

УДК 502:504.54:911.2:911.52:519.876

ВЛИЯНИЕ КООРДИНАТ И ВЫСОТЫ НАД УРОВНЕМ МОРЯ НА ПАРАМЕТРЫ ЖИЗНИ, ПРОГНОЗ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ

Мазуркин П.М.

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
e-mail: kaf_po@mail.ru*

Из общей матрицы факторного анализа 40 параметров по девяти группам была выделена частная матрица влияния координат центров столиц и высоты их положения на 18 параметров четырех групп (население, демография, хозяйство и производство) жизни населения у 14 субъектов Урала и Сибири. Среди трех влияющих факторов первое место занимает северная широта, второе – высота над уровнем Балтийского моря и третье – восточная долгота. Среди 18 зависимых показателей первое место занял фактор X26 – ожидаемая продолжительность жизни женщин, второе X24 – ожидаемая продолжительность жизни всех и третье X33 – доля населения ниже прожиточного минимума. Коэффициент коррелятивной вариации равен 0,6569, что дает средний уровень адекватности. Из 54 бинарных отношений сильные, с коэффициентом корреляции не менее 0,7, связи равны 22 шт. (40,74%). Наибольшее количество пар (13 шт.) образуется от влияния северной широты, восемь пар от высоты и только одна пара от влияния восточной долготы. Оказалось, что зависимость влияния широты на ВРП на душу населения за 2018 г. не только имеет самый высокий коэффициент корреляции по тренду, но дополнительно идентифицируется несколькими волновыми уравнениями. В динамике урбанизации период колебания численности населения в Воронеже постоянный за 124 года и равен 43,4 года. Для сравнения в Красноярске в 1897 г. период колебания был равен 22,1, однако к 2021 г. период колебания увеличился и достиг 44,03 года. Амплитуда колебания у Воронежа нарастает, что указывает на стремление к тремору.

Ключевые слова: субъекты, координаты, высота, население, демография, хозяйство, производство, тренды

INFLUENCE OF COORDINATES AND ALTITUDE ABOVE SEA LEVEL ON THE PARAMETERS OF LIFE, FORECAST OF THE POPULATION OF CITIES

Mazurkin P.M.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

From the general matrix of factor analysis of 40 parameters for nine groups, a private matrix of the influence of the coordinates of the centers of the capitals and the height of their position on 18 parameters of four groups (population, demography, economy and production) of the life of the population in 14 subjects of Urals and Siberia was selected. Among the three influencing factors, the first place is occupied by the northern latitude, the second – the height above the level of the Baltic Sea and the third – the eastern longitude. Among 18 dependent indicators, the first place was taken by the factor X26 – the life expectancy of women, the second – X24 – the life expectancy of all, and the third – X33 – the share of the population below the subsistence minimum. The coefficient of correlative variation is 0.6569, which gives an average level of adequacy. Out of 54 binary relations, strong ones, with a correlation coefficient of at least 0.7, relations are equal to 22 pieces. (40.74%). The largest number of pairs (13) is formed from the influence of northern latitude, eight pairs from altitude and only one pair from the influence of eastern longitude. It turned out that the dependence of the influence of latitude on GRP per capita for 2018 not only has the highest correlation coefficient for the trend, but is additionally identified by several wave equations. In the dynamics of urbanization, the period of population fluctuations in Voronezh is constant for 124 years and is equal to 43.4 years. For comparison, in Krasnoyarsk in 1897 the oscillation period was 22.1, but by 2021 the oscillation period increased and reached 44.03 years. The amplitude of the oscillation in Voronezh increases, which indicates a tendency to tremor.

Keywords: subjects, coordinates, height, population, demography, economy, production, trends

В книге [1] авторы исследуют закономерности роста городов и процессы урбанизации в России с 1897 по 2010 г., увязывая их с социальными, экономическими, политическими и демографическими явлениями.

Россия занимает 133-е место в мире по ожидаемой продолжительности жизни [2] по вектору предпорядка предпочтительности «чем больше место, тем хуже». При этом Красноярский край, как представитель Азиатской части страны, занимает 65-е место внутри России, а Воронежская область – 24-е место как представитель Европейской части.

