Никитин Виктор Васильевич

канд. физ.-мат. наук, профессор, доцент

Бобин Дмитрий Витальевич

старший преподаватель

Назаров Александр Алексеевич

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный

университет им. И.Н. Ульянова»

г. Чебоксары, Чувашская Республика

DOI 10.31483/r-99799

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОГО СГЛАЖИВАНИЯ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ НА ПРИМЕРЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СБЕРЕЖЕНИЙ И КОНЕЧНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

Аннотация: статья посвящена моделированию развития социально-экономических систем с помощью многомерных статистических методов. Целью исследования является разработка метода прогнозирования социально-экономических процессов, эффективного даже при коррелированности признаков, характеризующих изучаемые объекты. В ходе исследования разработан метод экспоненциального сглаживания главных компонент, позволяющий выявлять компоненты коррелированных между собой временных рядов и одновременно прогнозировать их развитие. Апробация предложенного подхода осуществлена на примере анализа сбережений и располагаемого дохода населения Чувашской Республики.

Ключевые слова: социально-экономическая система, интегральная оценка, многомерные временные ряды, метод главных компонент, факторный анализ, экспоненциальное сглаживание.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Чувашской Республики в рамках научного проекта №19-410-210007 р_а «Моделирование

интегрального показателя в исследовании социально-экономических систем и процессов».

Интегральная оценка систем на основе прогнозирования сбережений и располагаемого дохода населения способствует повышению экономической и социальной устойчивости и позволяет выстраивать обоснованную стратегию развития региона. Это важно как для региональных органов власти при планировании регионального бюджета, так и для отраслей экономики при планировании объемов производства продукции, обеспеченного платежеспособным спросом.

Распространенным подходом к анализу сбережений и доходов населения является применение эконометрических моделей. Например, Э.Б. Ершовой в [3] предложена модель сбережения в зависимости от кредитов. М.Ю. Малкиной в [5] построена модель множественной регрессии сбережений населения региона в зависимости от дисконтированных доходов, численности населения, удельного значения кредитных организаций и стоимости жилых объектов. В [4] О.А. Козловой и др. представлена модель потребления и сбережений в зависимости от располагаемых доходов населения и индекса потребительских цен с включением лаговых переменных.

Регрессионные модели анализа социально-экономических систем имеют один существенный недостаток – наличие тесных связей между признаками системы. Поэтому основной задачей исследования является разработка метода прогнозирования социально-экономических процессов, эффективно работающего в условиях коррелированности изучаемых признаков, основанного на компонентном анализе. Метод главных компонент (МГК) выполняет многомерный статистический анализ и способен разложить временной ряд на составляющие. Таким же преимуществом обладает метод прогнозирования «гусеница» (сингулярный спектральный анализ), использованный в трудах [1] и [8]. Однако мы рассматриваем систему одновременных взаимосвязанных временных рядов, которые находятся во влиянии некоторого количества скрытых факторов, представляющих собой интегральные оценки, анализ которых и необходим в первую очередь. Для

этого авторами в работах [2; 6; 7] разработана методика экспоненциального сглаживания главных компонент, алгоритм которого представлен на рисунке 1.

Рис. 1. Схема модели экспоненциального сглаживания главных компонент

Обозначения:

$Y_{(n+1) \times m} = \{y_{ij}\}$, $i=0..n$, $j=1..m$, где y_{ij} – исходное значение i -го наблюдения j -го признака;

$X_{n \times m}$ – матрица приращений исходных признаков;

$Z_{n \times m}$ – матрица стандартизованных признаков x_j ;

$R_{m \times m}$ – корреляционной матрицы вспомогательных признаков x_j ;

$A_{m \times m} = \{a_{jl}\}$, $j=1..m$, $l=1..r$, – матрица факторных нагрузок;

$F_l = \{f_{il}\}$, $l=1..r$, $r \leq m$, – матрица главных компонент;

$P_i(\alpha_l)$ – вектор весовых коэффициентов l -й главной компоненты, заданный по формуле бинома Ньютона;

α_l – статистический параметр l -й главной компоненты, оптимальное значение которого находится из решения уравнения $G_l(\alpha)=0$;

F_{n+1} – прогнозные значения главных компонент на $(n+1)$ момент времени;

X_{n+1} – прогнозы вспомогательных признаков x_j ;

Y_{n+1} – прогнозы исходных признаков y_j .

