

# پیش‌بینی قیمت جهانی سنگ آهن با استفاده از شبکه‌های عصبی

پوریا فرجیان، \* نیما فرجیان \*\*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۳ نوع مقاله: پژوهشی

## چکیده

وابستگی دنیای امروز به فناوری، نیاز بشر را به محصولات تولیدشده از سنگ آهن بیشتر می‌کند و پیش‌بینی‌ها حاکی از این است که تا سال ۲۰۳۵ میزان تقاضای فولاد ۶۰ درصد افزایش یابد (محمدی، سلطانی محمدی و بخشنده امنیه، ۱۳۹۲). به همین دلیل، پیش‌بینی قیمت فلزات از جمله سنگ آهن با استفاده از روش‌های کمی و کیفی نظیر مطالعه فنی اقتصادی بازار، مطابقت زیادی با واقعیت نداشته است.

یکی از روش‌های متداول بررسی قیمت‌ها، روش سری‌های زمانی است. در این پژوهش، با مدل‌سازی و استفاده از تحلیل سری زمانی به کمک شبکه عصبی پویا، به پیش‌بینی قیمت سنگ آهن پرداخته شده است. در ادامه، با به کارگیری روش شبکه عصبی مصنوعی و با توجه به قیمت ماهانه سنگ آهن و عوامل مؤثر بر نوسانات آن، قیمت سنگ آهن برآورد شده است و سپس نتایج به دست آمده، از نظر قابلیت پیش‌بینی مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل شبکه عصبی بهینه با ۳ لایه و ۱۰ نرون قیمت سنگ آهن را با دقت بسیار مناسب برآورد کرده است. در این مدل، مقدار خطای آموزش در حدود ۱/۷٪ و برای اعتبار سنجی برابر ۲/۳٪ و خطای آزمون ۱/۵٪ است. همچنین مقدار رگرسیون و همبستگی داده‌ها در سطح اعتماد ۹۵٪ و مقدار همبستگی بالا با  $R^2=0.98$  نشان‌گر یک مدل خوب و با دقت مناسب است.

**واژگان کلیدی:** قیمت سنگ آهن، پیش‌بینی قیمت، شبکه عصبی

---

\*. عضو هیات علمی گروه عمران، دانشکده عمران و معماری دانشگاه ایوان کی پوریا farajian@eyc.ac.ir  
\*\*. عضو هیات علمی گروه کامپیوتر، دانشکده برق، مکانیک و کامپیوتر دانشگاه ایوان کی nimafarajian@eyc.ac.ir

مجله مهندسی سیستم و بهره‌وری، سال اول، شماره ۴، پاییز ۱۴۰۰، ص ۱۲۶-۱۱۳

## مقدمه

به طور کلی، دو نوع تحلیل در تحلیل‌های بازار و اقتصاد وجود دارد: (الف) تحلیل‌های بنیادی<sup>۱</sup> و (ب) تحلیل‌های فنی<sup>۲</sup>. تحلیل‌های بنیادی به صورت کیفی عمل می‌کنند و همچنین تا حدی سلیقه‌ای و وابسته به نوع کارشناسی هستند؛ یعنی روی عوامل کیفی مؤثر بر بازار کالای هدف (در اینجا سنگ آهن) مطالعه صورت می‌گیرد. تحلیل‌های فنی بر روی داده‌های عددی و نمودارهای زمانی عمل می‌کند. در این پژوهش، با توجه به وجود داده‌های کمی، از تحلیل فنی استفاده شده است. با این حال، هر چند هم که تحلیل فنی خوبی انجام شده باشد، بدون در نظر گرفتن تحلیل‌های بنیادی امکان بررسی و مطالعه دقیق اقتصادی وجود ندارد. البته پیش‌بینی با استفاده از شبکه عصبی می‌تواند، وابستگی ما به تحلیل‌های بنیادی را کاهش دهد. در این پژوهش، عوامل تکنیکی که همگی دارای مقادیر کمی هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. در ابتدا نوع داده‌ها و ماهیت آنها تشریح می‌شوند. سپس با بررسی داده‌ها تأثیر آنها تشریح و در ادامه با معرفی شبکه عصبی مورد نظر و انجام تحلیل فنی جمع‌بندی موضوعات بیان می‌شود.

وابستگی دنیای امروز به فناوری، نیاز بشر را به محصولات تولیدشده از سنگ آهن بیشتر می‌کند. پیش‌بینی‌ها حاکی از این است که جمعیت جهان در سال ۲۰۳۰ با نرخ رشد ۲ درصد به ۸/۳ میلیارد نفر خواهد رسید. بدین ترتیب، مصرف سنگ آهن در سال ۰۳۰، به حدود ۲۰ میلیارد تن سنگ آهن نیاز خواهد بود.

