

УДК 338.439

О. Л. Тоцька – старший викладач кафедри фінансів підприємств і кредиту Волинського національного університету імені Лесі Українки

Нейромережне прогнозування виробництва продовольчих товарів

Роботу виконано на кафедрі фінансів підприємств і кредиту ВНУ ім. Лесі Українки

Спрогнозовано виробництво основних продуктів харчування в Україні на загальнодержавному та регіональному (Волинська область) рівнях у 2004–2008 рр. за допомогою нейронних мереж. Точність прогнозів визначено на основі порівняння отриманих прогнозних значень із фактичними даними за 2004–2007 рр.

Ключові слова: виробництво, продукти харчування, прогнозування, нейронні мережі.

Тоцькая О. Л. Нейросетевое прогнозирование выпуска продовольственных товаров. Спрогнозировано выпуск основных продуктов питания в Украине на общегосударственном и региональном (Волинская область) уровнях в 2004–2008 гг. с помощью нейронных сетей. Точность прогнозов определена на основании сравнения полученных прогнозных значений с фактическими данными за 2004–2007 гг.

Ключевые слова: производство, продукты питания, прогнозирование, нейронные сети.

Totska O. L. Prognostication of Production of Food Stuffs with the Help of Neural Networks. In the article an author forecasts the production of basic food stuffs in Ukraine on national and regional (Volyn area) levels in 2004–2008 years with the help of neural networks. Exactness of prognoses is determined on the basis of comparing of the got prognosis values to actual information for 2004–2007.

Key words: production, food stuffs, prognostication, neural networks.

Постановка наукової проблеми та її значення. Останнім часом поряд із традиційними методами прогнозування соціально-економічних показників (екстраполяція тенденції, експоненційне згладжування Брауна) все більшого поширення набуває використання нейронних мереж, які належать до систем штучного інтелекту. Адже сфера їхнього застосування надзвичайно велика: виявлення фальшивих кредитних карток, прогнозування змін на фондовій біржі, укладення кредитних планів, оптичне розпізнавання символів, профілактика та діагностика захворювань людини, спостереження за технічним станом машин і механізмів, автоматичне управління рухом автомобіля, прийняття рішень під час посадки пошкодженого літального апарата [1, 15], апроксимація функцій, дослідження асоціативної пам'яті, стиснення даних, класифікація об'єктів, розв'язування оптимізаційних задач, керування складними процесами, прогнозування, створення нейрокомп'ютерів [2, 12] тощо.

Саме тому актуальним є використання нейронних мереж і для прогнозування виробництва продуктів харчування поряд з іншими методами, застосованими нами в публікаціях [3–6].

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Особливостям використання нейронних мереж присвятили свої дослідження такі вітчизняні науковці, як Є. В. Бодяньський, Н. К. Васильєва, М. М. Іванов, Т. М. Книщенко, Ю. Г. Лисенко, А. В. Матвійчук, Р. А. Павлов, О. М. Рибицька, А. П. Ротштейн, О. Г. Руденко, М. С. Сявакко [2; 7–15], а також зарубіжні вчені Р. Каллан, С. Осовський [1; 16] та ін. Так, за їх допомогою вони проводили моделювання інноваційного розвитку трудових ресурсів агропромислового виробництва [7], багатовимірне прогнозування економічних показників [8], класифікацію банків [9], прогнозування значень курсу цінного папера і знака зміни котирування [11], діагностику банкрутства банківських установ України [13] тощо.

Мета та завдання статті. Метою цієї статті є нейромережне прогнозування показників виробництва продовольчих товарів в Україні. Для її реалізації потрібно розв'язати такі завдання:

- 1) побудова мережі у вигляді багатопараметричного перцептрона;
- 2) його навчання;
- 3) отримання прогнозних значень;
- 4) оцінка їхньої точності.

Виклад основного матеріалу. Перевагами нейромережного аналізу є:

- 1) відсутність обмежень на характер вхідної інформації (на відміну від класичних підходів);

2) здатність знаходити оптимальні індикатори та будувати за ними оптимальну для часового ряду адаптивну стратегію передбачень (на відміну від регресійних моделей та методів теханалізу, заснованих на загальних рекомендаціях);

3) наявність потужного математичного апарату, який може бути застосований як універсальний відтворювач складних нелінійних функціональних залежностей і дає змогу виявити головні тенденції зміни показника за експериментальними даними попередніх періодів;

4) здатність до навчання, яке не вимагає ніякої апріорної інформації про структуру шуканої функціональної залежності [12, 67].

