

Гайсина Екатерина Нодаровна

магистрант

Криони Ольга Валерьевна

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

г. Уфа, Республика Башкортостан

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СРЕДНЕДУШЕВЫХ ДЕНЕЖНЫХ ДОХОДОВ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: в статье представлен подход к прогнозированию динамики среднедушевых денежных доходов населения с использованием аппарата нейронных сетей в пакете «Statistica». Авторы исследуют возможность применения данного метода для повышения точности прогнозирования доходов населения и улучшения качества социально-экономических прогнозов. В статье представлены результаты исследования, которые могут быть полезными для принятия решений в области экономической и социальной политики.

Ключевые слова: денежные доходы населения, статистика, нейронные сети, прогнозирование, экономико-математическое моделирование.

Денежные доходы населения играют ключевую роль в формировании экономического благосостояния и социальной стабильности общества. Доходы определяют доступ к основным потребностям человека, влияют на его качество жизни, способствуют развитию экономики и общества в целом. Важно осознать, что уровень доходов каждого индивида оказывает влияние не только на его собственное благополучие, но и на все окружающие его сферы жизни. Рассмотрение аспектов денежных доходов населения позволяет понять механизмы распределения ресурсов, выявить неравенства и социальные проблемы, а также разработать эффективные стратегии социальной политики для достижения устойчивого развития общества.

В условиях современного мира, где экономические показатели играют определяющую роль в жизни общества, и экономическое благополучие населения становится все более актуальной проблемой, вопрос прогнозирования доходов населения становится крайне важным для развития социально-экономической политики. Республика Башкортостан, как субъект Российской Федерации, также сталкивается с необходимостью точного анализа и прогнозирования доходов граждан.

В настоящее время с развитием технологий стали доступны современные способы математического моделирования и методы прогнозирования. Для рассмотрения задачи прогнозирования среднедушевых денежных доходов населения и для ее решения применяется прогнозирование на основе аппарата нейронных сетей в пакете «Statistica»

Нейронные сети, в отличие от статистических методов многомерного классификационного анализа, базируются на параллельной обработке информации и обладают способностью к самообучению, то есть получать обоснованный результат на основании данных, которые не встречались в процессе обучения. Эти свойства позволяют нейронным сетям решать сложные (масштабные) задачи, которые на сегодняшний день считаются трудноразрешимыми.

Прогнозирование денежных доходов населения на основе нейронных сетей при помощи программы «Statistica» будет производиться на основании данных за 25 лет с 1998 г. по 2022 г.

Для начала построим график фактической динамики показателя. Видно, что график имеет явный возрастающий линейный тренд (рис. 1).

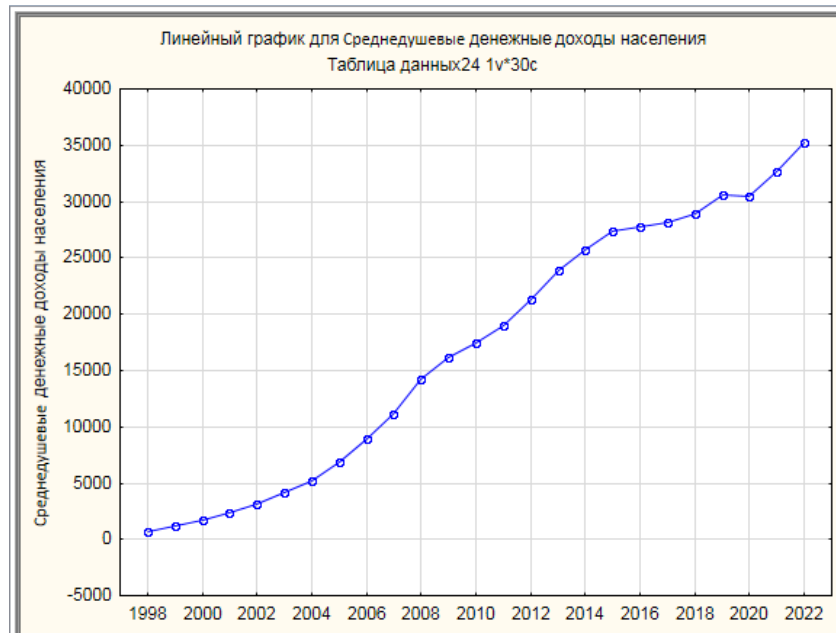


Рис. 1. График динамики денежных доходов населения за 1998–2022 гг.