За 160 лет, с 1840 по 2020 г., общий коэффициент рождаемости снизился в России

с 7 до 1.82 [3], то есть в 3.85 раза. Теперь государство вынуждено заниматься поощрением демографии, но численность населения даже с экономическими мерами уменьшается.

С коэффициентом младенческой смертности 6.51 Россия занимает в мире (чем больше место, тем лучше) 169-е место (США при 5.22 176-е место, а Словения во всем мире имеет наименьший коэффициент младенческой смертности – 1.53 и находится на 227-м месте) [4]. Тогда получается, что в сравнении со Словенией в России младенческая смертность больше в 4.25 раза.

Цель исследования – выявление закономерностей [5] влияния координат (широта и долгота) и высоты положения центра сто-

лиц 14 субъектов Урала и Сибири на 18 параметров из четырех групп (население, демография, хозяйство и производство) жизни населения.

Материалы и методы исследования

Составлены данные относительно геодезических координат и высоты положения центров столиц у 14 субъектов Федерации (три параметра), а также четырех групп факторов жизнедеятельности населения на территории Урала и Сибири (табл. 1).

Удельные и относительные параметры в данной статье распределяются по группам:

I) координаты центров столиц субъектов Федерации (X01 – приведенная северная широта, причем $\alpha := \alpha - 50, ^\circ$; X02 – приведенная восточная долгота, причем $\beta := \beta - 60, ^\circ$; X03 – высота над уровнем Балтийского моря, м);

VI) параметры населения (X23 – плотность, чел./км²; ожидаемая продолжительность жизни, лет: X24 – всех; X25 – мужчин; X26 – женщин);

VII) демография (X27 – суммарный коэффициент рождаемости; X28 – младенческая смертность на 10³ родившихся живыми; X29 – миграционный прирост на 10⁴ населения; X30 – естественный прирост на 10³ населения);

VIII) хозяйство (X31 – уровень занятости, %; X32 – уровень безработицы, %; X33 – доля населения ниже прожиточного минимума, %; X34 – доля городского населения, %; X35 – доля сельского населения, %);

IX) производство (X36 – ВРП на душу населения за 2018 г., тыс. руб./чел.; X37 – средние душевые доходы, руб./мес.; число умерших в трудоспособном возрасте на 10⁵ населения, чел.: X38 – оба пола; X39 – мужчины в 16–59 лет; X40 – женщины в 16–54 года).

Полная корреляционная матрица факторного анализа содержит 1600 формул [5]. В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции трех влияющих параметров и 18 зависимых показателей, то есть показана адекватность всего 3 x 18 = 54 закономерностей.

Таблица 1

Фрагмент исходных данных по 40 параметрам субъектов Урала и Сибири

Код	Субъект Федерации Западной Сибири	Столица субъекта	Координаты (группа I)				Группы VI–IX			
			X01	X02	X03	...	X23	...	X40	
45	Курганская область	Курган	5.45	5.3333	75	...	11.7	...	262.2	
66	Свердловская область	Екатеринбург	6.8519	0.6122	255	...	22.2	...	251.9	
72	Тюменская область	Тюмень	7.1522	5.5272	81	...	2.5	...	174.1	
74	Челябинская область	Челябинск	5.154	1.4291	218	...	39.3	...	251.0	
4	Республика Алтай	Горно-Алтайск	1.9606	25.9189	285	...	2.4	...	222.3	
17	Республика Тыва	Кызыл	1.7147	34.4534	624	...	1.9	...	378.1	
19	Республика Хакасия	Абакан	3.7156	31.4292	247	...	8.7	...	249.9	
22	Алтайский край	Барнаул	3.3606	23.7636	189	...	13.9	...	260.1	
24	Красноярский край	Красноярск	6.0184	32.8672	139	...	1.2	...	262.1	
38	Иркутская область	Иркутск	2.2978	44.296	427	...	3.1	...	320.1	
42	Кемеровская обл. – Кузбасс	Кемерово	5.3333	26.0833	104	...	27.9	...	342.8	
54	Новосибирская область	Новосибирск	5.0415	22.9346	164	...	15.7	...	232.1	
55	Омская область	Омск	4.9924	13.3686	90	...	13.8	...	220.3	
70	Томская область	Томск	6.4977	24.9744	117	...	3.4	...	201.3	

Примечание. Выделены субъекты Федерации Ангаро-Енисейского макрорегиона.