جدول ۱: پیش‌بینی قیمت سنگ آهن از سوی بانک جهانی و مقایسه آن با قیمت‌های واقعی (دلار بر هر تن خشک) (متال بولتن، ۲۰۱۶ بدون تاریخ)

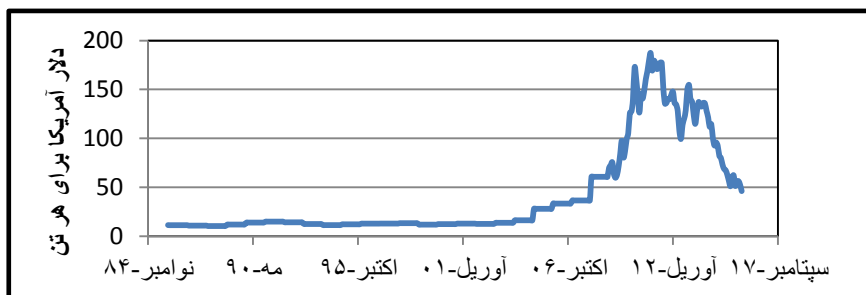
سال	قیمت پیش‌بینی شده	قیمت واقعی
۲۰۱۳	۱۲۷/۶	۹۴/۳
۲۰۱۴	۹۱/۴	۶۴/۷
۲۰۱۵	۵۲/۸	۳۶/۸
۲۰۱۶	۴۶/۵	۲۳/۷
۲۰۱۷	۴۱/۱	-
۲۰۱۸	۴۲/۴	-

## ضرورت انجام تحقیق

در دو دهه اخیر قیمت فلزات (به خصوص سنگ آهن) در بازارهای جهانی رکوردهای ویژه‌ای را به ثبت رسانده است.

1. Fundamental Analysis
2. Technical Analysis

شکل ۱) تغییرات قیمت سنگ آهن را طی ۳۰ سال اخیر نشان می‌دهد. بازار سنگ آهن و فولاد یکی از بازارهای پرتلاطم است که پیش‌بینی درست آینده آن می‌تواند در تصمیم‌گیری‌ها تأثیر مثبتی بر جای بگذارد. با آگاهی از قیمت سنگ آهن و پیش‌بینی صحیح آن، می‌توان فرایند تصمیم‌گیری خرید و فروش آن را در بازارهای جهانی تسهیل کرد و بهترین زمان اجرای معاملات و سرمایه‌گذاری‌ها را تعیین کرد. بنابراین، پیش‌بینی صحیح قیمت سنگ آهن دارای اهمیت زیادی است.



شکل ۱: تغییرات قیمت سنگ آهن ریزدانه ۶۲٪ طی ۳۰ سال اخیر (در گمرک Tianjin چین)  
(www.indexmundi.com n.d.)

#### هدف تحقیق

هدف از انجام این تحقیق معرفی روشی برای پیش‌بینی قیمت سنگ آهن است که بتواند عوامل مؤثر و مهم اثرگذار بر قیمت سنگ آهن را بخوبی لحاظ و پیش‌بینی واقعی‌تری را نسبت به آینده قیمت سنگ آهن در دنیا ارائه کند.

در این تحقیق، سعی شده است از روشی استفاده شود که بتواند پیچیدگی‌های پیش‌گفته شده در خصوص تغییرات قیمت سنگ آهن را بخوبی لحاظ کند و پیش‌بینی مناسب‌تری را ارائه دهد. با توجه به موارد گفته شده استفاده از شبکه‌های عصبی به دلیل عملکرد خاص و آموزش پذیری آنها احتمالاً پاسخ مناسب‌تری را برای هدف گفته شده - یعنی پیش‌بینی بهتر قیمت سنگ آهن - به دست خواهند داد. به همین دلیل، با توجه به هدف گفته شده موارد ذیل تا حد امکان پاسخ داده می‌شود:

الف) بررسی تحقیقات قبلی صورت گرفته در خصوص پیش‌بینی قیمت سنگ آهن  
ب) ارائه یک مدل شبکه عصبی و مقایسه نتایج آن با مقادیر پیش‌بینی شده بانک جهانی.

#### فرضیات تحقیق

مفروضات این تحقیق نیز شامل موارد ذیل می‌شود:

- برآورد قیمت برای عیار ۶۱-۶۲ سنگ آهن مگنتیتی انجام می‌شود.
- قیمت‌های FOB مد نظر قرار دارند.

سابقه تحقیق

جدول ۲: پارامترهای مورد نظر برای بررسی عوامل مؤثر بر قیمت سنگ آهن

(حافظ ۱۳۹۴)	(دانشگر ۱۳۹۲)	(مقدم، منجزی و مهردادانش ۱۳۹۴)	(رفیعی و طیب نیا ۱۳۸۸)
قابل و قرابت بالای بازار سنگ آهن با فولاد	میزان تولید داخلی فولاد	قیمت طلا	کرایه حمل
رشد چشمگیر موجودی انبارها و مازاد عرضه	قیمت فولاد	قیمت فولاد	قیمت فولاد
ضعف قابل توجه بازار مسکن چین	و تقاضای داخلی فولاد	قیمت نفت	قیمت نفت
تضعیف نرخ رشد اقتصادی چین	نرخ ارز	نرخ تورم آمریکا	تقاضا سنگ آهن
افزایش میزان سرمایه‌گذاری‌ها برای استخراج سنگ آهن از معادن در کشورهایی همچون: برزیل و استرالیا	قیمت قراضه	نرخ بهره آمریکا	قیمت دلار
اعمال تصمیم بسیاری از تولیدکنندگان بزرگ سنگ آهن در جهان در راستای افزایش میزان تولیدات خود برای حذف تولیدکنندگان کوچک		قیمت سهام داوجونز	قیمت یورو
رشد روزافزون سرمایه‌گذاری‌ها بر حمل و نقل داخلی ریلی و دریایی	قیمت سنگ آهن	تولید ناخالص ملی آمریکا	میزان عرضه سنگ آهن
کاهش قابل توجه حقوق دولتی معادن کوچک استرالیا		قیمت آلومینیوم	قیمت قراضه
کاهش رشد تولید داخلی چین		تولید جهانی فولاد	نسبت یورو به دلار
		تولید جهانی سنگ آهن	
		تولید ناخالص ملی چین	
		قیمت سنگ آهن	
لوف <sup>۳</sup> (۲۰۱۳)	لی (۲۰۰۸)	لی <sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۲)	ونهای <sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۶)
تولید جهانی سنگ آهن	قیمت تمام شده سنگ آهن	قیمت نفت خام	تولید فولاد خام چین
تولید جهانی فولاد	نرخ بهره	شاخص BDI	تمرکز صنعت فولاد چین
حجم مبادله جهانی سنگ آهن	نرخ تورم	قیمت سنگ آهن	شاخص BDI <sup>۴</sup>
رشد جمعیت چین	مصرف سنگ آهن چین		واردات سنگ آهن چین
رشد جمعیت دنیا	تولید داخلی		حجم مبادله جهانی

