

УДК 330.4 JEL C02

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ В ИССЛЕДОВАНИИ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ НАЧИСЛЕННОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ НАЁМНЫМ РАБОТНИКАМ В РОССИИ

Хроль Екатерина Владимировна
ассистент кафедры компьютерных технологий и систем

Попова Елена Витальевна
д.э.н., к.ф.-м.н. профессор
ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Основное внимание уделяется выявлению скрытых паттернов, устойчивых трендов, цикличности и возможных хаотических явлений в динамике заработной платы, а также прогнозированию ее будущих значений. В данной научной работе анализируются временные ряды заработной платы, применяются методы теории хаоса, фрактального анализа, фазовых пространств и другие подходы нелинейной динамики для получения более глубокого понимания процессов, влияющих на заработную плату в различных регионах и секторах экономики России. Эти инструменты позволяют учитывать особенности экономических систем и позволяют более точно анализировать их поведение. В данном исследовании осуществлен анализ методами нелинейной динамики, направленный на рассмотрение среднемесячной заработной платы наемных сотрудников. Теоретический анализ проводится для сбора данных, которые помогут принять правильные решения. Например, если известны диапазоны значений параметров, при которых система ведет себя хаотично, то для обеспечения ее стабильности следует избегать выбора параметров в этих диапазонах. Цель исследования состоит в анализе данных различными методами нелинейной динамики и выявление зависимостей. Актуальность проведения данного исследования обусловлена необходимостью более глубокого понимания финансового положения работников наемных компаний и их зависимости от различных факторов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью получения более глубокого понимания динамики среднемесячного начисления заработной платы в условиях современной российской экономики, характеризующейся нестабильностью и значительными структурными изменениями. Авторами представлен процесс

UDC 330.4 JEL C02

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

THE APPLICATION OF NONLINEAR DYNAMICS TECHNIQUES IN THE ANALYSIS OF THE AVERAGE MONTHLY WAGES OF EMPLOYEES IN RUSSIA

Khrol Ekaterina Vladimirovna
Assistant of the Department of Computer Technologies and Systems,

Popova Elena Vitalievna
Doctor of Economics, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor
Kuban State Agrarian University named after I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia

The main focus is on identifying hidden patterns, stable trends, cyclicity and possible chaotic phenomena in wage dynamics, as well as forecasting its future values. This scientific work analyzes the time series of wages, uses methods of chaos theory, fractal analysis, phase spaces and other approaches of nonlinear dynamics to gain a deeper understanding of the processes affecting wages in various regions and sectors of the Russian economy. These tools allow us to take into account the peculiarities of economic systems and allow us to analyze their behavior more accurately. In this study, an analysis using nonlinear dynamics methods will be carried out, aimed at considering the average monthly salary of employees. Theoretical analysis is carried out to collect data that will help you make the right decisions. For example, if the ranges of parameter values are known at which the system behaves chaotically, then to ensure its stability, it is necessary to avoid choosing parameters in these ranges. The purpose of the study is to analyze the data using various methods of nonlinear dynamics and identify various dependencies. The relevance of this study is due to the need for a deeper understanding of the financial situation of employees of hired companies and their dependence on various factors. The relevance of the study is due to the need to gain a deeper understanding of wage dynamics in the modern Russian economy, characterized by instability and significant structural changes. The authors present the data analysis process for 2019-2022, which provides up-to-date information and takes into account current trends at the time of the study. This approach to the study provided a more extensive understanding of the relationships between population size and various factors in the regions of Russia, which in turn gave more reliable and informative research results, namely: theoretical study, analysis and comparison of statistics; analysis (correlation, regression, factorial, cluster);

анализа данных за 2019-2022 гг., который представляет актуальную информацию и учитывает текущие тенденции на момент проведения исследования. Такой подход к исследованию обеспечил более обширное понимание взаимосвязей между численностью населения и различными факторами в регионах России, что в свою очередь дало более надежные и информативные результаты исследования, а именно: теоретическое изучение, анализ и сравнение статистики; анализ (корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный); биннинг; обобщение

binning; generalization

Ключевые слова: НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА, СРЕДНЕМЕСЯЧНАЯ НАЧИСЛЕННАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА, НАЕМНЫЕ РАБОТНИКИ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МЕТОДЫ, ТЕНДЕНЦИИ, АНАЛИЗ, ТРУДОВАЯ ЗАНЯТОСТЬ, БИННИНГ, СТАТИСТИКА

Keywords: NONLINEAR DYNAMICS, AVERAGE MONTHLY ACCRUED WAGES, EMPLOYEES, RESEARCH, METHODS, TRENDS, ANALYSIS, EMPLOYMENT, BINNING, STATISTICS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-203-029>

Введение.

