155993,1750	9	467979,5250	155715,1286
4	4	156173,2375	16	624692,9500	155925,5689
5	5	153721,9875	25	768609,9375	156136,0093
6	6	154580,6125	36	927483,6750	156346,4496
7	7	155180,1750	49	1086261,2250	156556,8900
8	8	155254,2375	64	1242033,9000	156767,3303
9	9	158031,9875	81	1422287,8875	156977,7706
10	10	157770,6125	100	1577706,1250	157188,2110
11	11	157680,1750	121	1734481,9250	157398,6513
12	12	159264,2375	144	1911170,8500	157609,0917
Σ	78	1877420,0375	650	12233323,2125	1877420,0375

Таблица 7 – Расчет ошибок E в аддитивной модели

$E = y_t - (T + S)$	E^2
1629,73958	2656051,109483
1340,92424	1798077,823921
278,046402	77309,801396
247,668561	61339,715913
-2414,0218	5827501,155777
-1765,8371	3118180,738651
-1376,715	1895344,086929
-1513,0928	2289449,830582
1054,21686	1111373,179602
582,401515	339191,524851
281,523674	79255,579159
1655,14583	2739507,729601

формула (3):

$$F_t = T_t + S_t. \quad (3)$$

Численность занятых в малом и среднем бизнесе в Костанайской области в 2023 году рассчитывается как сумма численности занятых в 17, 18, 19, 20 кварталах. Для определения трендовой компоненты используем (2):

$$T_{17} = 158661; T_{18} = 158871;$$

$$T_{19} = 159082; T_{20} = 159293.$$

С учетом значений сезонной компоненты:

$$T_{17} = 154490; T_{18} = 159707;$$

$$T_{19} = 161894; T_{20} = 159815.$$

Прогноз численности занятых в малом и среднем бизнесе в Костанайской области на 2023 год составит 159815 человек.

Аналогично, прогноз численности занятых в малом и среднем бизнесе в Костанайской области на 2024 год составит 160657 человек, т.е. на 0,5269% больше, чем в 2023 году.

С помощью полученной модели временного ряда (1) можно выполнить прогноз изменения цен оптовых продаж. Например, при $t = 18$ может быть получен прогноз на вторую половину 2023 года. По расчетам, прогноз изменения цен оптовых продаж на товары и продукцию составит 0,43%.

Сравним прогноз, рассчитанный на 2022 год с данными, которые доступны на сайте [8], то можно найти относительную погрешность.

Прогнозируемые данные:

$$T_{13} = 153649; T_{14} = 158864; T_{15} = 161053.$$

Данные статистики:

$$T_{13}^* = 155614; T_{14}^* = 160337; T_{15}^* = 164806.$$

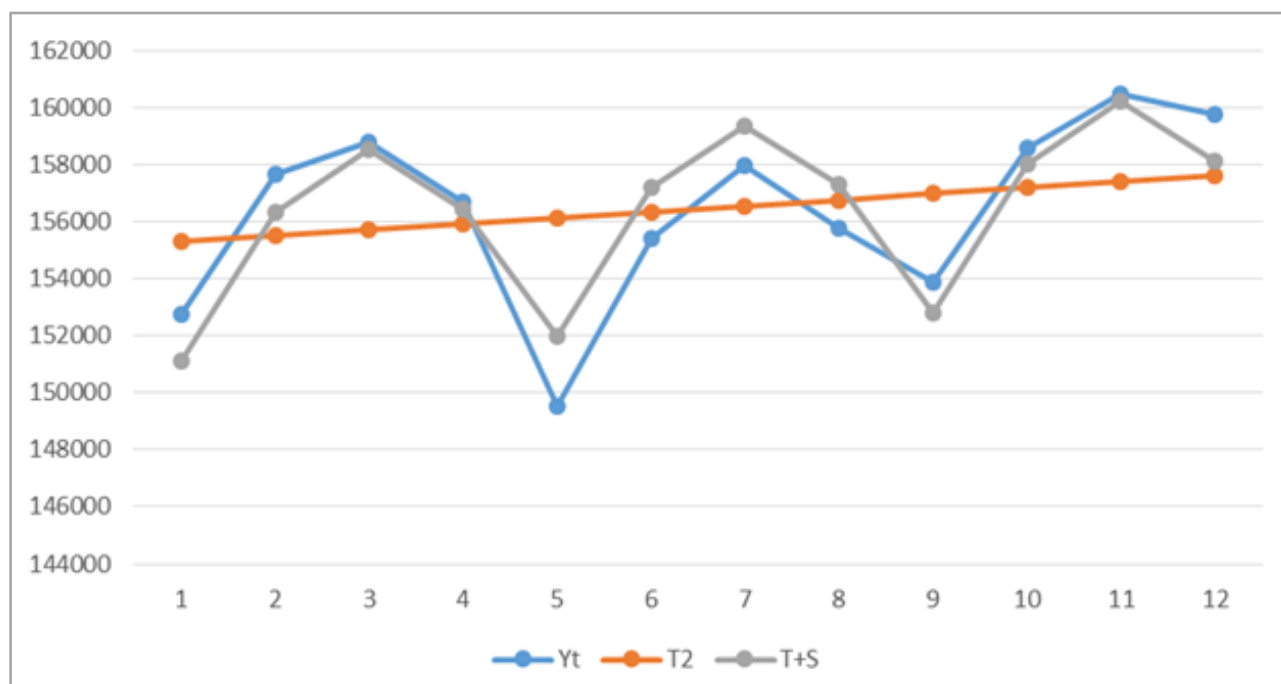


Рисунок 3 – График численности занятых в малом и среднем бизнесе

Относительные погрешности на каждый квартал соответственно равны:

$$\delta_{13} = 0,013\%, \delta_{14} = 0,009\%, \delta_{15} = 0,0235\%.$$

Выводы

Полученные в статье результаты показывают хорошую точность на приведенных примерах. Расхождение величины, полученной в расчетах, с реальной цифрой составляет в среднем 0,1-0,2%.

Рассмотренные в статье примеры показывают, что построение математических моделей временных рядов позволяет делать достаточно надежные выводы, прогнозировать показатели на краткосрочную перспективу. Элемент неустойчивости социально-экономических показателей в этом случае не

учитывается. Возможно применение математических моделей в пространственном анализе на краткосрочную перспективу. В результате точных расчетов формируется вектор управления предприятием, бизнесом, прогнозируется работа социально-экономического процесса, минимизируются потери, убытки. Экономический эффект от правильных решений поставленных задач может достигать достаточно высоких сумм. Для средне-, долго- и дальнесрочных анализов применение математических моделей сложнее (или даже невозможно), так как в динамике экономических показателей присутствует неустойчивость. Построение модели требуемого уровня точности будет затруднено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Удинцова Н.М. Временные ряды: учебное пособие / Н.М. Удинцова, Н.А. Коптева. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2017. – 84 с.
2. Khadjeh Nassirtoussi A., Ying Wah T., Ngo Chek Ling D. A novel FOREX prediction methodology based on fundamental data. Afr. J. Bus. Manag. 2011; 5 (20): 8322-8330. <https://doi.org/10.5897/AJBM11.798>
3. Bahrepour M., Akbarzadeh T.M-R., Yaghoobi M., Naghibi S.M.-B. An adaptive ordered fuzzy time series with application to FOREX. Expert Sys. Appl. 2011; 38 (1): 475-485. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.087>
4. Gunawardana A., Meek C., Xu P. A Model for Temporal Dependencies in Event Streams. Microsoft Research. 2011. 8 p. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/a-model-for-temporal-dependencies-in-event-streams/>
5. Suraj Singh Chouhan, Ravi Khatri. Data Mining based Technique for Natural Event Prediction and Disaster Management. International Journal of Computer Applications (IJCA). 2016; 139 (14): 34-39. <https://doi.org/10.5120/ijca2016909102>
6. Radinsky K., Horvitz E. Mining the Web to Predict Future Events. In: Proceedings of the 6th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. ACM. 2013. Pp. 255-264. <https://doi.org/10.1145/2433396.2433431>
7. Gerber M.S. Predicting crime using Twitter and kernel density estimation. Decis. Support Syst. 2014; 61 (1): 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.02.003>
8. <https://stat.gov.kz/official/industry/139/statistic/6>
9. Нурсеит А.Ш. Статистика в экономике: учебное пособие / А.Ш. Нурсеит, В.Ч.-С. Ким, С.И. Рыбакова, Л.П. Чайковская, Р.А. Нурсеит. – Алматы: Издательство «Бастау», 2012. – 440 с.
10. Елисеева И.И. Бизнес-статистика: учебник и практикум / И.И. Елисеева [и др.]. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 411 с.

