УДК 330.47:338.5:664

ЦИФРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЦЕН НА ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЕ ТОВАРЫ

Половян А.В.,
Государственное бюджетное учреждение «Институт экономических исследований», Донецк, email: SinitsinaK@mail.ru

Синицына К.И.,
Государственное бюджетное учреждение «Институт экономических исследований», Донецк, email: SinitsinaK@mail.ru

Аннотация. *В статье предложена модель для прогнозирования динамики цен на продовольственные товары с помощью нейронной сети. Для разработанной модели прогнозирования динамики цен на продовольственные товары предложено учитывать следующие факторы: цены на продовольственные товары прошлых периодов в среднем по Донецкой Народной Республике, цены на продовольственные товары прошлых периодов в г. Ростов-на-Дону и Российской Федерации в целом, мировые цены на продукты, цены на топливо, курс доллара, доходы населения, индекс цен производителя сельскохозяйственной продукции, индекс потребительских цен Российской Федерации, индекс потребительских цен в г. Ростов-на-Дону. Представлены этапы построения прогноза цен на основные продовольственные товары в Республике. Определено, что после проведения расчетов получаются небольшие ошибки для товаров с прямолинейным трендом (ошибка до 2-3%), для товаров с выраженной сезонностью (овощи) ошибка значительно больше (до 10%). Результаты прогноза цен на продовольственные товары в среднем по Донецкой Народной Республике в ноябре 2023 г. имеют среднюю ошибку отклонения в размере 1,9%, что свидетельствует о достаточно точных результатах прогноза при отсутствии негативного влияния непредвиденных факторов.*

Ключевые слова: прогнозирование цен, продовольственные товары, нейронная сеть, цифровые инструменты, модель.

DIGITAL TOOL FOR FORECASTING FOOD PRICE DYNAMICS

Polovyan A.V.,
State-funded Institution «Economic Research Institute», Donetsk, email: SinitsinaK@mail.ru

Sinitsyna K.I.,
State-funded Institution «Economic Research Institute», Donetsk, email: SinitsinaK@mail.ru

Abstract. *The article suggests a model for forecasting the food products prices dynamics using a neural network. For the developed model for forecasting the food products prices dynamics, it is suggested to take into account the following factors: prices for food products of past periods on average in the Donetsk People's Republic, prices for food products of past periods in Rostov-on-Don and the Russian Federation as a whole, world prices for products, fuel prices, dollar exchange rate, personal income, agricultural producer price index, consumer price index of the Russian Federation, consumer price index in Rostov-on-Don. The stages of constructing a price forecast for basic food products in the Republic are presented. It was*

determined that after the calculations, small errors are obtained for goods with a linear trend (error up to 2-3%), for seasonal goods (vegetables) the error is much larger (up to 10%). The results of forecasting the food products prices on average for the Donetsk People's Republic in November 2023 have an average deviation error of 1.9%, which indicates fairly accurate forecast results in the absence of the negative influence of unforeseen factors.

Keywords: price forecasting, food products, neural network, digital tools, model.

Прогнозирование цен на продовольственные товары является важным инструментом для обеспечения стабильности на рынке продовольствия и удовлетворения потребностей потребителей. Развитие цифровых инструментов, способных обрабатывать значительные массивы данных, позволяет осуществить прогноз с наименьшей ошибкой, учитывающий множество факторов.

Цены являются важным индикатором, отражающим состояние продовольственной безопасности страны, используются при расчете прожиточного минимума, индекса потребительских цен, реальных доходов населения. В связи с этим возникает необходимость систематического и комплексного изучения динамики цен на продовольственные товары, а также последующего их анализа с целью выявления основных тенденций.

Вопросы применения цифровых инструментов, обрабатывающих значительные массивы данных, отражены в трудах ученых-экономистов. Полшковым Ю.Н. систематизированы принципы, подходы, научные положения, инструменты и методы математического моделирования, применяемые в сфере обеспечения экономической безопасности на разных уровнях иерархии управления. Автором сформирована математическая модель стохастического линейного программирования в контексте обеспечения экономической безопасности отраслей национальной экономики [1]. Зуевой В.Н. рассматриваются методы прогнозирования и особенности построения нейросетевой модели прогнозирования цен на сельскохозяйственные культуры [2].