В современном мире анализ динамики заработной платы является важным аспектом экономических исследований, поскольку уровень оплаты труда отражает состояние экономики не только отдельно взятой отрасли, но и страны в целом, что влияет на уровень жизни населения и на социальную стабильность. Традиционные методы анализа экономических данных зачастую оказываются недостаточными для полного понимания сложных и многофакторных процессов, происходящих в экономике целой страны.

Начиная с двухтысячных годов 21 века в России в арсенал экономических исследований все чаще включаются методы нелинейной динамики, которые позволяют выявлять скрытые закономерности и предсказывать поведение сложных систем. Нелинейная динамика представляет собой подход, в котором рассматриваются системы, поведение которых не подчиняется принципу суперпозиции [2,5].

Отметим, что небольшие изменения на входе системы могут приводить к непропорционально большим изменениям на выходе. Такие

<http://ej.kubagro.ru/2024/09/pdf/29.pdf>

методы особенно полезны для анализа экономических показателей, которые подвержены влиянию множества внешних и внутренних факторов, включая политические решения, изменения в мировых рынках, технологические инновации и социальные изменения.

Обоснование актуальности исследования и обозначение проблемы.

На сегодняшний день, когда экономика России незамедлительно растет с каждым годом, не смотря на различные мировые угрозы, методы нелинейной динамики становятся все более популярными в экономических исследованиях, позволяя более глубоко и точно анализировать сложные динамические процессы. Именно они рассмотрены в данном исследовании. Анализируя динамику заработной платы с помощью нелинейных моделей, мы сможем выявить скрытые закономерности и тенденции, которые могут быть недоступны при использовании традиционных методов исследования [6,7].

В результате, этот анализ позволит лучше понять динамику заработной платы работников в России и принять обоснованные решения в области трудовых отношений и социальной политики.

Для достижения поставленной цели исследования требуется выполнить следующие этапы:

- провести отбор подходящих для анализа статистических данных.
- собрать данные о соответствующих факторах из различных областей.
- преобразовать собранные данные в удобную для анализа форму, а именно - в таблицу.
- применить методы Data Mining для извлечения полезной информации из данных.

– проанализировать полученные результаты и сделать выводы на основе полученных данных.

Таким образом, в статье проведен интеллектуальный анализ данных в low-code системе, для того чтобы охватить весь цикл работы с исходными данными, которые имеют большие объемы и неопределенную статистическую структуру. [1].

Методология исследования.

Для начала исследования требовалось собрать данные о среднемесячной начисленной заработной плате наемных работников в России за определенный период времени. Выбор пал на период 2019-2022 гг., поскольку в это время произошли значительные глобальные экономические изменения в исследуемой сфере [6]. Далее, для проведения интеллектуального анализа данных и применения различных методов нелинейной динамики, таких как корреляционный анализ, линейная регрессия, нейросети (регрессия), EM-кластеризация, самоорганизующиеся сети, факторный анализ, биннинг и логистическая регрессия, использовалось соответствующее программное обеспечение (ПО) [3].

Применение методов нелинейной динамики в исследовании среднемесячной начисленной заработной платы наёмным работникам в России может помочь выявить скрытые закономерности и улучшить стратегическое планирование. Выбор же критериев оценки и построение необходимых функций является исследовательской задачей, решение которой предложено в настоящей работе.

Отдельно отметим, что в качестве программного инструментария методов нелинейной динамики авторы предлагают использовать аналитическую low-code платформу Loginom.

Исходя из полученных результатов исследования, можно сделать вывод, о том, что:

– сильная связь (коэффициент корреляции Пирсона по модулю больше 0,6) у выходного поля наблюдается с такими факторами, как располагаемые ресурсы домашних хозяйств, стоимость минимального набора продуктов питания и среднедушевые денежные доходы населения;

– умеренная связь существует между среднемесячной начисленной заработной платой наемных работников и такими показателями, как удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, число обрабатывающих производств и уровень бедности;

– мультиколлинеарность присутствует между располагаемыми ресурсами домашних хозяйств и среднедушевыми денежными доходами населения [4];

– слабая (практически отсутствующая) связь выходного поля (коэффициент корреляции Пирсона по модулю меньше 0,3) выявлена с оценкой туристского потока по количеству поездок;

На основе получившихся данных сделаем следующие выводы:

– качество модели очень высокое (коэффициент детерминации показывает долю дисперсии результативного признака, вызванную влиянием факторов, включенных в модель и равен 0,957448, то есть модель объясняет почти 100% дисперсии результативной переменной);

– p -значение переменной. Стоимость минимального набора продуктов больше заданного уровня значимость 0,05, что является статистически незначимым;

– остальные переменные имеют p -значения меньше 0,05 – что, в свою очередь, уже статистически значимо. Исключим переменные p -значение которых превышает 0,05 (Потенциальная рабочая сила, инвестиции в основной капитал, оценку туристического потока) [4].