1. Wenhui

2. Li

3. Lof

4. Baltic Dry Index

سنگ آهن تولید داخلی سنگ آهن چین شاخص <sup>۱</sup> USDX	چین قیمت بین‌المللی سنگ آهن	تولید فولاد خام چین میزان تقاضای جهانی سنگ آهن
---	-----------------------------------	---

### معرفی داده‌ها

به طور کلی، پارامترهای بسیار زیادی را می‌توان برای مطالعه اثرگذاری بر قیمت سنگ آهن در نظر گرفت. در انتخاب پارامترهای مورد نظر این پژوهش موارد ذیل در نظر گرفته شدند:

- گردآوری پارامترها: با مطالعه مقالات، پژوهش‌ها و مدارک علمی مرتبط با موضوع پژوهش، پارامترهای اثرگذاری که محققان مختلف به مطالعه آن‌ها پرداختند گردآوری شدند که خلاصه آن در جدول (۲) ارائه شده است.

- انتخاب بازه زمانی مناسب: با توجه به (الف) تغییرات شدید قیمت سنگ آهن در طی سال‌های اخیر، (ب) تغییر نحوه قیمت‌گذاری سنگ آهن از سالانه به ماهانه و (ج) نقش پررنگ‌تر تصمیمات سه تولیدکننده عمده سنگ آهن جهان (BIG-3) در تعیین قیمت این ماده معدنی، تصمیم گرفته شد تا از داده‌های مربوط به سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ که به صورت ماهانه ارائه شده است، در ساخت مدل استفاده شود تا بتوان تا حد امکان اثر موارد پیش‌گفته را در مدل پیاده‌سازی کرد.

- انتخاب پارامترهای مناسب: با توجه به پارامترهای مندرج در جدول (۳) پارامترهایی انتخاب شد که اولاً بیشتر از سوی محققان مورد استفاده قرار گرفته است و ثانیاً امکان گردآوری آن در بازه زمانی ماهانه امکان پذیر باشد.

با توجه به موارد فوق پارامترهای زیر برای ساخت و بررسی مدل انتخاب شد:

۱. میزان تولید جهانی سنگ آهن
۲. میزان تولید سنگ آهن چین
۳. میزان واردات سنگ آهن به کشور چین
۴. قیمت طلا
۵. شاخص دلار
۶. قیمت نفت خام
۷. شاخص هزینه باربری
۸. قیمت آلومینیوم
۹. شاخص سهام داوجونز
۱۰. نرخ بهره آمریکا
۱۱. قیمت فولاد
۱۲. قیمت یورو

1. US Doller Index

جدول ۳:

Data	eur	fed	steel	Dow Jones	aluminum	Baltic Dry Index	crude oil	gold	dollar	Total World Iron Ore Production (Mt)	China Iron Ore production (Mt)	China Iron Ore Import (Mt)	Magnetite FOB
Mar-16	1.1377	0.5	121.22	17123.31	1537.00	429.00	37.34	1245.14	94.58	171797.3778	11695.39674	90506.44847	29.00
Feb-16	1.0872	0.5	134.21	17602.3	1601.00	329.00	31.05	1199.50	98.22	171797.3778	11695.39674	90506.44847	22.00
Jan-16	1.0833	0.5	211.57	18232.02	1487.00	317.00	29.92	1097.91	99.65	171797.3778	11695.39674	90506.44847	20.00
Dec-15	1.0863	0.25	178.54	17128.55	1450.00	478.00	36.56	1068.25	98.75	168428.5258	11466.05645	88731.66684	22.00
Nov-15	1.0561	0.25	174.54	17245.24	1502.00	584.00	43.13	1086.44	100.21	168428.5258	11466.05645	88731.66684	31.00
Oct-15	1.1	0.25	170.23	17215.97	1443.00	721.00	46.96	1159.25	97.02	168428.5258	11466.05645	88731.66684	37.00
Sep-15	1.1173	0.25	164.21	16483.09	1474.00	900.00	46.29	1124.77	96.48	168428.5258	11466.05645	88731.66684	38.00
Aug-15	1.1206	0.25	162.79	17373.38	1488.00	903.00	45.72	1117.93	95.85	168428.5258	11466.05645	88731.66684	39.00
Jul-15	1.0983	0.25	163.54	17568.63	1498.00	1131.00	54.43	1128.31	97.44	168428.5258	11466.05645	88731.66684	40.00
Jun-15	1.1143	0.25	197.95	18015.95	1724.00	800.00	61.30	1181.50	95.66	168428.5258	11466.05645	88731.66684	42.00
May-15	1.0987	0.25	233.81	18191.11	1705.00	589.00	62.50	1198.63	96.99	168428.5258	11466.05645	88731.66684	40.00
Apr-15	1.1222	0.25	310.81	18726.3	1868.00	591.00	57.42	1198.93	94.71	168428.5258	11466.05645	88731.66684	31.00
Mar-15	1.0729	0.25	367.81	17749.31	1791.00	602.00	52.83	1178.63	98.66	168428.5258	11466.05645	88731.66684	40.00
Feb-15	1.1192	0.25	434.21	18019.35	1800.00	540.00	54.93	1227.08	95.32	168428.5258	11466.05645	88731.66684	41.00
Jan-15	1.1278	0.25	488.94	17511.57	1801.00	608.00	47.45	1250.75	95.00	168428.5258	11466.05645	88731.66684	41.00
Dec-14	1.2094	0.25	464.32	17280.63	2007.00	782.00	60.55	1200.62	90.65	166760.9167	16101.25	77759	45.00
Nov-14	1.2443	0.25	457.24	17634.71	2048.00	1153.00	76.96	1175.33	88.41	166760.9167	16101.25	77759	50.00
Oct-14	1.2522	0.25	449.98	16380.41	2031.00	1428.00	86.13	1222.49	87.02	166760.9167	16101.25	77759	50.00
Sep-14	1.263	0.25	439.84	16987.51	1920.00	1063.00	95.89	1236.55	86.05	166760.9167	16101.25	77759	51.00
Aug-14	1.3137	0.25	28.54	16662.91	2029.00	1147.00	100.05	1295.13	82.78	166760.9167	16101.25	77759	56.00
Jul-14	1.3389	0.25	412.54	17100.18	1995.00	755.00	105.22	1310.59	81.52	166760.9167	16101.25	77759	59.00
Jun-14	1.3691	0.25	406.97	16775.74	1862.00	850.00	108.37	1279.10	79.81	166760.9167	16101.25	77759	62.00
May-14	1.363	0.25	397.65	16491.31	1799.00	934.00	105.73	1288.74	80.40	166760.9167	16101.25	77759	74.00
Apr-14	1.3866	0.25	371.25	16408.54	1781.00	943.00	104.94	1298.45	79.53	166760.9167	16101.25	77759	76.00
Mar-14	1.3768	0.25	364.29	16065.67	1692.00	1362.00	104.04	1336.08	80.25	166760.9167	16101.25	77759	78.00
Feb-14	1.3806	0.25	315.98	16103.3	1711.00	1258.00	104.82	1299.58	79.72	166760.9167	16101.25	77759	84.00
Jan-14	1.3488	0.25	291.11	16775.74	1674.00	1110.00	102.25	1244.27	81.40	166760.9167	16101.25	77759	91.00
Dec-13	1.3742	0.25	278.32	15755.36	1696.00	2277.00	105.49	1221.51	80.19	164770.1667	22173.91667	68347.91667	96.00
Nov-13	1.3587	0.25	159.2	15961.7	1786.00	1821.00	102.58	1275.86	80.66	164770.1667	22173.91667	68347.91667	97.00
Oct-13	1.3587	0.25	247.35	15371.11	1819.00	1504.00	105.46	1316.58	80.26	164770.1667	22173.91667	68347.91667	95.00
Sep-13	1.3524	0.25	180.32	15376.06	1792.00	2003.00	108.78	1348.60	80.32	164770.1667	22173.91667	68347.91667	103.00
Aug-13	1.3216	0.25	173.51	15404.81	1831.00	1132.00	108.06	1351.74	82.14	164770.1667	22173.91667	68347.91667	94.00
Jul-13	1.3299	0.25	164.26	15543.74	1774.00	1062.00	105.21	1285.52	81.54	164770.1667	22173.91667	68347.91667	84.00
Jun-13	1.3004	0.25	165.98	14799.4	1768.00	1171.00	99.74	1343.35	83.38	164770.1667	22173.91667	68347.91667	79.00
May-13	1.2993	0.25	138.65	15354.4	1804.00	809.00	99.35	1414.03	83.40	164770.1667	22173.91667	68347.91667	85.00
Apr-13	1.3165	0.25	213.87	15547.51	1848.00	863.00	98.85	1487.86	81.81	164770.1667	22173.91667	68347.91667	98.00
Mar-13	1.2799	0.25	258.97	14514.11	1842.00	910.00	102.61	1593.09	83.17	164770.1667	22173.91667	68347.91667	112.00

برای انجام تحلیل قیمت سنگ آهن و پیش‌بینی تغییرات آن به منظور انجام تحلیل نیاز است که داده‌ها ابتدا به شکل کلی تحلیل تقسیم‌بندی شوند. به طور کلی، در تحلیل‌های اقتصادی داده‌ها به دو دسته کلی برون‌زا و درون‌زا تقسیم می‌شوند. در این مطالعه، نیز این تقسیم‌بندی وجود دارد که طبق این تقسیم‌بندی داده‌ها عبارت‌اند از:

- عوامل درون‌زا: تولید جهانی سنگ آهن، تولید سنگ آهن چین و واردات سنگ آهن چین به عنوان بزرگ‌ترین واردکننده سنگ آهن.
- عوامل برون‌زا: قیمت طلا، قیمت نفت خام، قیمت آلومینیوم، قیمت فولاد، نرخ بهره آمریکا، شاخص سهام داو جونز، دلار، یورو و هزینه ترابری (بر اساس شاخص بالتیک) که عوامل خارج از حیطه سنگ آهن هستند.