Ключовим у теорії нейронних мереж є поняття *нейрона* – нервової клітини, здатної сприймати, перетворювати та поширювати сигнали. Він має численні тонкі, густо розгалужені відростки – *дендрити* (канали введення інформації), а також один більш товстий, розщеплений на кінці *аксон* (канал виведення інформації). Аксон нейрона з'єднується з дендритами інших нейронів за допомогою *синапсів*.

Взаємодія нейронів відбувається так:

- 1) при збудженні нейрон посилає по своєму аксону сигнал;
- 2) цей сигнал через синапси передається іншим нейронам;
- 3) вони, у свою чергу, також збуджуються або, навпаки, загальмовуються.

Зазначимо, що нейрон збуджується в тому випадку, коли сумарний рівень сигналів, які надійшли до нього, перевищує певний рівень (порог збудження чи активації). При цьому інтенсивність сигналу, який отримує нейрон, залежить від активності синапсів.

Поточний стан нейрона s визначається як зважена сума вхідних сигналів за формулою:

$$s = \sum_{i=1}^n x_i \times w_i,$$

де x_i – i -тий вхідний сигнал ($1 \leq i \leq n$); w_i – вага i -го синапса.

При цьому кожен нейрон може перебувати в одному з двох станів: $s_i = +1$ – збудження, $s_i = -1$ – спокій.

Отриманий сигнал перетворюється за допомогою функції активації (чи передавальної функції) у вихідний сигнал Y , який обчислюється за формулою: $Y = f(s)$ [17, 601].

У математичній моделі нейрона вхідні сигнали повинні перемножуватися на числові коефіцієнти (ваги) для того, щоб коректно враховувати вплив кожного сигналу на стан клітини.

Зауважимо також, що синапсичні ваги повинні бути натуральними числами, які можуть набувати і додатних, і від'ємних значень. У першому випадку синапс здійснює збуджувальну, а в другому – загальмовуючу дію, яка перешкоджає збудженню клітини іншими сигналами. Отже, дія збуджувального синапса може моделюватися додатним значенням синапсичної ваги, а дія гальмівного синапса – від'ємним значенням.

Отже кожен нейрон виконує відносно примітивні функції сумування вагових коефіцієнтів вхідних сигналів і порівняння отриманої суми з пороговим значенням. Причому ваги та порогове значення нейрона залежать від його місцезнаходження і завдання, яке він розв'язує.

Велика кількість нейронів та міжнейронних зв'язків призводить до того, що помилка в роботі окремого нейрона залишається непомітною в загальній масі взаємодіючих клітин. Тобто нейронна мережа є стабільною мережею, у якій окремі збої не впливають вагомо на результати її функціонування, що і є головною відмінністю цієї мережі від звичайних електронних систем, створених людиною [16, 20].

Найбільш поширеною моделлю нейронної мережі є багатошаровий перцептрон. У такій моделі перший шар нейронів слугує для введення вхідних сигналів, останній – для виведення вихідних сигналів, а внутрішні (один або декілька) – для обробки вхідної інформації та збереження інформації про внутрішню структуру об'єкта, який моделюється. Міжелементні зв'язки в такій мережі утворюються лише між нейронами сусідніх шарів: окремо взятий нейрон може з'єднуватися з одним, декількома або всіма нейронами із сусіднього шару. В останньому випадку така нейронна мережа називається повнозв'язною. При цьому на входи того чи іншого нейрона надходять сигнали від нейронів попереднього шару, а вихідний сигнал нейрона передається на входи нейронів у наступному шарі [11, 161].

Оскільки завданням нейронної мережі є перетворення інформації необхідним чином, то вона повинна пройти попередньо процес навчання: на вхід мережі подається *навчальна вибірка*, яка контролюється з допомогою *контрольної вибірки*, а результат перевіряється на *тестовій вибірці* [17, 604].

Розрізняють такі стратегії навчання:

1) *навчання з учителем* (англ.: *supervised learning*) – передбачає, що, крім вхідних сигналів, які становлять вектор x , відомі також й очікувані вихідні сигнали нейрона d_i , які становлять вектор d (від англ. *destination* – призначення). Тобто підбір вагових коефіцієнтів організовується так, щоб фактичні вихідні сигнали нейрона y_i набували б значення, якомога ближчі до очікуваних значень d_i . Ключовим елементом цього підходу є знання очікуваних значень d_i вихідного сигналу нейрона;

2) *навчання без учителя* (англ.: *unsupervised learning*) – підбір вагових коефіцієнтів у цьому випадку проводиться або на основі конкуренції нейронів між собою (стратегії “*Winner Takes All – WTA*” (Переможець отримує все) чи “*Winner Takes Most – WTM*” (Переможець отримує більше)), або з урахуванням кореляції навчаючих та вихідних сигналів (навчання за Хеббом). При цьому підході на етапі адаптації нейрона неможливо прогнозувати його вихідні сигнали [16, 25].