Отметим, что качество модели не ухудшилось. В итоговой регрессионной модели отражены только статистически значимые факторы (р-значение более 0,05). Качество модели почти не изменилось, осталось очень высоким, т. к. коэффициент детерминации равен 0,954213 и доказывает высокое качество модели (первичный - 0,957448).

Построенная регрессионная модель будет иметь вид (1):

$$Y = -8512,1942 + 359,7969X_1 + 0,7836X_2 + 0,4509X_3 - 40,341X_4 - 0,000169X_5 + 130,8273X_6 \quad (1).$$

В результате расчетов было получено уравнение множественной регрессии:

$$Y = -8512,1942 + 359,7969X_1 + 0,7836X_2 + 0,4509X_3 - 40,341X_4 - 0,000169X_5 + 130,8273X_6 \quad (2).$$

Экономический анализ параметров модели демонстрирует следующие взаимосвязи:

При увеличении уровня бедности (X_1) на 1 единицу среднее значение Y возрастает на 359,797 единиц.

– при увеличении располагаемых ресурсов домашних хозяйств (X_2) на 1 единицу среднее значение Y увеличивается на 0,784 единицы.

– увеличение численности безработных (X_3) на 1 единицу приводит к росту среднего значения Y на 0,451 единицу.

– повышение удельного веса работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда (X_4), на 1 единицу приводит к снижению среднего значения Y на 40,341 единицу.

– увеличение стоимости минимального набора продуктов питания (X_5), на 1 единицу приводит к снижению среднего значения Y на 0,000169 единицы.

Для оценки качества модели также произведем расчет ошибки аппроксимации (3)

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\% \quad (3)$$

Причины существования случайной ошибки:

- отсутствие в регрессионной модели значимых объясняющих переменных;
- агрегирование переменных;
- ошибки измерения.

Ошибка до 12% считается приемлемой. В данном исследовании случае она составляет 7,88%, что говорит о приемлемом качестве модели. Вывод регрессии, в данном случае, дает неточные результаты ввиду недостаточного количества данных [2].

AUC ROC составляет 63% и по экспертной шкале попадает в категорию «среднее качество». В отчете по регрессии авторами выбрана финальная модель, так как именно она показывает наиболее высокий R^2 , но при этом в ней есть переменная, р- значение которой превышает допустимое.

Таким образом, отчет по регрессии сохраняет $R^2 = 0,994611$ и по всем переменным приобретает нулевые значения р-значимости, что является своеобразным эталоном. Но при этом, стоит отметить, что качество бинарной классификации теряет 1,6%.

В итоговой классификации ROC-кривая имеет площадь под кривой 0,76. По экспертной шкале качество AUC ROC (76%) характеризуется как хорошее, следовательно скоринговая карта отклика в системе имеет хорошую предсказательную силу. Чувствительность (TPR) составляет 70%, значит будет выявлено 70% истинно положительной динамики населения.

Специфичность (TNR) равна 66,7%, что говорит о 33,3% ложно выявленных случаях положительной динамики населения. Для оценки точности модели производится расчет на совпадение реальных показателей и прогнозных. На основе полученных данных вычислим долю

правильно классифицированных случаев во всех случаях - Точность (АСС). Произведя расчет в системе Logitom получено, что точность модели средняя составляет 67%, что является достойным и удовлетворительным результатом проведенного исследования.

Заключение.

Согласно проведенным расчетам, для выявления зависимости численности и динамики населения регионов от различного рода факторов составим таблицу обнаруженных зависимостей (таблица 1). Включим в таблицу все зависимости, исследуемые в данной работе.

В ходе исследования выявлены ключевые факторы, оказывающие значительное влияние на уровень заработной платы, такие как располагаемые ресурсы домашних хозяйств, уровень бедности, численность безработных и стоимость минимального набора продуктов питания. В результате отметим, что итоги исследования в таблице 1 показывают, что динамика заработной платы в России подвержена влиянию множества взаимосвязанных факторов, и учет этих взаимосвязей с помощью нелинейных методов дает более точные прогнозы и понимание экономических процессов [6].