Таблица 2

Частная корреляционная матрица и рейтинг отобранных факторов

x	Зависимый показатель y									
	Группа VI				Группа VII				Группа VIII	
	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30	X31	X32
X01	0.7469	0.8200	0.7987	0.8369	0.9535	0.8786	0.557	0.8855	0.6012	0.9684
X02	0.7702	0.6836	0.6588	0.6298	0.3361	0.3679	0.3893	0.6494	0.3519	0.3925
X03	0.6724	0.8256	0.7626	0.8823	0.8543	0.6613	0.4354	0.7472	0.4837	0.8003
Σr_{xy}	2.1895	2.3292	2.2201	2.3490	2.1439	1.9078	1.3817	2.2821	1.4368	2.1612
I_y	6	2	5	1	8	10	18	4	17	7

Окончание табл. 2										
x	Зависимый показатель y								Сумма Σr_x	Место I_x
	Группа VIII			Группа IX						
	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40		
X01	0.9356	0.7478	0.7844	0.9686	0.9369	0.6573	0.6875	0.595	14.3598	1
X02	0.5284	0.4894	0.6317	0.3737	0.4937	0.5617	0.5389	0.6407	9.4877	3
X03	0.8244	0.6695	0.3787	0.4373	0.4458	0.5407	0.492	0.7133	11.6268	2
Σr_y	2.2884	1.9067	1.7948	1.7796	1.8764	1.7597	1.7184	1.949	35.4743	-
I_y	3	11	13	14	12	15	16	9	-	0.6569

Таблица 3

Корреляционная матрица парных отношений по трендам при $r \geq 0.7$

x	Зависимый показатель y													
	Группа VI			Группа VII			Группа VIII				Группа IX			
	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X30	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X40
X01	0.7469	0.8200	0.7987	0.8369	0.9535	0.8786	0.8855	0.9684	0.9356	0.7478	0.7844	0.9686	0.9369	
X02	0.7702													
X03		0.8256	0.7626	0.8823	0.8543		0.7472	0.8003	0.8244					0.7133

Примечание. Выделены отношения с коэффициентом корреляции не менее 0.7.

Таблица 4

Параметры тренда бинарных отношений при $r \geq 0.9$

Переменная x	Показатель y	Двухчленный тренд $y = a \exp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g)$								Коэф. корр. r
		Экспоненциальный закон			Биотехнический закон					
		a	b	c	d	e	f	g		
X01	X36	1.18541e-41	-1.90650	2.02123	204.95263	0	-0.014331	2.01767	0.9686	
X01	X32	826.88418	0.0047631	1.64166	-2339.82228	0.38954	1.09635	0.28810	0.9684	
X01	X27	1936.26919	1.61289	0.37282	-3472.17089	0.17510	2.21815	0.33785	0.9535	
X01	X37	0.0090344	-14.46750	0.017219	2.60219e-107	201.69335	1.34848	0.99655	0.9369	
X01	X33	1.96104e6	4.46699	0.30697	-4.04202e6	0.16996	5.20013	0.29277	0.9356	

Среди трех влияющих факторов первое место занимает X01 – северная широта, второе – X03 – высота над уровнем Балтийского моря и третье – X02 – восточная долгота. Среди 18 зависимых показателей первое место занял фактор X26 – ожидаемая продолжительность жизни женщин, второе X24 – ожидаемая продолжительность жизни всех и третье – X33 – доля населения ниже прожиточного минимума.

Коэффициент коррелятивной вариации по табл. 2 равен $35,4743 / (3 \times 18) = 0,6569$, дает средний уровень адекватности.