Слід зазначити, що вчителем вважають математичну функцію або особу, яка оцінює якість поведінки нейронної мережі. Зважаючи на те, що нейронні мережі найчастіше застосовуються в складних ситуаціях, для яких немає добрих математичних моделей, навчання відбувається через навчальну вибірку, тобто з еталонними парами “входи–виходи” [15, 296].

Отже, проведемо нейромережне прогнозування випуску основних продуктів харчування в Україні та на Волині на 2004–2008 роки на основі інформації за 1995–2003 роки. Дані для обчислень візьмемо зі статистичних щорічників. Навчання нейронної мережі будемо проводити для кожного виду продовольчої продукції окремо за допомогою методу “Навчання з учителем”. Реалізація нейромережного прогнозування відбуватиметься за допомогою модуля *Neural Networks* програмного пакета *Statistica*.

Оскільки під час прогнозування майбутні значення показника виробництва обчислюються на основі його попередніх даних, то кожна змінна буде водночас і вхідною, і вихідною.

Структуру вихідної мережі зобразимо на рис. 1.

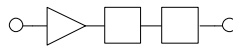


Рис. 1. Архітектура нейронної мережі

На рис. 1 зображено багатошаровий перцептрон із вхідним, вихідним й одним внутрішнім шаром. Оскільки цей перцептрон має тільки один вхід, то це означає, що поточний стан нейрона визначатиметься як його вхідний сигнал.

У нашому випадку інформація за 1995 рік резервуватиметься для побудови прогнозу на першому кроці, навчальна вибірка складатиметься з інформації за 1996–2002 роки (всього сім спостережень), контрольну вибірку становитимуть дані за 2003 рік, а тестова вибірка міститиме значення за 2004–2007 роки. Тобто прогнозування відбуватиметься так: мережа обробить початковий набір значень (у нашому випадку одне спостереження за 1995 рік) і видасть прогноз; перше спостереження буде замінене на прогнозне значення; за новим набором вхідних даних будуватиметься наступний прогноз і т. д. Причому контроль роботи мережі полягатиме в тому, щоб прогнозне значення на 2003 рік було максимально наближеним до фактичного значення за цей період. На основі отриманої найкращої мережі будуватимуться прогнози дані на 2004–2008 роки, які порівнюватимуться з наявними фактичними за цей період.

У табл. 1 навпроти кожного виду продукції подамо фактичні значення, а також прогнозні, отримані за допомогою проведеного навчання нейронної мережі. Також у ній зобразимо абсолютні похибки прогнозів, обчислені за формулою

$\frac{y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}}{y_{n+p}} \times 100$ (у % від фактичних значень за 2004–2007 рр.), та

середні абсолютні похибки, обчислені за формулою $\frac{\sum_{p=1}^4 |y_{n+p} - \hat{y}_{n+p}|}{4} \times 100$ (у % від фактичних

значень за чотири періоди), де y_{n+p} – фактичні значення; \hat{y}_{n+p} – прогнозовані значення; n – довжина динамічного ряду; p – величина горизонту прогнозування.