Построим нейросетевую модель, которая будет прогнозировать ряд динамики. На рисунке 2 представлена таблица полученных нейронных сетей.

Итоги моделей (Таблица данных1)											
Условие включения: 1-25											
N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. производительность	Тест. производительность	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив. скрытых нейр.	Ф-я актив. выходных нейр.
1	MLP 2-5-1	0,981016	0,998706		143388,3	140357,3		BFGS 219	Сум. квадр.	Гиперболическая	Тождественная
2	MLP 2-2-1	0,980242	0,999026		211431,7	110262,2		BFGS 31	Сум. квадр.	Логистическая	Тождественная
3	MLP 2-2-1	0,980205	0,998811		219554,4	124044,9		BFGS 28	Сум. квадр.	Логистическая	Тождественная
4	MLP 2-3-1	0,980062	0,999011		225284,7	106160,2		BFGS 16	Сум. квадр.	Гиперболическая	Тождественная
5	MLP 2-7-1	0,979997	0,998598		284593,6	153162,6		BFGS 8	Сум. квадр.	Тождественная	Тождественная

Рис. 2. Нейронные сети. Итоги моделей

Программа «Statistica» после обучения предлагает 5 нейронных сетей для выбора. Для выбора наилучшей сети рассматриваются ее характеристики. Считается, что наилучшая сеть имеет высокое значение производительности, которая характеризуется величиной корреляции между исходным рядом и предсказанным. Чем ближе это значение к 1, тем лучше. Корреляция на обучающей и контрольной подвыборках должна быть примерно на одном уровне, не должно быть резких отличий. Тогда можно сделать вывод, что модель работает равномерно и на контрольной, и на обучающей выборке. Можно отсеять сети, которые имеют низкую производительность. Наилучшие сети имеют нормальное распределение

остатков. Можно отсеять те сети, распределение остатков которых существенно отличается от нормального.

Можно построить гистограмму распределения остатков. Гистограмма распределения остатков должна подчиняться нормальному распределению остатков. После построения гистограммы для каждой модели видно, что пятая модель показывает достаточно адекватное распределение (рисунок 3).

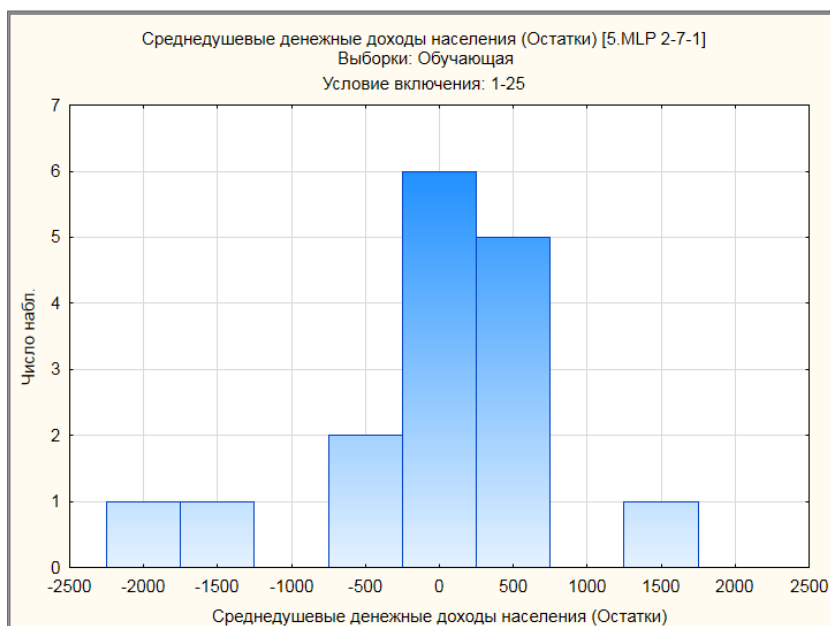


Рис. 3. Гистограмма распределения остатков

Далее для оценки моделей построим диаграмму рассеивания.

По рисунку 4 видно, что множество точек расположены примерно на одной линии. По степени разброса точек можно оценить точность модели. Если большая часть точек расположена вдоль линии, а значительные отклонения редки или совсем отсутствуют, то модель работает хорошо. Если разброс точек велик, то ее точность низкая.