Апробация предлагаемого метода осуществлена на примере прогнозирования основных показателей доходов и расходов населения Чувашской Республики. Исходные значения показателей системы (1) за период 2005–2019 гг. представляют собой одновременные временные ряды (рис. 2).

Рис. 2. Доходы и расходы населения Чувашской Республики, млн руб.

На основе баланса денежных доходов и расходов и конечного потребления домохозяйств [9] построена их экономико-математическая модель:

$$\begin{cases} RD = D + CB - T, \\ RD_{\text{корр}} = RD + CT_{\text{нат}}, \\ S = RD - C, \\ P = C + UIR_{\text{нат}}, \\ КП = P + CT_{\text{нат}}, \end{cases} \quad (1)$$

где S – прирост сбережений населения;

$КП$ – фактическое конечное потребление домашних хозяйств;

$D = y_1$ – денежные доходы населения;

RD – располагаемый денежный доход населения;

$CB = y_2$ – социальные выплаты;

$T = y_3$ – налоги и другие обязательные платежи;

$RD_{\text{корр}}$ – скорректированный располагаемый доход домашних хозяйств;

$CT_{\text{нат}} = y_4$ – социальные трансферты в натуральной форме;

$C = y_5$ – денежные расходы населения на покупку товаров и услуг;

$УИР_{нат}$ – условно исчисленные расходы на товары и услуги, полученные в натуральной форме;

$P = y_6$ – расходы домашних хозяйств.

Совокупность экзогенных переменных y_1 - y_6 системы (1), а также их ряды приращений X_t являются тесно связанными. Взаимосвязь динамических рядов Y_t во многом обусловлена трендом, который устраняется при переходе к рядам приращений X_t . Наблюдаемое значение хи-квадрат критерия Уилкса для корреляционной матрицы признаков X_t составляет 39,34, а критическое значение – 30,58. Гипотеза о мультиколлинеарности признаков принимается на уровне значимости 0,01, применение факторного анализа методом главных компонент оправданно. Анализ собственных значений корреляционной матрицы переменных X показал, что оптимальное количество главных компонент равно трем, суммарно объясняющих 82,5% дисперсии переменных.

Параметры α_l экспоненциального сглаживания главных компонент F_l найдем из решения уравнений $G_l(\alpha_l)=0$, воспользовавшись надстройкой «Поиск решений» программы MS Excel. На отрезке $[0;1]$ уравнение $G_1(\alpha_1)=0$ для первой главной компоненты F_1 имеет 2 корня (0,5612, 0,8979), $G_2(\alpha_2)=0$ для второй ГК F_2 – 3 решения (0,1583, 0,4766, 0,8828), $G_3(\alpha_3)=0$ для третьей ГК F_3 – 4 решения (0,1051, 0,3093, 0,6449, 0,9176). Для максимальных значений корней α_l предложенным авторами методом экспоненциального сглаживания главных компонент получены векторы весовых коэффициентов $P_{l,i}$ главных компонент (табл. 1).

Таблица 1

Параметры экспоненциального сглаживания главных компонент

i	$F_{1,i}$	$F_{2,i}$	$F_{3,i}$	$(\alpha_1)^{i-1}$	$(\alpha_2)^{i-1}$	$(\alpha_3)^{i-1}$	C_{n-1}^{i-1}	$P_{1,i}$	$P_{2,i}$	$P_{3,i}$
1	-0,205	0,568	0,591	1,000	1,000	1,000	1	0,000	0,000	0,000
2	-0,631	0,669	-0,210	0,898	0,883	0,918	13	0,000	0,000	0,000
3	-0,970	-0,584	-1,668	0,806	0,779	0,842	78	0,000	0,000	0,000
4	1,083	0,345	0,993	0,724	0,688	0,773	286	0,000	0,000	0,000
5	1,069	-2,616	0,355	0,650	0,607	0,709	715	0,000	0,000	0,000
6	-0,063	-0,232	-1,271	0,584	0,536	0,651	1287	0,000	0,000	0,000
7	-0,850	-0,096	0,380	0,524	0,473	0,597	1716	0,000	0,000	0,000
8	-0,686	-0,186	-0,325	0,471	0,418	0,548	1716	0,001	0,002	0,000