Таблиця 1

Прогнози, отримані за допомогою нейронних мереж

№ з/п	Товари	Фактичні та прогнозовані значення, тис. т					Похибки прогнозів, %					Точність прогнозів
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	середня	
в Україні												
1	М'ясо	527,70	621,80	765,95	972,11	–						
		532,20	493,71	493,71	493,71	493,71	-0,85	20,60	35,54	49,21	26,55	задов.
2	Ковб. вироби	332,00	309,00	301,00	330,00	–						
		194,48	187,39	187,39	187,39	187,39	41,42	39,36	37,74	43,22	40,43	погана
3	Тваринне масло	116,00	120,00	104,00	100,00	–						
		133,21	130,91	130,91	130,91	130,91	-14,84	-9,09	-25,88	-30,91	20,18	задов.
4	Прод. з незб. молока	1 277,90	1 464,8	1 447,70	1 507,80	–						
		992,56	880,28	880,28	880,28	880,28	22,33	39,90	39,19	41,62	35,76	задов.
5	Жирні сири	224,00	274,00	217,00	246,00	–						
		187,95	82,53	82,53	82,53	82,53	16,09	69,88	61,97	66,45	53,60	незадов.
6	Цукор-пісок	2 147,00	2 139,00	2 592,00	1 867,00	–						
		2 230,90	2 328,69	2 328,69	2 328,69	2 328,69	-3,91	-8,87	10,16	-24,73	11,92	добра
7	Борошно	2 948,00	2 931,00	2 655,00	2 908,0	–						
		2 590,04	2 464,48	2 464,48	2 464,48	2 464,48	12,14	15,92	7,18	15,25	12,62	добра
8	Хлібобул. вироби	2 307,00	2 264,00	2 151,00	2 034,00	–						
		2 428,64	2 559,97	2 559,97	2 559,97	2 559,97	-5,27	-13,07	-19,01	-25,86	15,80	добра
9	Конд. вироби	554,00	568,00	544,00	585,00	–						
		770,88	676,95	676,95	676,95	676,95	-39,15	-19,18	-24,44	-15,72	24,62	задов.
10	Макар. вироби	99,70	104,00	107,00	107,00	–						
		113,87	132,37	132,37	132,37	132,37	-14,21	-27,28	-23,71	-23,71	22,23	задов.
на Волині												
1	М'ясо	19,80	22,20	26,80	31,40	–						
		15,79	15,79	15,79	15,79	15,79	20,25	28,87	41,08	49,71	34,98	задов.
2	Ковб. вироби	17,00	13,90	15,10	17,30	–						
		8,66	7,48	7,48	7,48	7,48	49,06	46,19	50,46	56,76	50,62	незадов.
3	Тваринне масло	3,70	4,30	4,30	5,30	–						
		4,67	5,14	5,14	5,14	5,14	-26,22	-19,53	-19,53	3,02	17,08	добра
4	Прод. з незб. молока	37,10	40,90	24,60	29,70	–						
		25,51	15,55	15,55	15,55	15,55	31,24	61,98	36,79	47,64	44,41	погана
5	Жирні сири	8,70	8,50	5,50	8,20	–						
		6,63	4,04	4,04	4,04	4,04	23,79	52,47	26,55	50,73	38,39	задов.
6	Цукор-пісок	181,20	198,70	113,50	137,10	–						
		84,84	76,39	76,39	76,39	76,39	53,18	61,56	32,70	44,28	47,93	погана
7	Борошно	78,10	72,30	58,60	70,60	–						
		83,06	83,06	83,06	83,06	83,06	-6,35	-14,88	-41,74	-17,65	20,16	задов.
8	Хлібобул. вироби	48,70	46,60	46,50	47,10	–						
		49,90	49,51	49,51	49,51	49,51	-2,46	-6,24	-6,47	-5,12	5,07	висока
9	Конд. вироби	11,00	8,50	8,30	8,80	–						
		5,60	5,51	5,51	5,51	5,51	49,09	35,18	33,61	37,39	38,82	задов.
10	Макар. вироби	9,90	10,20	10,20	10,80	–						
		6,07	5,01	5,01	5,01	5,01	38,69	50,88	50,88	53,61	48,52	погана

Точність отриманих прогнозних показників визначимо за допомогою ранжування їхніх середніх абсолютних похибок за такою шкалою: менше 10 % – висока; 10–20 % – добра; 20–40 % – задовільна; 40–50 % – погана; більше 50 % – незадовільна [18, 10].

Висновки. Проаналізувавши таблицю, з'ясуємо, що:

- в Україні у 2004 році висока точність прогнозів була характерна для трьох продуктів харчування, добра – для чотирьох, задовільна – для двох, погана – для одного й незадовільна – для жодного;
- у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для двох продовольчих товарів, добра – для трьох, задовільна – для чотирьох, погана – для жодного й незадовільна – для одного;
- у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для шести, погана – для жодного й незадовільна – для одного;
- у 2007 році висока точність прогнозів не характерна для жодного виду продукції, була добра – для двох, задовільна – для чотирьох, погана – для трьох і незадовільна – для одного;
- загалом висока точність прогнозів не характерна для жодного продукту харчування, була добра – для трьох, задовільна – для п'ятих, погана – для одного й незадовільна – для одного;
- на Волині у 2004 році висока точність прогнозів була характерна для двох продовольчих товарів, добра – для жодного, задовільна – для п'яти, погана – для двох і незадовільна – для одного;
- у 2005 році висока точність прогнозів була характерна для одного харчового продукту, добра – для двох, задовільна – для двох, погана – для одного й незадовільна – для чотирьох;
- у 2006 році висока точність прогнозів була характерна для одного, добра – для одного виду продукції, задовільна – для чотирьох, погана – для двох і незадовільна – для двох;
- у 2007 році висока точність прогнозів була характерна для двох продуктів харчування, добра – для одного, задовільна – для одного, погана – для трьох і незадовільна – для трьох;
- загалом висока точність прогнозів була характерна для одного продовольчого товару, добра – для одного, задовільна – для чотирьох, погана – для трьох і незадовільна – для одного.