Выявленные закономерности и тренды могут быть полезны для государственных органов при разработке экономической политики новых регионов, направленной на улучшение благосостояния населения. Кроме того, полученные данные могут быть использованы для разработки стратегий бизнеса и улучшения трудовых условий на предприятиях.

В итоговую таблицу исследования не вошли результаты узла «Нейросеть (регрессия)», так как получившаяся модель по ошибке аппроксимации признана неприемлемой, так как значимость описана внутри каждого кластера отдельно.

Таблица 1 – Выявленные зависимости между ключевым полем и факторами

Фактор/анализ	Корреляция	Линейная регрессия	Факторный анализ	Биннинг	Логистическая регрессия	Итого
Численность населения	Зависимая					
Численность безработных	+			+	+	3
Доля, организаций, исп. ПК						0
Потенциальная рабочая сила	+					1
Среднедушевые доходы	+			+	+	3
Дефицит денежного дохода		+		+	+	3
Смертность населения	+	+	+	+	+	5
Численность врачей	+	+	+			3
Сооружения для спорта	+		+	+		3
Сальдо прямых иностранных инвестиций						0
Число предприятий и организаций	+	+	+			3
Общая площадь жилых помещений	+		+		+	3
Изменение населения						
Внутренние затраты на научные исследования и разработки	+	+	+	+	+	5
Используемые передовые производственные технологии	+		+	+	+	4
Стоимость минимального набора продуктов		+				1
Продукция с/х		+				1
Число обрабатывающих производств			+	+	+	3
Средний размер пенсии	+	+		+		3
Число заболеваний у пациентов с диагнозом, установленным впервые						0

Согласно таблице 1, факторами, наиболее часто определенными как «значимые» (значимость 60% и 100% в проведенных анализах), являются: дефицит денежного дохода, смертность населения, численность безработных, численность врачей, среднедушевые доходы, спортивные сооружения, число предприятий и организаций, общая площадь жилых помещений, внутренние затраты на научные исследования и разработки, используемые передовые производственные технологии, число обрабатывающих производств и средний размер пенсии [3].

Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать вывод, что регионы Дальнего Востока наиболее зависимы от изменения численности населения. На эти регионы в большей степени влияют такие факторы, как используемые передовые производственные технологии, внутренние затраты на научные исследования и разработки, смертность населения, спортивные сооружения и численность безработных.

Список использованных источников

1. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер. - М.: Вильямс И.Д., 2019. - 912 с.
2. Кумратова А.Л., Попова Е.В. Нелинейная динамика экономических процессов : учебное пособие / А.Л. Кумратова, Е.В. Попова. – Краснодар : КубГАУ, 2020.– 179 с.
3. Куркина, Е.С. Стохастические процессы и нелинейная динамика: Моделирование методом Монте-Карло. В задачах химической кинетики / Е.С. Куркина, А.Г. Макеев, Н.Л. Семендяева. - М.: Ленанд, 2016. - 200 с.
4. Олиферович Надежда Михайловна, Гринюк Дмитрий Анатольевич, Базарбаев Кабылбек Аманлык Улы, Оробей Игорь Олегович, Сухорукова Ирина Геннадьевна СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ С НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКОЙ // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. 2023. №2 (272). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-algoritmov-identifikatsii-obektov-s-nelineynoy-dinamikoy> (дата обращения: 04.01.2024).
5. Перепелица, В. А. Анализ основных исторических и современных определений понятия "риск" / В. А. Перепелица, Е. В. Попова, Д. Н. Савинская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 72. – С. 210-223.
6. Ширяев, В.И. Финансовые рынки: Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика / В.И. Ширяев. - М.: Ленанд, 2019. - 232 с.

7. Эффективность экономики России: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (Дата обращения 05.01.2024)
8. Trend-seasonal components identification at the stage of time series pre-forecasting analysis / D. N. Savinskaya, E. V. Popova, V. U. Kondratev, M. I. Popova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 3, Volgograd, Virtual, 10–11 декабря 2020 года. – Volgograd, Virtual, 2021. – P. 012012.
9. Кумратова, А. М. Прогнозирование и выявление сезонных компонент временного ряда туристского потоками / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, М. И. Попова // Актуальные проблемы социально-экономических исследований : сборник материалов 6-й Международной научно-практической конференции, Махачкала, 23 мая 2014 года / НИЦ «Апробация». – Махачкала: ООО "Апробация", 2014. – С. 89-98.
10. Моделирование риск-экстремумов методами многокритериальной оптимизации / А. М. Кумратова, Е. В. Попова, Н. В. Третьякова, М. И. Попова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 5(65). – С. 21-30.
11. Кумратова, А. М. Методы и инструментальные средства визуализации для аналитики в малом бизнесе / А. М. Кумратова, М. И. Попова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2023. – № 2(158). – С. 91-98. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2023/2/91-98.
12. Попова, М. И. Математические методы многокритериальной оптимизации для принятия решения по отбору объектов таможенного контроля после выпуска товаров / М. И. Попова, Е. А. Таран, Н. А. Вилкова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2024. – № 3(171). – С. 24-36. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2024/3/24-36.