9	-0,589	0,422	0,435	0,423	0,369	0,503	1287	0,006	0,011	0,002
10	-0,899	-1,331	0,625	0,379	0,326	0,461	715	0,029	0,044	0,015
11	2,383	0,503	-1,649	0,341	0,287	0,423	286	0,104	0,132	0,068
12	0,943	0,441	1,863	0,306	0,254	0,389	78	0,249	0,272	0,206
13	0,027	1,396	-0,231	0,275	0,224	0,357	13	0,365	0,341	0,382
14	-0,611	0,702	0,113	0,247	0,198	0,327	1	0,247	0,198	0,327

Далее рассчитаны точечные и 95%-ные интервальные прогнозные значения $f_{l,n+1}$ для каждой главной компоненты F_l . Путем обратного перехода от $f_{l,n+1}$ к исходным признакам Y даны прогнозы сбережений и конечного потребления населения ЧР на 2020–2022 годы (табл. 2).

Таблица 2

Прогнозы сбережений и конечного потребления населения ЧР, млн руб.

	Сбережения (S)			Конечное потребление (KIT)		
	Пессимистичные	Умеренные	Оптимистичные	Пессимистичное	Умеренное	Оптимистичное
2020	4840	15483	26126	298380	310736	323091
2021	6246	16721	27196	314643	326336	338029
2022	3872	15642	27412	329976	341272	352568

Проверка модели по наблюдениям за 2018–2019 показала, что среднее отклонение прогнозных и фактических значений всех показателей системы (1) не превышает 3%, кроме сбережений. Это связано с тем, что сбережения значительно зависят от других факторов: инфляции, налогов и сборов, экзогенных шоков. Вследствие учета взаимосвязи временных рядов, доверительные интервалы прогнозов, построенных предложенным авторами методом, незначительно шире в сравнении с регрессионными методами.

Таким образом, для прогнозирования и интегрального оценивания взаимосвязанных временных рядов требуются особые подходы, один из которых и предложен в данном научном проекте, – экспоненциальное сглаживание главных компонент. Его суть состоит в переходе от множества признаков социально-экономической системы к небольшому количеству скрытых факторов, развитие которых анализируется по авторской методике взвешенного экспоненциального

сглаживания. Апробация данного подхода на примере прогнозирования системы «сбережение – потребление» населения региона дала хорошие результаты.

Список литературы

1. Golyandina N., Korobeynikov A., Zhigljavsky A. (2018) Singular Spectrum Analysis with R. Berlin Heidelberg: Springer Nature. – 272 p.
2. Бобин Д.В. Модельная комплексная оценка энергоэффективности социально-экономических систем / Д.В. Бобин, В.В. Никитин // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2019. – Т. 8, №3 (28). – С. 93–97.
3. Ершов Э.Б. Моделирование организованных сбережений населения России: макроподход, учет кредита / Э.Б. Ершов, О.Н. Кадрева // Экономический журнал ВШЭ. – 2015. – Т. 19, №3. – С. 349–385.
4. Козлова О.А. Факторный анализ взаимосвязи «потребление – сбережение» в Уральском федеральном округе / О.А. Козлова, Е.Х. Тухтарова // Экономика региона. – 2014. – №3. – С. 248–257.
5. Малкина М.Ю. Факторы сбережений населения: страновой и региональный анализ / М.Ю. Малкина, И.Ю. Храмова // Региональная экономика: теория и практика. – 2017. – №10. – С. 1844–1867.
6. Никитин В.В. Метод главных компонент для взвешенных данных в процедуре многомерного статистического прогнозирования / В.В. Никитин, Д.В. Бобин // Статистика и экономика. – 2021. – №2. – С. 4–11.
7. Никитин В.В. Алгоритм построения показателя комплексной оценки объекта исследования / В.В. Никитин, Д.В. Бобин, А.А. Назаров // Проблемы и перспективы развития социально-экономического потенциала российских регионов: материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф. – 2019. – С. 242–246.
8. Поршнева С.В. Исследование особенностей применения метода сингулярного спектрального анализа в задаче анализа и прогнозирования временных рядов: монография / С.В. Поршнева, Ф. Рабайя. – Ульяновск: Зебра, 2016. – 167 с.
9. Чувашия в цифрах. 2021: крат. стат. сб. / Чувашстат. – Чебоксары, 2021. – 210 с.