Сильные парные отношения. Выберем из табл. 2 сильные бинарные отношения с коэффициентом корреляции не менее 0.7 (табл. 3). Из 54 бинарных отношений сильные факторные связи равны 22 шт., или по доле равно 40.74%.

Сильных пар в группе VI находится 8 шт., в группе VII – 5 шт., в группе VIII –

6 шт. и в группе IX – 3 шт. При этом наибольшее количество пар (13 шт.) образуется от влияния X01 – приведенная северная широта, затем восемь пар от влияния X03 – высота над уровнем Балтийского моря и только одна пара от влияния X02 – приведенная восточная долгота.

Все пять сильнейших зависимостей относятся к влиянию X01 – северной широты. В табл. 4 дан рейтинг пяти закономерностей по двухчленным трендам (рис. 1).

Оказалось, что зависимость X01 → X36 – ВРП на душу населения за 2018 г. не только имеет самый высокий коэффициент корреляции по тренду, но дополнительно идентифицируется несколькими волновыми уравнениями (табл. 5 и рис. 2). Первые два члена из табл. 5 являются двухчленным трендом, который является частным случаем вейвлета при периоде колебания, стремящемся к бесконечности.

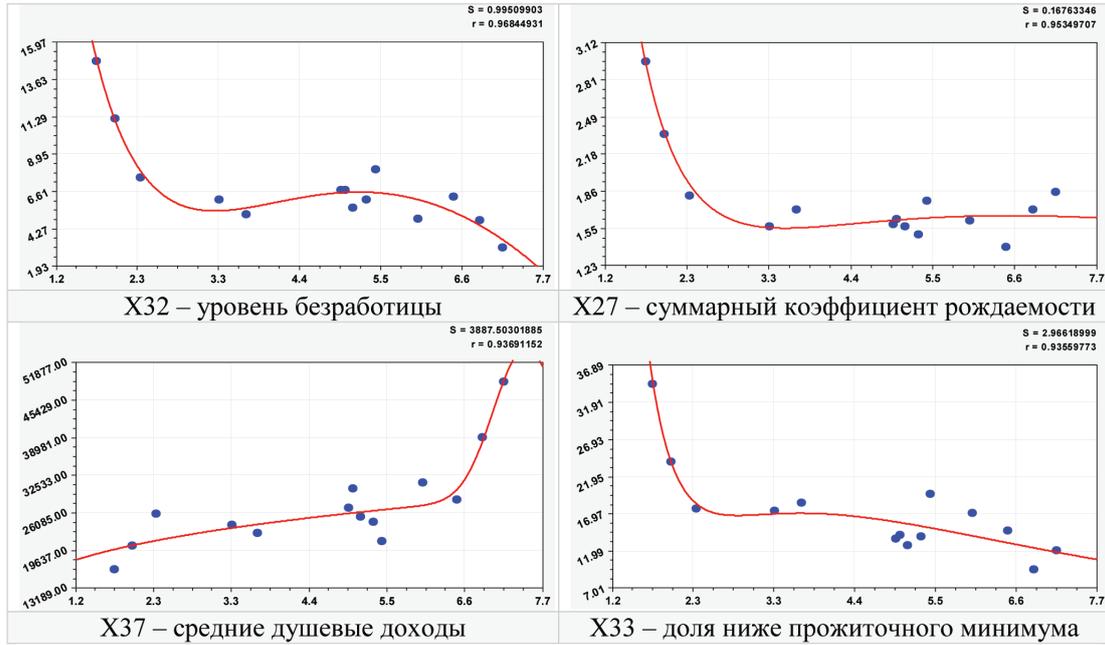


Рис. 1. Графики влияния широты на параметры жизнедеятельности населения по трендам

Таблица 5

Вейвлеты влияния широты на Х36 – ВРП на душу населения за 2018 г.

