

پیش‌بینی قیمت جهانی سنگ آهن با استفاده از شبکه‌های عصبی

پوریا فرجیان، * نیما فرجیان **

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۳ 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 pouriafarajian@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 ۱۴۰۱، ص ۱۱۳-۱۲۶

مقدمه

به طور کلی، دو نوع تحلیل در تحلیل‌های بازار و اقتصاد وجود دارد: (الف) تحلیل‌های بنیادی^۱ و (ب) تحلیل‌های فنی^۲. 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)

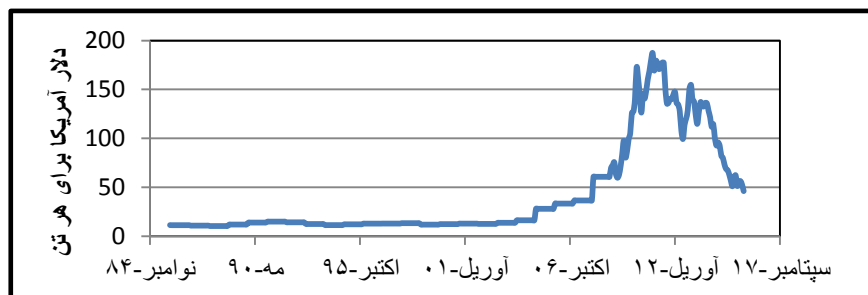
| سال | قیمت پیش‌بینی شده | قیمت واقعی |
|------|-------------------|------------|
| ۲۰۱۳ | ۱۲۷/۶ | ۹۴/۳ |
| ۲۰۱۴ | ۹۱/۴ | ۶۴/۷ |
| ۲۰۱۵ | ۵۲/۸ | ۳۶/۸ |
| ۲۰۱۶ | ۴۶/۵ | ۲۳/۷ |
| ۲۰۱۷ | ۴۱/۱ | - |
| ۲۰۱۸ | ۴۲/۴ | - |

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.

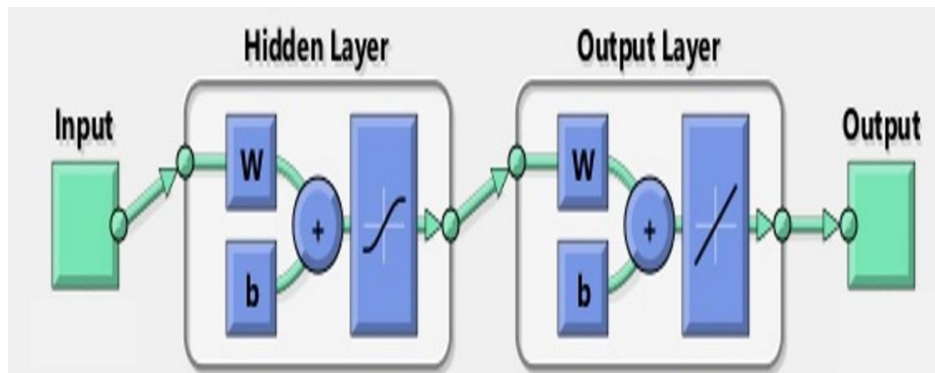
در این تحقیق، سعی شده است از روشی استفاده شود که بتواند پیچیدگی‌های پیش‌گفته شده در خصوص تغییرات قیمت سنگ آهن را بخوبی لحاظ کند و پیش‌بینی مناسب‌تری را ارائه دهد. با توجه به موارد گفته شده استفاده از شبکه‌های عصبی به دلیل عملکرد خاص و آموزش پذیری آنها احتمالاً پاسخ مناسب‌تری را برای هدف گفته شده - یعنی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



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^۱ است که معرف دقت نتایج شبکه است.