### تحلیل ارتباط داده‌ها یا قیمت سنگ آهن

نتیجه‌های حاصل از بررسی پارامترهای ذکر شده در جدول (۱) به صورت جداگانه نشان داد که مطالعه یک بُعدی پارامترهای مؤثر در تحلیل بازار سنگ آهن کمک شایانی نمی‌کند. حتی پارامترهای اصلی اقتصادی چون: میزان عرضه و تقاضا و نیز جا به جایی سنگ آهن نیز نتوانستند بخش اعظمی از تغییرات کلی، فصلی و یا نوسانات ناگهانی قیمت سنگ آهن را توجیه کنند. پس باید این پارامترها را با یکدیگر بررسی کرد اما کنار هم گذاشتن همه این پارامترها و مطالعه چند بُعدی آنها با روش‌های سنتی به طور هم‌زمان کار بسیار دشواری است؛ زیرا ابزار مطالعه بیش از سه بُعد بر روی کاغذ ناملموس است و نتایج مناسبی ارائه نمی‌دهد. به همین دلیل، از روش ابتکاری مبتنی بر طبیعت استفاده شد. یکی از کاراترین این روش‌ها شبکه عصبی است. البته خروجی روش شبکه عصبی به طور مؤثری به تعداد و ترکیب پارامترهای ورودی بستگی دارد و بعضی از مواقع اضافه یا کم شدن یک پارامتر می‌تواند، تأثیر بسیار زیادی در دقت مدل شبکه عصبی ایجاد کند.

برای ساخت یک مدل شبکه عصبی کارا باید ترکیب مطلوبی از پارامترهای معرفی شده در جدول (۲) به عنوان ورودی شبکه استفاده شود. معیار همبستگی به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مؤثر بودن یک متغیر ورودی شبکه باشد و حتی ممکن است یک متغیر با همبستگی بالا تأثیر منفی در خروجی شبکه ایجاد کند که علت این امر وابستگی مشترک این متغیر و متغیر هدف به یک متغیر سوم است.

یکی از روش‌های مطرح برای انتخاب ویژگی در علم یادگیری ماشین، روش  $CFS^1$  است. این روش، قابلیت استفاده در مسائل رگرسیون و شبکه‌های عصبی با تابع هدف عددی و پیوسته را دارد

---

## 1. Correlation based Feature Selection

و از طرفی، نتایج بسیار خوبی در مقایسه با سایر روش‌های کلاسیک انتخاب متغیر داشته است (هال، ۱۹۹۹). در این پژوهش نیز از این روش برای انتخاب ترکیب مطلوب متغیرهای ورودی شبکه استفاده شده است. روش CFS یک روش مبتنی بر همبستگی است و ایده اصلی آن این است که متغیرهایی برای ورودی شبکه مناسب هستند که دارای همبستگی بالا با متغیر هدف باشند و از طرفی، نسبت به یکدیگر مستقل باشند. در این روش، از یک تابع اکتشافی برای بررسی ویژگی‌ها استفاده می‌شود و با توجه به آن ترکیب بهینه ویژگی‌ها انتخاب می‌شود.

با به‌کارگیری الگوریتم CFS بر روی داده‌های جمع‌آوری شده در بخش قبل، ۷ ویژگی زیر به عنوان ترکیب مطلوب و بهینه متغیرهای ورودی شبکه عصبی مشخص شد که به صورت زیر است:

۱. میزان تولید جهانی سنگ آهن
۲. میزان تولید سنگ آهن چین
۳. میزان واردات سنگ آهن به کشور چین
۴. قیمت طلا
۵. شاخص دلار
۶. قیمت نفت خام
۷. شاخص هزینه باربری