Номер i	Асимметричный вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	1.23149e-41	0	-1.90651	2.02126	0	0	0	0	0.9906
2	496.48292	0	-0.00010439	4.03582	0	0	0	0	
3	615.46320	0	0.49920	0.55152	0.85506	0	0	3.41070	0.8175
4	-0.069161	13.73049	2.79080	1.02204	0.30910	0.00013370	2.84947	-3.09424	

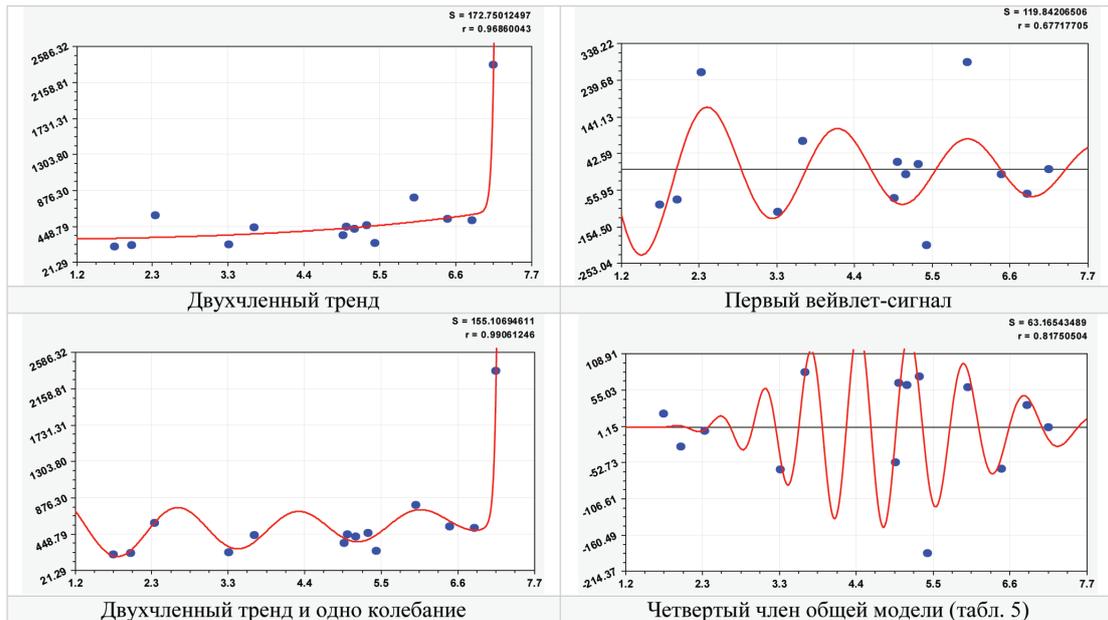


Рис. 2. Графики влияния широты на Х36 – ВРП на душу населения за 2018 г.

Таким образом, экономическая география получает конкретные закономерности влияния северной широты, что доказывает нашу гипотезу о колебательной адаптации в природе.

Динамика численности населения городов. Интерес представляет дополнение к данным из табл. 1 времени. Это позволило бы изучать динамические процессы в жизнедеятельности населения на разных территориях. Пока мы не нашли таких объемных таблиц.

Мы выписали данные [1, с. 105, табл. 14] для двух городов, находящихся в Азиатской (Красноярск) и Европейской (Воронеж) частях РФ. Время $\tau = 0$ для 1897 г. (табл. 6).

Таблица 6

Динамика урбанизации [1]

Год	Время τ , лет	Население N , 10^3 чел.	
		Красноярск	Воронеж
1897	0	27	81
1926	29	72	122
1939	42	190	344
1959	62	412	447
1970	73	648	660
1979	82	795	781
1989	92	869	882
2002	105	912	849
2009	112	955	846

Дата появления г. Красноярска 1628 г., а Воронежа – 1586 г.

Закон Вейбулла удачно характеризует динамику численности населения до некоторого предела:

– численность населения Красноярска

$$N = 1042.5698 - 1053.6642 \exp(-2.03102 \cdot 10^{-5} \tau^{2.50378}); \quad (1)$$

– численность населения Воронежа

$$N = 924.89295 - 860.04583 \exp(-2.56110 \cdot 10^{-5} \tau^{2.50264}). \quad (2)$$

Из Интернета по запросу численность населения Красноярска равна 1092.851 и Воронежа – 1050.602 тыс. чел.