Рогачевым А.Ф. и Мелиховой Е.В. представлена методология и результаты обоснования выбора алгоритмов и компьютерного инструментария для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием ретроспективных данных. Вследствие выявленных особенностей динамики и не стационарности уровней временных рядов обосновано применение нейросетевого подхода для прогнозирования урожайности в условиях рискованного земледелия [3].

Кашириной И.Л. и Демченко М.В. проведен анализ наиболее распространенных методов оптимизации, применяющихся в задачах обучения нейронных сетей и формированию на основе выявленных свойств рекомендаций по выбору алгоритма для настройки нейронных сетей на различных наборах данных [4].

Лепой Р.Н. и Высоцким А.Е. разработан программный модуль «Продовольственный баланс», представляющий собой многофункциональный механизм, который позволяет проводить анализ продовольственных ресурсов Донецкой Народной Республики. Сформулирована механика его использования для принятия управленческих решений в этой области и определены основные недостатки информационного обеспечения продовольственного баланса, усложняющие его эффективное внедрение в настоящее время [5].

В статье Половяна А.В. и Синицыной К.И. рассмотрен современный инструмент математического моделирования прогноза развития пищевой отрасли, которым является международная модель анализа политики в области сельскохозяйственных товаров и торговли. Сделан вывод о том, что применение форсайта, как инструмента

прогнозирования развития, свидетельствует о качественно новом уровне проведения исследований в пищевой отрасли и может быть еще одним шагом к обеспечению продовольственной безопасности населения всего мира [6].

Однако вопросы и особенности прогнозирования цен на продовольственные товары Донецкой Народной Республики исследованы в недостаточной мере, особенно учитывая зависимость потребительского рынка региона от Российской Федерации.

Цель исследования

Цель исследования заключается в разработке модели для прогнозирования динамики цен на продовольственные товары с помощью нейронной сети.

Материал и методы исследования

В работе применены следующие методы: индукции и дедукции, логического обобщения, рефлексии, нейросетевое моделирование.

Результаты исследования и обсуждение

Донецкая Народная Республика существенно импортозависима, следовательно, конъюнктура цен продовольственного рынка Российской Федерации и мирового рынка будет оказывать значительное влияние на цены в Республике. Для учета этого влияния модель для прогнозирования динамики цен на основные продовольственные товары в Республике должна учитывать ряд факторов:

– цены на продовольственные товары прошлых периодов в среднем по Донецкой Народной Республике. Данный массив информации является основой для учета сезонности и прогноза на будущий период;

– цены в Республике зависят от цен на аналогичные товары в г. Ростов-на-Дону и в Российской Федерации. Безусловно, существует отличие в понимании того, какие именно товары используются при мониторинге и как они собираются, но общие тенденции изменения аналогичны. Временной лаг задержки мониторинга цен в г. Ростов-на-Дону – месяц, а в среднем по Российской Федерации – месяц;

– мировые цены на продукты. Поскольку цены в Российской Федерации зависят от мировой конъюнктуры, то в качестве влияющих факторов возможно использовать мировые цены, публикуемые Международным Валютным Фондом. Временной лаг задержки – месяц;

– цены на горюче-смазочные материалы;

– курс американского доллара;

– доходы населения. Цены на продовольственные товары зависят от покупательной способности населения. Учитываются следующие показатели доходов населения основных социально-демографических групп населения: минимальная и средняя пенсии, минимальная и средняя зарплата, государственная помощь на детей в возрасте от 0 до 6 лет и от 6 до 18 лет;

– индекс цен производителя сельскохозяйственной продукции;

– индекс потребительских цен Российской Федерации;

– индекс потребительских цен в г. Ростов-на-Дону.

Для моделирования взаимосвязи между факторами и прогнозируемым значением цены используется нейросетевое моделирование. Многие товары в списке комплиментарны или являются субститутами. Поэтому явно будет присутствовать мультиколлинеарность. При этом рост цен на одни товары может быть одной из причин роста цен на другие.