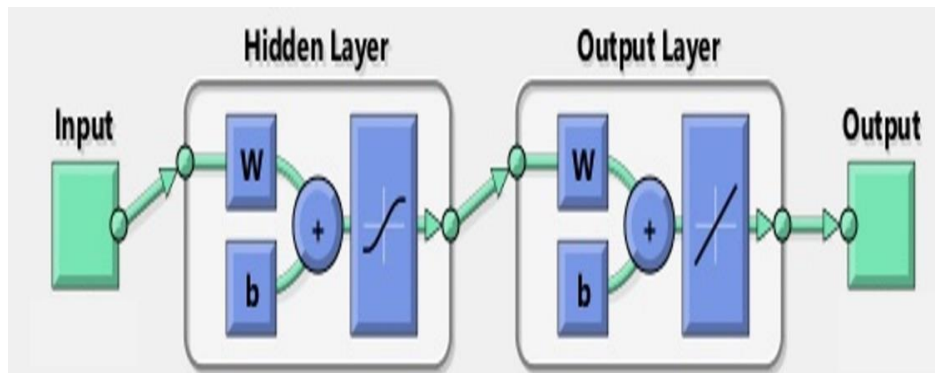
### تحلیل قیمت با استفاده از شبکه عصبی

#### ۱. توضیح شبکه عصبی مورد استفاده

شبکه عصبی که در این تحقیق از آن استفاده شده است شبکه MLP پیشرو است. این شبکه دارای سه بخش کلی: لایه ورودی، لایه میانی (لایه پنهان) و لایه خروجی است. داده‌های میزان تولید جهانی سنگ آهن، تولید سنگ آهن در کشور چین، واردات سنگ آهن کشور چین، قیمت طلا، نفت خام، دلار و هزینه ترابری به عنوان ورودی شبکه عصبی استفاده شدند و قیمت سنگ مگنتیت نیز به عنوان خروجی و تابع هدف برای پیش‌بینی تعیین شد. در بخش لایه میانی از یک لایه میانی با ۱۰ نرون داخل آن استفاده شد (شک). داده‌های ورودی با نسبت ۷۰٪، ۱۵٪ و ۱۵٪ به ترتیب برای بخش‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی تقسیم شدند.

تابع تحریک مورد استفاده در شبکه تابع سیگموئید است و اوزان بین نرون‌ها نیز با استفاده از الگوریتم لون-برگ ماکوارت<sup>۱</sup> بهینه شدند.





شکل ۱: نمای شماتیک از شبکه عصبی مورد استفاده

نحوه عملکرد این شبکه بدین صورت است که با استفاده از داده‌های سه ماه گذشته ماه چهارم را پیش‌بینی می‌کند؛ سپس با استفاده از داده تولیدشده و دو ماه قبلی ماه پنجم و به همین ترتیب کل دوره زمانی مورد نظر پیش‌بینی می‌شود. برای انجام کار ابتدا مدل اولیه و مرتبه آن را تشخیص و پارامترهای آن محاسبه می‌شود. در ادامه نکویی برازش کنترل شده و شبکه با تعداد نرون‌های لایه میانی برای حالت بهینه برابر ۱۰ نرون اجرا می‌شود. معیار خطای محاسبات میانگین ریشه مربعات خطا<sup>۱</sup> است که معرف دقت نتایج شبکه است.

## ۲. نتایج شبکه عصبی

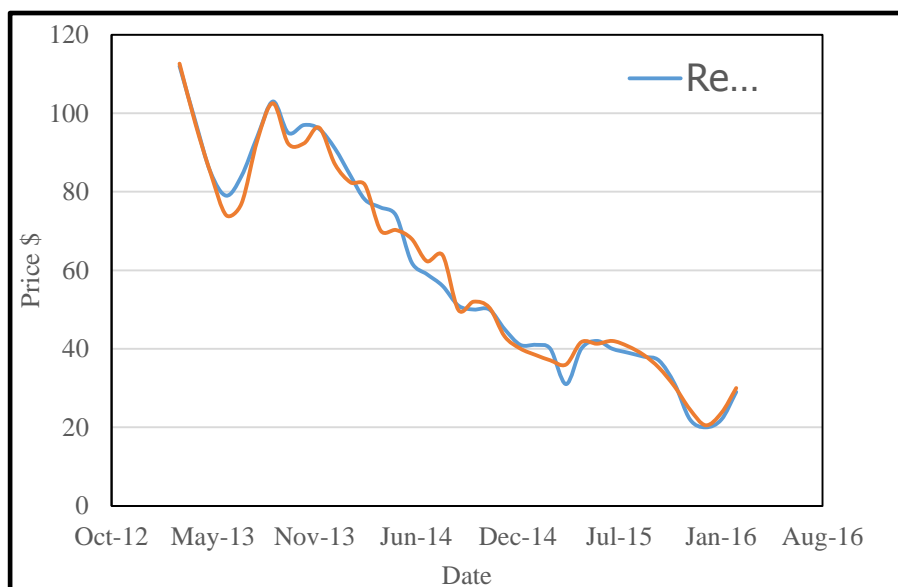
همان طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود مقدار خطای آموزش در حدود ۱/۷ و برای اعتبار سنجی برابر ۲/۳٪ و خطای آزمون ۱/۵٪ است که خطای آموزش و آزمون کمتر از اعتبارسنجی است و این نشانگر این است که پدیده بیش برازش اتفاق نیفتاده است.

جدول ۴: میزان خطا در مقاطع مختلف شبکه عصبی

آموزش	اعتبار سنجی	آزمون	خطای شبکه
۱/۷٪	۲/۳٪	۱/۵٪	

### 1. Root Mean Square Error (RMSE)

با مقایسه نتایج به دست آمده و واقعیت (مقادیر هدف) مقدار همبستگی بین نتایج شبکه و واقعیت قابل قبول است. این موضوع در شکل ۲ مشاهده می‌شود:

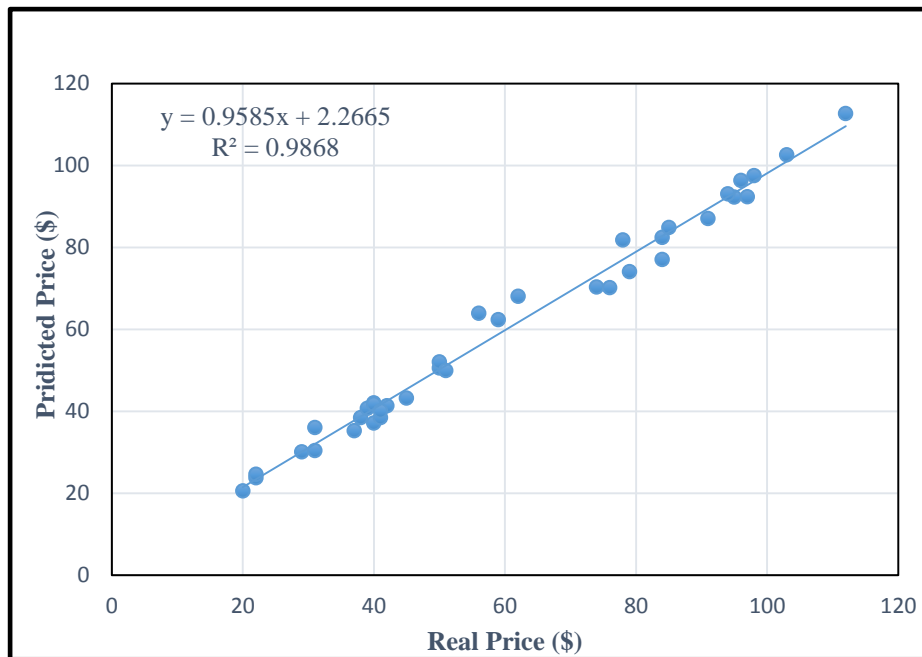


شکل ۲: مقادیر پیش‌بینی شده قیمت سنگ آهن با استفاده از شبکه عصبی. رنگ قرمز معرف مقادیر پیش‌بینی شده و رنگ آبی داده‌های واقعی قیمت سنگ آهن است.

همچنین مقدار رگرسیون و همبستگی داده‌ها در سطح اعتماد ۹۵٪ در جدول زیر داده شده است. همان طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود، پارامترهای رگرسیون در بین مقادیر حدود بالایی و پایینی است. مقدار همبستگی بالا با  $R^2=0.98$  نشانگر یک مدل خوب و با دقت مناسب است.

جدول ۵: اطلاعات مربوط به رگرسیون در سطح اعتماد ۹۵٪

Upper 95.0%	Lower 95.0%	P-value	t Stat	Coefficients	
۱,۱۷	-۱,۱۲	۰,۹۶	۰,۰۴۶	۰,۵۹	Intercept
۱,۰۱	۰,۹۷۹	۴۱E-۲۲۲	۱۴۶,۵۵	۰,۹۵	Line fit plot



شکل ۳: میزان همبستگی و رگرسیون خطی مدل پیش‌بینی‌شده و داده‌های واقعی

### بحث در مورد نتایج

در این بخش، نتایج به دست آمده پس از اعتبارسنجی در بخش حدود بالا و پایین رگرسیون و نیز عدم وقوع خطای بیش برآزشی مدل مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرند. مدل به دست آمده با همبستگی بالایی که بر داده‌های قیمت سنگ آهن دارد، حاکی از ارزشمند بودن نتایج شبکه است؛ زیرا در حال حاضر، مدلی وجود دارد که می‌تواند با کنار هم قرار دادن همه عوامل درون‌زا و برون‌زای بازار سنگ آهن قیمت این ماده معدنی مهم را پیش‌بینی کند؛ یعنی همه عوامل را با همه پیچیدگی‌های گفته شده در نظر گرفته و تحلیلی از قیمت سنگ آهن ارائه دهد که دقتی در حدود ۲٪ داشته باشد.

مدل رگرسیون ارائه‌شده در شکل ۳ به لحاظ آماری یک مدل پایدار و معتبر است؛ زیرا به آزمون‌های تی استیودنت<sup>۱</sup> و پی ویلیو<sup>۲</sup> پاسخ مثبت داده‌اند. این امر نشانگر قدرت بالای مدل ارائه‌شده بوده و نیز بیانگر مفهوم جدیدی در تحلیل‌های اقتصادی و پیش‌بینی‌های مالی برای تصمیم‌های مهم مالی و اقتصادی است.

1. t Student
2. P Value

## مقایسه نتایج با پیش‌بینی‌های سایر منابع

برای نشان دادن ارزش بالای کار و دقت مناسب شبکه عصبی طراحی شده، نتایج را با پیش‌بینی‌های بانک جهانی، پیش‌بینی موسسه نئوما<sup>۱</sup>، پیش‌بینی لوف، پیش‌بینی ارائه شده در مقاله مقدم و همکاران و همچنین با قیمت‌های موجود در بازار سنگ آهن مقایسه می‌شود. این مقایسه در جدول (جدول ۵) نشان داده شده است:

جدول ۶: مقایسه نتایج با پیش‌بینی‌های سایر منابع و قیمت‌های واقعی بازار

قیمت سنگ آهن (\$/ton)						
سال	داده‌های واقعی	نتایج این تحقیق	پیش‌بینی بانک جهانی	پیش‌بینی نئوما	متوسط پیش‌بینی لوف <sup>۲</sup> (۲۰۱۳)	متوسط پیش‌بینی مقدم و همکاران
۲۰۱۳	۹۴,۳	۹۲,۲	۱۲۷,۶	۱۳۵,۴	۱۲۷	۱۲۹,۲
۲۰۱۴	۶۴,۷	۶۵,۱	۹۱,۶	۹۶,۹	۱۲۲	۹۲,۵
۲۰۱۵	۳۶,۸	۳۷,۱	۵۲,۸	۵۵,۸	۱۲۰	۵۴,۶
۲۰۱۶	۲۳,۷	۲۴,۷	۴۶,۵	۵۰	۱۱۹	۴۹,۱
۲۰۱۷	-	۲۲,۱	۴۱,۱	۵۴	۱۱۶	۴۳,۵
۲۰۱۸	-	۲۱,۰	۴۲,۴	۵۷	۱۱۵	۴۵,۲