В табл. 7 приведены результаты идентификации (рис. 3, 4) по моделям:

– численность населения Красноярска

$$N = 1112.45095 - 1171.89648 \exp(-2.03294 \cdot 10^{-5} \tau^{2.48063}) + \\ + 74.39794 \exp(-0.0010138 \tau^{1.16951}) \cos(\pi \tau / (11.04073 + 1.12472 \tau^{0.47259}) - 0.076406); \quad (3)$$

– численность населения Воронежа

$$N = 993.31384 - 930.12818 \exp(-2.62893 \cdot 10^{-5} \tau^{2.45773}) + \\ + 16.94631 \exp(0.44586 \tau^{0.27531}) \cos(\pi \tau / 21.68109 + 0.10628). \quad (4)$$

Таблица 7

Динамика урбанизации и прогноз численности населения по моделям (3) и (4)

Год	Время τ , лет	Красноярск				Воронеж			
		Факт	Расчет	Погрешн.	K	Факт	Расчет	Погрешн.	K
Основание прогноза									
1897	0	27	14.74	45.42	-0.25	81	80.04	1.19	1.27
1926	29	72	83.52	-16.00	2.23	122	133.89	-9.74	0.87
1939	42	190	197.74	-4.07	1.17	344	332.47	3.35	1.21
1959	62	412	401.70	2.50	0.90	447	452.37	-1.20	0.88
1970	73	648	650.50	-0.39	1.06	660	628.39	4.79	0.97

Окончание табл. 7

Год	Время τ, лет	Красноярск				Воронеж			
		Факт	Расчет	Погрешн.	K	Факт	Расчет	Погрешн.	K
1979	82	795	797.60	-0.33	1.08	781	810.58	-3.79	1.09
1989	92	869	863.99	0.58	1.01	882	885.11	-0.35	1.06
2002	105	912	911.23	0.08	0.94	849	834.05	1.76	0.91
2009	112	955	964.34	-0.98	0.95	846	869.65	-2.79	0.93
2021	124	1092.851	1081.91	1.00	1.02	1050.602	1034.62	1.52	1.07
Горизонт прогноза									
2027	130	-	1125.3	-	1.04	-	1070.9	-	1.09
2035	138	-	1145.6	-	1.05	-	1015.4	-	1.03
2048	151	-	1103.1	-	1.00	-	891.0	-	0.90
2062	165	-	1060.9	-	0.96	-	1038.4	-	1.05
2095	198	-	1157.8	-	1.04	-	893.9	-	0.90
2113	216	-	1110.9	-	1.00	-	1113.4	-	1.12