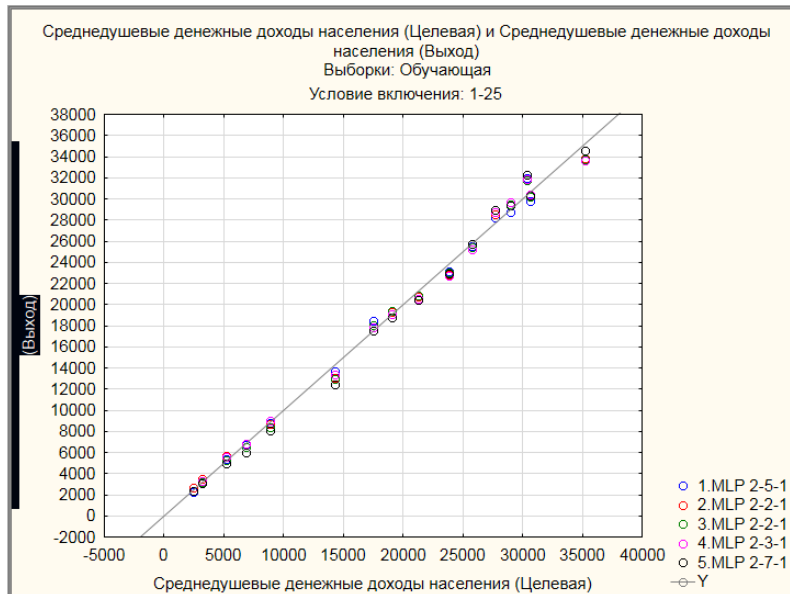


Рис. 4. Диаграмма рассеивания

Построим график временного ряда, чтобы сравнить качество построенных нейросетей с денежными доходами населения.

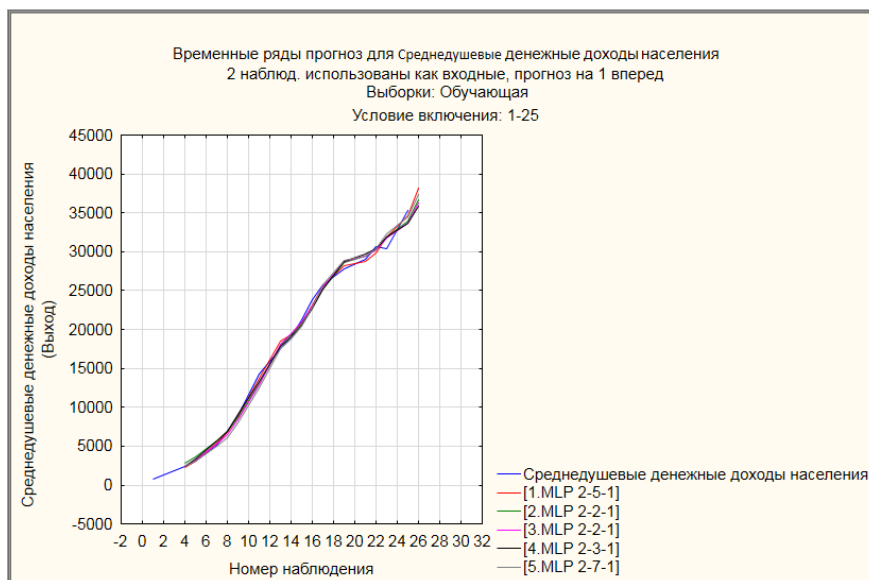


Рис. 5. График временного ряда

На графике синим цветом изображен исходный временной ряд, другими цветами изображены предсказанные ряды.

Для дальнейшей работы выберем модель под номером 5. Таким образом можно сравнить прогноз построенной сети с тестовой выборкой, которую мы оставили в самом начале. Выведем таблицу проекции (рисунок 6).