References

1. Drejper, N. Prikladnoj regressionny`j analiz / N. Drejper. - M.: Vil`yams I.D., 2019. - 912 с.
2. Kumratova A.L., Popova E.V. Nelinejnaya dinamika e`konomicheskix processov : uchebnoe posobie / A.L. Kumratova, E.V. Popova. – Krasnodar : KubGAU, 2020.– 179 s.
3. Kurkina, E.S. Stoxasticheskie processy` i nelinejnaya dinamika: Modelirovanie metodom Monte-Karlo. V zadachax ximicheskoy kinetiki / E.S. Kurkina, A.G. Makeev, N.L. Semendyaeva. - M.: Lenand, 2016. - 200 с.
4. Oliferovich Nadezhda Mixajlovna, Grinyuk Dmitrij Anatol`evich, Bazarbaev Kaby`lbek Amanly`k Uly`, Orobej Igor` Olegovich, Suxorukova Irina Gennad`evna SRVAVNITEL`NY`J ANALIZ ALGORITMOV IDENTIFIKACII OB`EKTOV S NELINEJNOJ DINAMIKOJ // Trudy` BGTU. Seriya 3: Fiziko-matematicheskie nauki i informatika. 2023. №2 (272). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-algoritmov-identifikatsii-obektov-s-nelineynoy-dinamikoy> (data obrashheniya: 04.01.2024).
5. Perepelicz, V. A. Analiz osnovny`x istoricheskix i sovremenny`x opredelenij ponyatiya "risk" / V. A. Perepelicz, E. V. Popova, D. N. Savinskaya // Politematicheskij setевой e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 72. – S. 210-223.
6. Shiryaev, V.I. Finansovy`e ry`nki: Nejronny`e seti, kaos i nelinejnaya dinamika / V.I. Shiryaev. - M.: Lenand, 2019. - 232 с.
7. E`ffektivnost` e`konomiki Rossii: Federal`naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [E`lektronny`j resurs]. – Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/> (Data obrashheniya 05.01.2024)

8. Trend-seasonal components identification at the stage of time series pre-forecasting analysis / D. N. Savinskaya, E. V. Popova, V. U. Kondratev, M. I. Popova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 3, Volgograd, Virtual, 10–11 dekabrya 2020 goda. – Volgograd, Virtual, 2021. – P. 012012.

9. Kumratova, A. M. Prognozirovanie i vy`yavlenie sezonny`x komponent vremennogo ryada turistskogo potokami / A. M. Kumratova, E. V. Popova, M. I. Popova // Aktual`ny`e problemy` social`no-e`konomicheskix issledovanij : sbornik materialov 6-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Maxachkala, 23 maya 2014 goda / NICz «Aprobaciya». – Maxachkala: OOO "Aprobaciya", 2014. – S. 89-98.

10. Modelirovanie risk-e`kstremumov metodami mnogokriterial`noj optimizacii / A. M. Kumratova, E. V. Popova, N. V. Tret`yakova, M. I. Popova // Sovremennaya e`konomika: problemy` i resheniya. – 2015. – № 5(65). – S. 21-30.

11. Kumratova, A. M. Metody` i instrumental`ny`e sredstva vizualizacii dlya analitiki v malom biznese / A. M. Kumratova, M. I. Popova // Sovremennaya e`konomika: problemy` i resheniya. – 2023. – № 2(158). – S. 91-98. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2023/2/91-98.

12. Popova, M. I. Matematicheskie metody` mnogokriterial`noj optimizacii dlya prinyatiya resheniya po otboru ob`ektov tamozhennogo kontrolya posle vy`puska tovarov / M. I. Popova, E. A. Taran, N. A. Vilkova // Sovremennaya e`konomika: problemy` i resheniya. – 2024. – № 3(171). – S. 24-36. – DOI 10.17308/meps/2078-9017/2024/3/24-36.