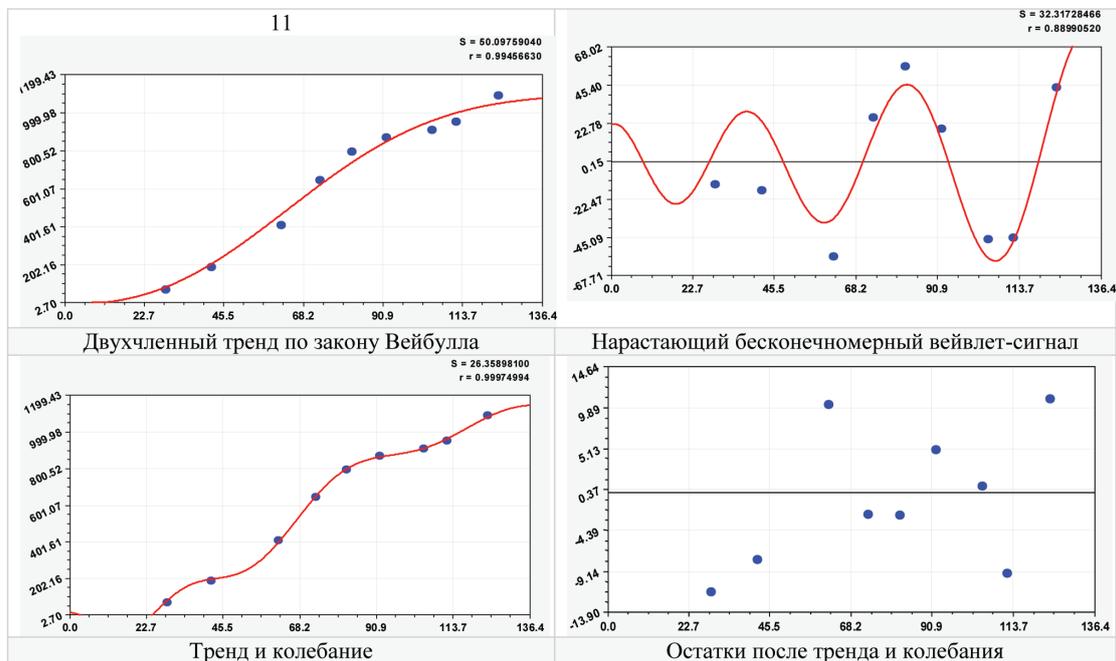


Рис. 3. Графики динамики за 1897–2021 гг. численности населения Красноярска

Погрешность вычисляется по выражению $100 \cdot (\text{факт} - \text{расчет}) / \text{факт}$, а коэффициент динамичности как отношение всей формулы (3) или (4) к тренду в виде закона Вейбулла.

Период колебания численности населения в Воронеже постоянный за 124 года и равен $2 \times 21.68109 \approx 43.4$ года (чуть больше двойного среднего цикла обращения ядра Солнца вокруг самого себя). Для Красноярска по (3) в 1897 г. период колебания был равен 22.1 года (очень близок к циклу обращения ядра Солнца). К 2021 г. период колебания достиг 44.03 года.

Амплитуда колебания у обоих городов нарастает со временем, однако после объединения с трендом по закону Вейбулла у Красноярска получилось медленное снижение. Это происходит из-за эффекта «уплотнения ящика с предметами при встряске».

Однако программная среда CurveExpert-1.40 способна вместе «трясти» только 3-4 составляющих, поэтому для дальнейшей идентификации нужно разработать специализированную программную среду по нашим сценариям статистического моделирования.