Наблюд. номер #	Временные ряды проекция для Среднедушевые денежные доходы населения 2 наблюд. использованы как входные, прогноз на 1 вперед Все подвыборки Условие включения: 1-25					
	Среднедушевые денежные дохо ды населения Целевая	Среднедушевы е денежные доходы населения(Вых од) MLP 2-7-1				
2003	4153,00	3885,39				
2004	5157,00	5021,56				
2005	6886,50	6044,84				
2006	8909,00	8047,81				
2007	11079,00	10212,51				
2008	14253,00	12481,71				
2009	16096,00	16052,88				
2010	17498,90	17514,46				
2011	19029,80	18810,28				
2012	21267,50	20418,82				
2013	23865,87	22936,20				
2014	25744,93	25712,20				
2015	27320,20	27406,32				
2016	27730,30	28922,23				
2017	28140,60	28969,58				
2018	28971,60	29389,78				
2019	30602,50	30375,23				
2020	30409,00	32301,03				
2021	32621,20	31519,50				
2022	35250,62	34554,02				

Рис. 6. Таблица проекции

На основании таблицы проекции, представленной на рисунке 6, можно сказать, что прогнозное значение на 2022 год составило 34554,02 руб. Фактическое значение денежных доходов населения на 2022 год составило 35250,62, следовательно прогнозное значение на 696,6 руб. (1,97%) меньше фактического значения на 2022 г. Также можно оценить динамику фактических показателей и прогнозных значений. Построим график фактических значений показателя среднедушевых доходов населения и спроецированных значений. Видно, что качество модели хорошее (рис. 7).

Так как отклонение между фактически и прогнозным значение небольшое, можно спрогнозировать денежные доходы населения на 2023 год.



Рис. 7. Сравнение фактических значений показателя и спроецированных значений

Наблюд. номер #	Среднедушевые денежные доходы населения Целевая	Среднедушевые денежные доходы населения(Выход) MLP 2-7-1
2003	4153,00	3885,39
2004	5157,00	5021,56
2005	6886,50	6044,84
2006	8909,00	8047,81
2007	11079,00	10212,51
2008	14253,00	12481,71
2009	16096,00	16052,88
2010	17498,90	17514,46
2011	19029,80	18810,28
2012	21267,50	20418,82
2013	23865,87	22936,20
2014	25744,93	25712,20
2015	27320,20	27406,32
2016	27730,30	28922,23
2017	28140,60	28969,58
2018	28971,60	29389,78
2019	30602,50	30375,23
2020	30409,00	32301,03
2021	32621,20	31519,50
2022	35250,62	34554,02
2023		37379,91

Рис. 8. Прогнозное значение показателя

Таким образом, на рисунке 8 представлена таблица временных рядов с прогнозным значением показателя. По таблице видно, что показатель имеет положительную динамику и в 2023 г. прогнозное значение составило 37379,91 руб. Это на 1995 руб. или 5% меньше фактического значения среднедушевых денежных

доходов населения на 2023 г. Такая разница не считается очень большой, поэтому данную модель можно использовать в дальнейших исследованиях.

Использование аппарата нейронных сетей для прогнозирования среднедушевых денежных доходов населения представляет собой перспективный и инновационный подход, способствующий более точному и надежному предсказанию экономических показателей. Внедрение современных методов прогнозирования позволяет минимизировать риски и повышать эффективность долгосрочного планирования. Результаты исследования позволяют повысить эффективность планирования экономической политики и социальных программ, и тем самым улучшить уровень жизни граждан.

Прогнозирование денежных доходов населения является ключевым элементом стратегического управления и важным инструментом обеспечения стабильности в экономике. Поэтому актуальность данной темы невозможно переоценить, и именно здесь лежит основа для будущего процветания и благосостояния общества.

Список литературы

1. Гайсина Е.Н. Дифференциация денежных доходов населения на примере Республики Башкортостан / Е.Н. Гайсина, О.В. Криони // Право, экономика и управление: состояние, проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Чебоксары, 14 июня 2023 г.) / гл. ред. Э.В. Фомин; Чувашский государственный институт культуры и искусств. – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 23–28. EDN DNMVYC
2. Кочетыгов А.А. Анализ данных с использованием системы STATISTICA: учебное пособие / А.А. Кочетыгов. – Тула: ТулГУ, 2023. – 324 с.
3. Криони О.В. Подходы к прогнозированию валового регионального продукта / О.В. Криони, Д.А. Федосов // Управление. Экономический анализ. Финансы (Уфа, 23–24 апреля 2018 года) / под общ. ред. И.Р. Кошегуловой. – Уфа: Редакционно-издательский комплекс УГАТУ, 2018. – С. 259–263. EDN YMMWRN