Этапы построения прогноза цен на основные продовольственные товары в Донецкой Народной Республике:

• сбор исходных данных. Данные должны быть «сопоставимы» не только по времени, но и по содержанию;

• обработка исходных данных для исключения ошибок (спекулятивный рост и т.п.). Используется критерий Граббса. Обрабатываются и выходные, и входные данные. В случае обнаружения ошибки значение удаляется и заменяется средним. Если подобная ошибка имеется во входных и выходных данных (за одинаковый период), то оставляется реальное значение;

• строится нейросетевая модель (с помощью пакета Statistica). При этом входные данные берутся с запаздыванием. Выбирается модель, которая дает наименьшую среднюю процентную ошибку;

• строится доверительный интервал. С помощью него определяется диапазон, в котором может находится реальное значение.

Для прогноза цен на основные продовольственные товары в Донецкой Народной Республике предполагается следующая зависимость:

$$\tilde{Y}_{t+1} = f\left(Y_t, AF_t, CF_t, DF_t, XF_t, RF_{t-1}, VF_{t-1}, IF_{t-1}, OF_{t-1}, HF_{t-1}\right),$$

где $\tilde{Y}_{t+1}$ – прогнозное значение цены товара в среднем в Донецкой Народной Республике в t+1 периоде;

Y_t – значение цены товара в среднем в Донецкой Народной Республике в t периоде;

AF_t – значение цены товара в г. Ростов-на-Дону в t периоде;

CF_t – значение цены на топливо в Донецкой Народной Республике в t периоде;

DF_t – значение величины дохода населения в Донецкой Народной Республике в t периоде;

XF_t – среднемесячное значение курса валюты доллара США к рублю в t периоде;

RF_{t-1} – значение цены товара в среднем в Российской Федерации в t-1 периоде;

VF_{t-1} – значение цены товара на мировом рынке в t-1 периоде;

IF_{t-1} – значение индекса цен производителя в Российской Федерации в t-1 периоде;

OF_{t-1} – значение индекса потребительских цен Российской Федерации в t-1 периоде;

HF_{t-1} – значение индекса потребительских цен в г. Ростов-на-Дону в t-1 периоде.

Прогнозное значение цены на следующий период определяется текущим значением в отчетном периоде, значениями в г. Ростов-на-Дону, Российской Федерации и Международного Валютного Фонда за прошлый период. Это некий симбиоз из регрессии и авторегрессии, которая часто используется в прогнозировании, когда показатель оказывает влияние на «свои будущие значения».

Поскольку месячные экономические данные всегда содержат сезонность, то есть два варианта учесть данное явление:

(а) метод, основанный на декомпозиционном подходе. Для этого исходные данные «очищаются» от сезонности, фактически заменяются трендовыми значениями. Рассчитываются коэффициенты сезонности. Строится зависимость между «очищенными» (трендовыми значениями) данными, а потом прогнозное значение корректируется на коэффициент сезонности. Следует отметить, что не только

выходные, но и входные данные тоже могут содержать сезонность, поэтому целесообразно их тоже «очистить»;

(б) поскольку входные данные скорее всего содержат сезонность, то можно предположить, что «очищать» данные нет смысла, а сезонность входных данных будет определять сезонность выходных. В качестве возможного варианта можно рассмотреть введение входной переменной, которая будет представлять сезонность (представляет собой обычный порядковый номер месяца).

При прогнозировании цен на основные продовольственные товары в Донецкой Народной Республике для учета сезонности используется первый подход.

После проведения расчетов получаются небольшие ошибки для товаров с прямолинейным трендом (ошибка до 2-3%). Для товаров с выраженной сезонностью (овощи) ошибка значительно больше (до 10%).

На основании данных Министерства экономического развития, Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области, Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, Центрального Банка России, Группы Всемирного Банка о факторах, обозначенных выше, за январь 2017 г. по сентябрь-октябрь 2023 г. сформирован массив данных объемом 21 191 значений для обучения нейронной сети [7-11].

Полученные в результате прогноза цены на основные продовольственные товары в среднем по Донецкой Народной Республике на ноябрь 2023 г. имеют среднюю ошибку отклонения в размере 1,9%, что свидетельствует о достаточно точных результатах прогноза при отсутствии негативного влияния непредвиденных факторов (см. табл. 1).