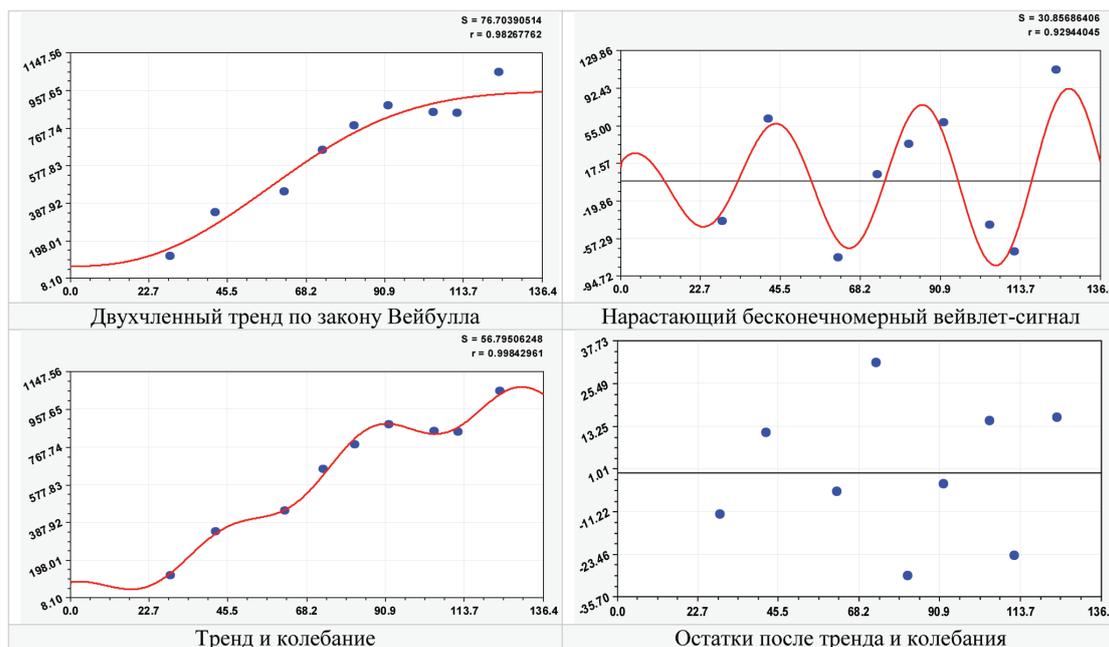


Рис. 4. Графики динамики за 1897–2021 гг. численности населения Воронежа

По основанию прогноза в 124 года ориентировочный прогноз возможен до горизонта $2021 + 124 = 2145$ года. Таким образом, при наличии достоверных данных для любого города можно идентифицировать асимметричные вейвлеты, причем чем длиннее динамический ряд, тем больше составляющих в виде тренда и нескольких колебаний (практически были получены общие модели, содержащие до 200 составляющих).

Закключение

Выявлены закономерности влияния координат (широта и долгота) и высоты положения центра столиц у 14 субъектов Урала и Сибири на 18 параметров из четырех групп (население, демография, хозяйство и производство) жизни населения.

Среди трех влияющих факторов первое место занимает северная широта, второе – высота над уровнем Балтийского моря и третье – восточная долгота. Среди 18 зависимых показателей первое место занял фактор X26 – ожидаемая продолжительность жизни женщин, второе X24 – ожидаемая продолжительность жизни всех и третье – X33 – доля населения ниже прожиточного минимума. Коэффициент коррелятивной вариации равен 0,6569, что дает средний уровень адекватности.

Из 54 бинарных отношений сильные, с коэффициентом корреляции не менее 0.7,

факторные связи равны 22 шт., или по доле равно 40.74%. При этом наибольшее количество пар (13 шт.) образуется от влияния северной широты, затем восемь пар от высоты над уровнем Балтийского моря и только одна пара от влияния восточной долготы.

Оказалось, что зависимость влияния широты на ВРП на душу населения за 2018 г. не только имеет самый высокий коэффициент корреляции по тренду, но дополнительно идентифицируется несколькими волновыми уравнениями.

В динамике урбанизации период колебания численности населения в Воронеже постоянный за 124 года и равен 43.4 года. Для Красноярска в 1897 г. период колебания был равен 22.1 года, однако к 2021 г. период колебания увеличился и достиг 44.03 года. Амплитуда колебания у Воронежа нарастает, что указывает на стремление к тремору. С учетом трех членов амплитуда колебания у Красноярска снижается.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта: «19-45-240004p_a Прогноз эколого-экономического потенциала возможных "климатических" миграций в Ангаро-Енисейском макрорегионе в меняющемся климате 21-го века».

Список литературы / References

1. Becker C.M., Mendelsohn S.J., Benderskaya K.A. Russian urbanization in the Soviet and post-Soviet eras. International Institute for Environment and Development (IIED). London. Urbanization and emerging population issues. Working paper. 2012. 134 p.
 2. Life Expectancy of the World Population. Life expectancy at birth. Data based on the latest United Nations Population Division. [Electronic resource]. URL: <https://www.worldometers.info/demographics/life-expectancy/> (date of access: 30.07.2021).
 3. Total fertility rate in Russia from 1840 to 2020. 2021. [Electronic resource]. URL: <https://www.statista.com/statistics/1033851/fertility-rate-russia-1840-2020/> (date of access: 30.07.2021).
 4. Infant mortality rate. [Electronic resource]. URL: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/infant-mortality-rate/country-comparison> (date of access: 30.07.2021).
 5. Мазуркин П.М. Факторный анализ субъектов Сибирского округа по 40 параметрам жизни населения // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2021. № 5 (35). С. 17–39.
- Mazurkin P.M. Factor analysis of the subjects of the Siberian district by 40 parameters of the population's life // Biosphere economy: theory and practice. 2021. No. 5 (35). P. 17–39.