۲. نتایج شبکه عصبی

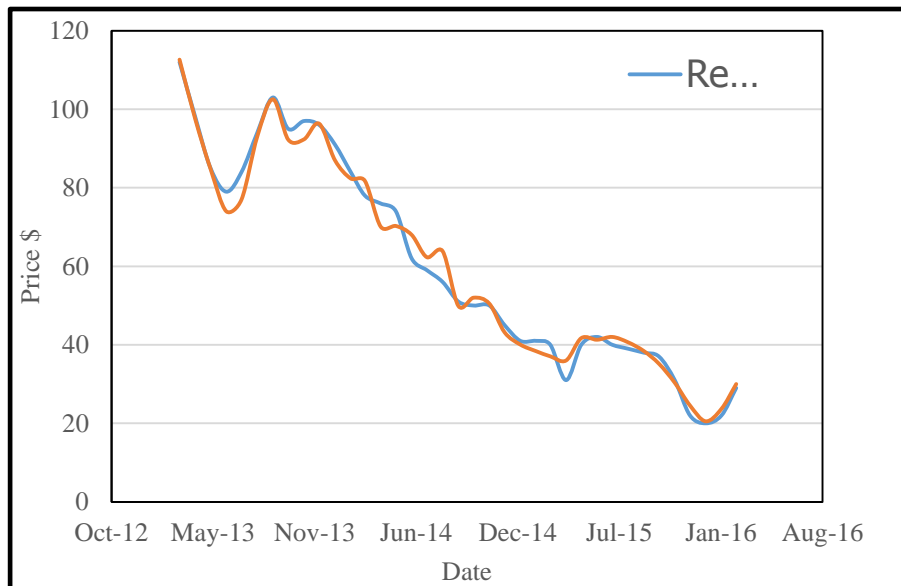
همان طور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود مقدار خطای آموزش در حدود ۱/۷ و برای اعتبار سنجی برابر ۲/۳٪ و خطای آزمون ۱/۵٪ است که خطای آموزش و آزمون کمتر از اعتبارسنجی است و این نشانگر این است که پدیده بیش برازش اتفاق نیفتاده است.

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:

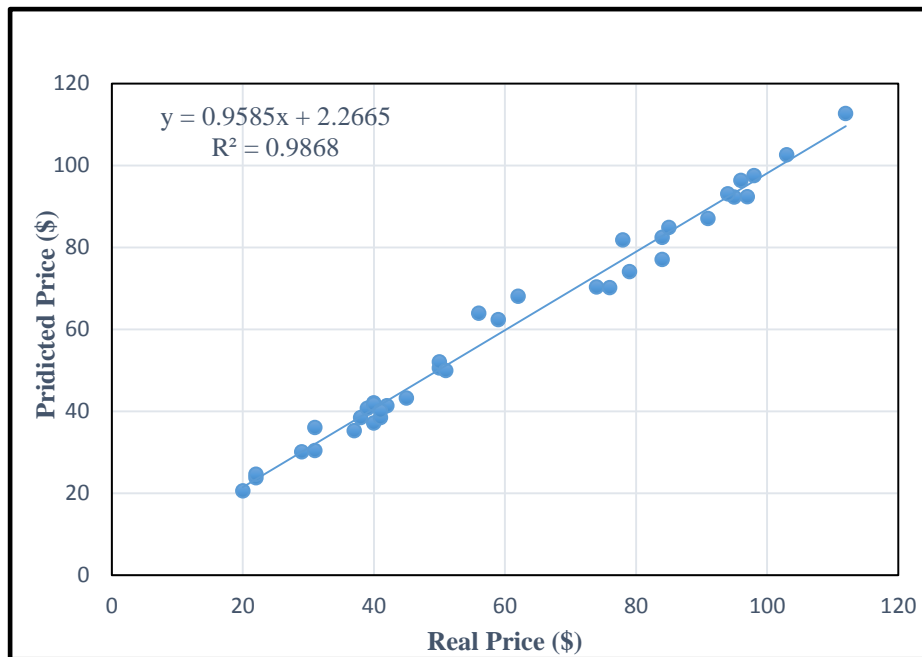


شکل ۲: مقادیر پیش‌بینی شده قیمت سنگ آهن با استفاده از شبکه عصبی. رنگ قرمز معرف مقادیر پیش‌بینی شده و رنگ آبی داده‌های واقعی قیمت سنگ آهن است.

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^۱ و پی ویلیو^۲ 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^۱، 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 ^۲ (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 |

همان طور 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.