Таблица 1

Результаты прогноза цен на продовольственные товары в среднем по Донецкой Народной Республике в ноябре 2023 г. и сравнение с реальной ценой

Наименование товара	Прогнозируемая нижняя граница цены за 1 кг на товар в ноябре 2023 г., руб.	Прогнозируемая верхняя граница цены за 1 кг на товар в ноябре 2023 г., руб.	Реальная цена за 1 кг на товар в ноябре 2023 г., руб.
Мука пшеничная	31,96	35,11	36,58
Хлеб	40,91	46,81	48,43
Макаронные изделия	57,28	61,76	59,72
Крупа гречневая	67,24	79,16	79,24
Рис	91,97	96,24	104,94
Крупа пшеничная	27,80	34,00	30,63
Крупа перловая	32,79	37,82	34,31
Крупа овсяная	57,19	64,08	62,16
Горох	51,62	56,75	59,85
Фасоль	229,43	249,33	249,15
Капуста белокочанная	45,10	53,20	38,43
Свекла	33,84	38,76	38,99
Морковь	44,55	51,66	47,17
Лук репчатый	32,20	39,07	30,79
Картофель	29,50	37,70	29,86
			продолжение табл. 1

			окончание табл. 1
Огурцы свежие	59,50	92,34	138,53
Помидоры свежие	58,17	89,39	176,31
Яблоки	88,52	103,31	88,87
Апельсины	171,99	196,62	205,71
Говядина	586,47	620,88	639,38
Говядина на кости	367,75	399,18	431,20
Свинина	404,82	430,35	438,88
Свинина на кости	291,55	312,02	327,89
Мясо птицы	199,0	215,73	228,51
Сыр	711,00	738,40	729,39
Сырный продукт	513,78	549,98	528,65
Молоко, до 3% жир. (за 1 л)	67,30	70,47	71,61
Кефир, до 2,5% жир. (за 1 л)	76,55	80,28	79,27
Сметана, до 20% жир. (за 450 гр.)	107,87	113,12	108,40
Творог кисломолочный	439,45	473,13	445,61
Масло сливочное, 72%-82,5% жир.	807,34	855,32	803,92
Спред	321,67	353,71	366,16
Маргарин	235,90	251,07	230,96
Рыба живая, охлажденная (карп, карась)	301,73	352,76	274,60
Рыба свежемороженая (хек, минтай)	267,45	288,14	276,79
Сельдь соленая	247,40	271,18	266,44
Соль	20,08	22,50	23,81
Яйцо куриное свежее 1 категории (за 10 шт.)	74,38	85,96	111,11
Яйцо куриное свежее 2 категории (за 10 шт.)	38,94	50,47	95,00
Сахар-песок	73,86	83,45	78,84
Масло растительное (за 1 л)	117,59	133,18	131,16
Чай (за 100 гр.)	97,27	109,70	101,35

При сравнении расчетных прогнозных значений цен на продовольственные товары в Донецкой Народной Республике за ноябрь с реальными ценами необходимо отметить, что цена на муку пшеничную и хлеб оказалась выше прогнозируемого значения ввиду сезонного фактора, а также вследствие общероссийских тенденций, а именно, роста составляющих себестоимости (рост транспортных тарифов, увеличение расходов на персонал, подорожание запчастей и др.). Цены выше прогнозируемого уровня на крупы (гречка, рис) и горох обусловлены потребительским ажиотажем ввиду неопределенности ситуации с ценами. Цены на такие плодоовощ-

ные продукты как свекла, огурцы и помидоры свежие оказались выше прогнозируемого уровня ввиду сезонного фактора, а также отсутствия мощностей по хранению произведенной продукции [12].

Уровень цен на апельсины выше прогнозируемого порога, что связано с внутренней инфляцией, ослаблением рубля и, как следствие, удорожанием импорта, а также перераспределением логистических потоков (у основного импортера – Бразилии – поставки сократились из-за неурожая, часть объема закупок переориентирована на другие более «дорогие» страны).

Цены на говядину и говядину на кости, свинину и свинину на кости оказались выше прогнозируемого значения ввиду тенденции сокращения поголовья крупного рогатого скота в Российской Федерации, а также увеличения издержек производителей из-за транспортных и энергетических тарифов, цен на корма и ветпрепараты [13].

Цены на мясо птицы и яйца оказались выше прогнозируемого уровня вследствие общероссийской тенденции, которая связана с повышением стоимости заграничных препаратов, используемых в птицеводстве и удорожанием кормов [14].