همان‌طور که از نتایج جدول (۵) بر می‌آید، دقت روش مورد مطالعه نسبت به داده‌های واقعی بازار دقت مناسبی نشان داده است و نسبت به پیش‌بینی‌های بانک جهانی، موسسه نئوما، متوسط پیش‌بینی لوف و متوسط پیش‌بینی ارائه شده در روش مقدم بهتر عمل کرده است. با این حال، نتایج شبکه عصبی و پیش‌بینی‌های مذکور روند نزولی قیمت سنگ آهن را تا سال ۲۰۱۷ تأیید می‌کند. با صرف نظر از نتایج این تحقیق، پیش‌بینی بانک جهانی نزدیک‌ترین پیش‌بینی به مقادیر واقعی قیمت سنگ آهن دارد. به همین دلیل، در شکل (۴) مقایسه‌ای بین قیمت‌های واقعی، پیش‌بینی شبکه عصبی و پیش‌بینی بانک جهانی ارائه شده است.

1. www.kneoma.com

2. Lof

### نتیجه‌گیری

با مطالعات انجام‌گرفته بر روی بازار سنگ آهن دو نوع عامل: درون‌زا و برون‌زا شناسایی شدند. با مطالعه یک بعدی (مطالعه تک‌تک پارامترهای مؤثر) امکان تحلیل بازار سنگ آهن وجود ندارد و تمام پارامترهای مؤثر بایستی در کنار یکدیگر مطالعه شوند و در این راه، شبکه عصبی به عنوان یکی از کاراترین روش‌ها انتخاب شد.

شبکه عصبی مورد استفاده در این تحقیق، شبکه MLP پیشرو بود که دارای سه بخش کلی: لایه ورودی، لایه میانی (لایه پنهان با ۱۰ نرون) و لایه خروجی است. داده‌های ورودی با نسبت ۷۰٪، ۱۵٪ و ۱۵٪ به ترتیب برای بخش‌های آموزش، آزمون و اعتبارسنجی تخصیص یافتند. تابع تحریک مورد استفاده در شبکه تابع سیگموئید است و اوزان بین نرون‌ها نیز با استفاده از الگوریتم Leven-Beurge Maquart بهینه شدند.

مقدار خطای آموزش در حدود ۱۷٪ و برای اعتبارسنجی برابر ۲۳٪ و خطای آزمون ۱۵٪ است و پدیده بیش‌برازش در مدل اتفاق نیفتاده است. مقدار همبستگی (در سطح اعتماد ۹۵٪) بین نتایج پیش‌بینی‌شده و مقادیر واقعی حدود ۹۸ درصد است که مقدار بسیار بالایی را در مدل نشان می‌دهد. مدل به دست آمده با همبستگی بالایی که بر داده‌های قیمت سنگ آهن دارد حاکی از ارزشمند بودن نتایج شبکه است.

این مدل می‌تواند با کنار هم قرار دادن همه عوامل درون‌زا و برون‌زای بازار سنگ آهن قیمت این ماده معدنی مهم را با خطایی در حدود ۲٪ پیش‌بینی کند. در نهایت، مدل حاصله به لحاظ آماری یک مدل پایدار و معتبر است (آزمون‌های t Student, P Value مثبت). این امر نشانگر قدرت بالای مدل ارائه‌شده بوده و نیز بیانگر مفهوم جدیدی در تحلیل‌های اقتصادی و پیش‌بینی‌های مالی برای تصمیم‌های مهم مالی و اقتصادی است.

## منابع

- Hadaf, Hafez (1394). Factors Influencing Iron Ore Price Decline. Hafez Target Investment Advisor Company. (in persian)
- Daneshgar (1392). Factors Affecting Steel Power in Today's Iranian Market. World Economics Journal - Issue 3014. (in persian)
- Rafiei, Tayebnia (1388). Investigating the Influential Parameters on Iron Ore Price Using Neural Network Modeling. Steel Symposium 88. Yazd: Iranian Iron and Steel Association. (in persian)
- Mohammadi, Soltanmohammadi, Bakhshandehamine (1392). Prediction of Iron Ore Price Using Time Series Model. Journal of Mining Development, No. 44. (in persian).
- Moghadam, Monjezi, Mehrdanesh (1394). Evaluation of Factors Affecting Iron Ore Price Using Artificial Neural Networks. Third Iranian Open Mines Conference. (in persian)
- Hall, Mark (1999). Correlation-based feature selection for machine learning. PhD diss., The University of Waikato.
- Li, Wang, Ren, and Wu (2011). Empirical analysis of the influencing factors on iron ore prices. *Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), 2011 2nd International Conference on*, 3004-3008.
- Loof, Malanichev, and Khobotilov (2013). Long-term iron ore price modeling: Marginal costs vs. incentive price. *Resources Policy*, 38. 558-567.
- Wenhui, Yalin, and Yong (2016). Influencing factors analysis of China's iron import price: Based on quantile regression model. *Resources Policy* 48.68-76.
- Ye, Li (2012). Analysis of the factors affecting the price of imported iron ore in China." *J. Econ. Issues* 10.119-122.