Экономикалық көрсеткіштерді талдау және болжау

АРЕПЬЕВА Светлана Витальевна, ф.-м.ф.к., аға оқытушы, smirnovasv@mail.ru, М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті, Чернышевский көшесі, 59, Қостанай, Қазақстан.

Аңдатпа. Экономикалық жүйелер динамикалық сипатта болады. Экономикалық-математикалық әдістерді қолдану қабылданған шешімдердің сапасын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді. Жұмыстың мақсаты – математикалық модельдеу әдістерін қолдану арқылы экономикалық көрсеткіштерді талдау және болжау. Зерттеу объектісі статистикалық мәліметтер болып табылады. Зерттеуде мыналар қолданылды: ең кіші квадраттар әдісі, жылжымалы орта әдісі, Крамер әдісі. Сызықтық және аддитивтік модельдер құрастырылған. Алынған үлгілер негізінде болжам жасалды.

Кілт сөздер: динамикалық қатар, аддитивтік модель, болжау, сызықтық тенденция, Крамер әдісі, жылжымалы орташа әдісі, маусымдық компонент.

Analysis and Forecasting of Economic Indicators

AREPYEVA Svetlana, Cand. of Phys. and Math. Sc., Senior Lecturer, smirnovasv@mail.ru, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov, Chernyshevsky Street, 59, Kostanay, Kazakhstan.

Abstract. Economic systems are dynamic in nature. The use of economic and mathematical methods can significantly improve the quality of decisions made. The purpose of the work is the analysis and forecasting of economic indicators using mathematical modeling methods. The object of the study is statistical data. The following were used in the study: the least squares method, the moving average method, the Cramer method. Linear and additive models are constructed. On the basis of the obtained models, a forecast was made.

Keywords: dynamics series, additive model, forecasting, linear trend, Cramer's method, moving average method, seasonal component.

REFERENCES

1. Udincova N.M. (2017) Vremennye ryady: uchebnoe posobie / N.M. Udincova, N.A. Kopteva. – Zernograd: Azovo-Chernomorskij inzhenernyj institut FGBOU VO Donskoj GAU, 84. (In Russian).
2. Khadjeh Nassirtoussi A., Ying Wah T., Ngo Chek Ling D. (2011) A novel FOREX prediction methodology based on fundamental data. Afr. J. Bus. Manag. 5 (20): 8322-8330. <https://doi.org/10.5897/AJBM11.798>
3. Bahrepour M., Akbarzadeh T.M.-R., Yaghoobi M., Naghibi S.M.-B. (2011) An adaptive ordered fuzzy time series with application to FOREX. Expert Sys. Appl. 38 (1): 475-485. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.087>
4. Gunawardana A., Meek C., Xu P.A. (2011) Model for Temporal Dependencies in Event Streams. Microsoft Research. 8 p. <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/a-model-for-temporal-dependencies-in-event-streams/>
5. Suraj Singh Chouhan, Ravi Khatri (2016) Data Mining based Technique for Natural Event Prediction and Disaster Management. International Journal of Computer Applications (IJCA). 139 (14): 34-39. <https://doi.org/10.5120/ijca2016909102>
6. Radinsky K., Horvitz E. (2013) Mining the Web to Predict Future Events. In: Proceedings of the 6th ACM International Conference on Web Search and Data Mining. ACM. Pp. 255-264. <https://doi.org/10.1145/2433396.2433431>
7. Gerber M.S. (2014) Predicting crime using Twitter and kernel density estimation. Decis. Support Syst. 61 (1): 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.02.003>
8. <https://stat.gov.kz/official/industry/139/statistic/6>
9. Nurseit A.Sh. (2012) Statistika v ekonomike: uchebnoe posobie / A.Sh. Nurseit, V.Ch.-S. Kim, S.I. Rybakova, L.P. Chajkovskaya, R.A. Nurseit. – Almaty: Izdatel'stvo «Bastau», 440. (In Kazakh).
10. Eliseeva I. I. (2018) Biznes-statistika: uchebnik i praktikum / I. I. Eliseeva [i dr.]. – Moscow: Izdatel'stvo Yurajt, 411. (In Russian).