Превышение цены на молоко пастеризованное и спред выше прогнозируемого порога обусловлено ростом потребления молочной продукции, изменением структуры переработки, а также увеличением себестоимости [15]. Цена на соль выше прогнозируемого значения обусловлена повышением затрат на логистику.

Цена на товары в ноябре в Донецкой Народной Республике оказалась ниже прогнозируемой нижней границы вследствие сезонного фактора.

Выводы

Применение цифровых инструментов для прогнозирования цен на продовольственные товары имеет большой потенциал для улучшения эффективности управления рыночными процессами и снижения рисков для бизнеса и потребителей в следствии ряда причин:

– обработки больших данных (с появлением больших данных и методов их анализа, возможности для точного прогнозирования цен значительно возросли. Цифровые инструменты могут обрабатывать огромные объемы данных, включая информацию о предыдущих ценах, тенденциях потребления, экономических показателях и многом другом, что позволяет создавать более точные модели прогнозирования);

– улучшение точности прогнозов (за счет использования различных алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта, цифровые инструменты способны выявлять сложные паттерны и взаимосвязи между различными факторами, что помогает улучшить точность прогнозов).

Применение нейронных сетей, как цифрового инструмента, для прогнозирования цен на продовольственные товары Донецкой Народной Республики позволит быстрее реагировать на изменения на рынке, а также предпринимать предупреждающие меры для стабилизации ценовой ситуации в регионе.

Литература

1. Полшков Ю.Н. Методология математического моделирования в сфере обеспечения экономической безопасности // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. 20210. № 3. С. 174-183.

2. Зуева В.Н. Прогнозирование цен на сельскохозяйственные культуры // Теория и практика общественного развития. 2015. № 1. С. 1-4.

3. Рогачев А.Ф., Мелихова Е.В. Адаптация алгоритмов и обоснование инструментария для нейросетевого прогнозирования урожайности агрокультур с использованием ретроспективных данных // Известия НВ АУК. 2020. № 1 (57). С. 290-302.

4. Каширина И.Л., Демченко М.В. Исследование и сравнительный анализ методов оптимизации, используемых при обучении нейронных сетей // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 4. С. 123-132.

5. Лепа Р.Н., Высоцкий А.Е. Система сценарного динамического анализа «Продовольственный баланс ДНР» // Вестник Института экономических исследований. 2020. № 2 (18). С. 10-17.

6. Половян А.В., Синицына К.И. Опыт применения форсайт технологии в развитии пищевой отрасли // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. 2019. № 2. С. 196-205.

7. Министерство экономического развития Донецкой Народной Республики. [Электронный ресурс]. URL: https://mer.govdnr.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=11128&Itemid=313 (дата обращения: 29.03.2024).

8. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. [Электронный ресурс]. URL: https://61.rosstat.gov.ru/folder/73615 (дата обращения: 29.03.2024).

9. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/statistics/price (дата обращения: 29.03.2024).

10. The World Bank Group. [Электронный ресурс]. URL: https://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets#1 (дата обращения: 29.02.2024).

11. Центральный Банк России. [Электронный ресурс]. URL: https://cbr.ru/currency_base/daily/ (дата обращения: 29.03.2024).

12. Жителям объяснили причину роста цен на продукты, и что, всё? [Электронный ресурс]. URL: http://xvesti.ru/social-news/10037-ceni-dnr.html?ysclid=lpqxb4cezh618607527 (дата обращения: 29.03.2024).

13. Какое мясо рекордно подорожало в РФ в 2023 году: говядина, курица, свинина. [Электронный ресурс]. URL: https://news.ru/society/kakoe-myaso-rekordno-podorozhalo-v-rf-v-2023-godu-govyadina-kurica-svinina/?ysclid=lqb1v38hzr280201582 (дата обращения: 29.02.2024).

14. Вице-премьер Владислав Васильев о повышении цен на некоторые продукты. [Электронный ресурс]. URL: https://dnr-news.ru/politics/2023/11/20/541816.html?ysclid=lqb1iqm142716238367 (дата обращения: 29.03.2024).

15. В России впервые с начала года подорожало молоко: почему и что будет дальше. [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.ru/prodovolstvennaya-bezopasnost/500868-v-rossii-vpervye-s-nacala-goda-podorozalo-moloko-pocemu-i-cto-budet-dalse?ysclid=lqb2kgl8f0738801158 (дата обращения: 29.03.2024).