Тобто прогнози виробництва продуктів харчування в Україні точніші, ніж у Волинській області. Причому їхня точність із часом зменшується, що можна пояснити недостатньою кількістю членів динамічних рядів, оскільки використання нейронних мереж потребує їхньої значної кількості для поділу на навчальну та контрольну вибірку.

Література

1. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан ; пер. с англ. – М. : Изд. дом “Вильямс”, 2001. – 288 с. : ил. – Парал. тит. англ.
2. Руденко О. Г. Штучні нейронні мережі : навч. посіб. / О. Г. Руденко, Є. В. Бодяньський – Х. : ТОВ “Компанія СМІТ”, 2006. – 404 с.
3. Тоцька О. Л. Прогнозування виробництва основних видів продовольчих товарів у Волинській області / О. Л. Тоцька // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. – 2004. – № 5. – С. 220–223.
4. Тоцька О. Л. Оцінка якості прогнозів виробництва основних продуктів харчування / О. Л. Тоцька // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. – 2006. – № 7. – С. 125–132.
5. Тоцька О. Л. Індексний метод прогнозування / О. Л. Тоцька // Нові обрії економічної науки : матеріали міжнар. наук. студ.-асп. конф., Львів, 11–12 трав. 2007 р. – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 254–255.
6. Тоцька О. Л. Визначення ймовірності сприятливих тенденцій для випуску продуктів харчування / О. Л. Тоцька // Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. – 2008. – № 7. – С. 191–200.
7. Васильєва Н. К. Моделювання інноваційного розвитку трудових ресурсів агропромислового виробництва / Н. К. Васильєва // Сучасний стан та проблеми інноваційного розвитку держави : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. : тези доп., Луцьк, 6–7 жовт. 2006 р. – Луцьк : РВВ “Вежа” Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2006. – С. 323–324.
8. Іванов М. М. Багатомірне прогнозування економічних показників на базі нейронних мереж в інформаційно-аналітичних системах / М. М. Іванов // Проблеми економічної кібернетики : тези доп. XII Всеукр. наук.-метод. конф., Львів, 3–5 жовт. 2007 р. – Л. : Вид-во ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – С. 222–223.
9. Кнышенко Т. Н. Применение нейросетевых технологий к решению задач классификации банков / Т. Н. Кнышенко // Актуал. пробл. економіки. – 2005. – № 8. – С. 92–96.
10. Лысенко Ю. Г. Нейронные сети и генетические алгоритмы : учеб. пособ. для студ. экон. спец. высш. шк. / Ю. Г. Лысенко и др. – Донецк : Юговосток, 2003. – 230 с.

11. Матвійчук А. В. Аналіз і управління економічним ризиком : навч. посіб. / А. В. Матвійчук – К. : ЦНЛ, 2005. – 224 с.
12. Матвійчук А. В. Аналіз та прогнозування розвитку фінансово-економічних систем із використанням теорії нечіткої логіки : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : ЦНЛ, 2005. – 206 с.
13. Павлов Р. А. Методика ранньої діагностики банкрутства банківських установ України з використанням карт Кохонена / Р. А. Павлов // Актуал. пробл. економіки. – 2007. – № 2. – С. 152–162.
14. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации : нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
15. Сявавко М. С. Моделювання за умов невизначеності / М. С. Сявавко, О. М. Рибицька. – Л. : НВФ “Укр. технології”, 2000. – 320 с.
16. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с пол. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 344 с. : ил.
17. Боровиков В. STATISTICA : искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с. : ил.
18. Черняк О. І. Динамічна економетрика : навч. посіб. / О. І. Черняк, А. В. Ставицький – К. : КВІЦ, 2000. – 120 с.

Статтю подано до редколегії
20.05.2009 р.