

## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья  
УДК 338.27:669

### Прогнозирование производства стали и мирового торгового баланса руды и металлов с использованием метода ARIMA

**Леонид Дмитриевич Савенков**

Институт финансов, экономики и управления Тольяттинского государственного университета, Тольятти, Россия, leonidsavenkov89@yandex.ru

**Аннотация.** Сталь – один из самых важных сырьевых материалов, используемых практически во всех сферах нашей жизни, прямо или косвенно влияющих на промышленность и экономику страны. В данной статье рассматривается прогнозирование мирового производства стали, экспорта и импорта руды и металлов как всех стран мира, так и России в отдельности с использованием метода ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) на основе данных за период с 2000 по 2020 г. Метод ARIMA применяется для моделирования временных рядов, учитывая автокорреляцию, тренды и сезонность данных. Прогнозы, полученные с использованием данного метода, предоставляют ценные результаты для принятия стратегических решений в металлургической промышленности и глобальной торговле. Прогноз производства стали на 15 лет вперед показывает значительный рост производства. Мировой показатель экспорта руды и металлов, отражающий зависимость экспорта от добычи руды и металлов и специализацию экономик в этой сфере, показывает прогнозируемый рост почти в 2 раза по сравнению с данными 2020 г. Мировой показатель импорта руды и металлов демонстрирует рост импорта в течение ближайших 15 лет. Для России также проведен анализ, показывающий снижение доли импорта руды и металлов в общем объеме товаров и сохранение доли экспорта на текущем уровне.

**Ключевые слова.** ARIMA, прогнозирование временных рядов, производство стали, мировая торговля, руда и металлы, экспорт, импорт, металлургическая промышленность, Россия

**Основные положения:**

- ◆ методом ARIMA прогнозируется значительный рост производства стали к 2035 г. – более чем в 2 раза;
- ◆ методом ARIMA прогнозируется значительный рост мирового импорта руды и металлов;
- ◆ прогнозируемая методом ARIMA доля импорта руды и металлов в России в общей совокупности товаров будет снижаться;
- ◆ прогнозируемая методом ARIMA доля экспорта руды и металлов в России будет сохраняться примерно на текущем уровне, немного снизив позиции в общем балансе к 2035 г.

**Для цитирования:** Савенков Л.Д. Прогнозирование производства стали и мирового торгового баланса руды и металлов с использованием метода ARIMA // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 7 (237). С. 37–43.

Original article

## Forecasting steel production and world trade balance of ores and metals using the ARIMA method

Leonid D. Savenkov

Institute of Finance, Economics and Management of Togliatti State University, Togliatti, Russia, leonidsavenkov89@yandex.ru

**Abstract.** Steel is one of the most important raw materials used in almost all spheres of our life, directly or indirectly affecting the industry and economy of the country. This article investigates the forecasting of global steel production, exports and imports of ore and metals of all countries of the world and Russia separately using the ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) method based on data for the period from 2000 to 2020. The ARIMA method is used for time series modeling, taking into account autocorrelation, trends and seasonality of data. Forecasts obtained using this method provide valuable results for strategic decision making in the steel industry and global trade. The forecast for 15 years ahead shows a significant increase in the steel production. World ore and metal exports, reflecting the dependence of exports on ore and metal production and the specialization of economies in this area, are projected to grow by almost twice as much as in 2020. The global ore and metal imports indicator shows import growth over the next 15 years. For Russia, the analysis also shows a decrease in the share of imports of ore and metals in the total volume of goods and preservation of the share of exports at the current level.

**Keywords:** ARIMA, time series forecasting, steel production, world trade, ore and metals, exports, imports, metallurgical industry, Russia

### Highlights:

- ◆ the ARIMA method predicts a significant increase in steel production by 2035 – by more than 2 times;
- ◆ the ARIMA method predicts a significant increase in global imports of ore and metals;
- ◆ the share of imports of ore and metals in Russia in the total set of goods predicted by the ARIMA method will decrease;
- ◆ the share of ore and metal exports in Russia projected by the ARIMA method will remain approximately at the current level, slightly reducing its position in the overall balance by 2035.

**For citation:** Savenkov L.D. Forecasting steel production and world trade balance of ores and metals using the ARIMA method // Vestnik of Samara State University of Economics. 2024. No. 7 (237). Pp. 37–43. (In Russ.).

### Введение

Сталь – один из самых важных сырьевых материалов, используемых практически во всех сферах нашей жизни, прямо или косвенно влияющих на промышленность и экономику страны. Готовая продукция сталелитейной промышленности может быть повторно использована в конце своего жизненного цикла, что делает принципы обратной логистики применимыми в цепи поставок и превращает ее в замкнутую цепь поставок [1].

Цепочки поставок стали вынуждены учитывать экологические и социальные аспекты, помимо финансовых, однако в контексте опера-

ционных исследований немногие работы, предлагающие математические формулировки и алгоритмы, затрагивают лишь некоторые аспекты проблемы [2].

Tizgoo считает, что внутренняя и внешняя среда всех организаций заставляет их адаптироваться к лучшим практикам и пересматривать свои взаимоотношения в рамках всей цепочки поставок [3].

Черная металлургия – одна из наиболее ресурсоемких и загрязняющих окружающую среду отраслей промышленности, создающая наибольшую стоимость среди всех горнодобывающих и металлургических отраслей. В то

время как последние исследования дают рекомендации по улучшению устойчивого развития данной отрасли, сложность социально-экологических последствий деятельности в этой отрасли из-за ее многоуровневой и многоцелевой структуры цепей поставок породила проблему проектирования устойчивой сети цепей поставок стали [4].

Учитывая сложность, взаимодействие и динамику цепочки поставок, вычислительное моделирование и симуляция способствуют определению поведения системы и принятию решений [5].

Исследования Khoza показали, что сталелитейная промышленность Южной Африки значительно пострадала, когда в последнее десятилетие импортная сталь захватила рынок и разорила крупных игроков отрасли. Чтобы стать конкурентоспособной, отрасли требуются новые бизнес-модели и парадигмы для совершенствования стратегий управления цепочками поставок и принятия международных стандартов, таких как практика бережливого управления цепочками поставок [6].

По мере того как Европейский союз усиливает меры реагирования на чрезвычайную ситуацию, связанную с изменением климата, все большее внимание уделяется энергоемким отраслям промышленности, которые трудно остановить. Главной среди них является сталелитейная промышленность, краеугольный камень европейской экономики и промышленности. Учитывая капиталоемкий и энергоемкий характер сталелитейной промышленности, в этом десятилетии необходимо принимать критические инвестиционные решения, и данное исследование позволяет глубже понять варианты цепочек поставок для Европы [7].

### Методы

На основании данных производства стали, полученных из открытых источников сайта Всемирной ассоциации стали за период с 2000 по 2020 г., было проведено прогнозирование производства стали в тоннах с использованием метода ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). Метод ARIMA используется для качественного прогнозирования и моделирования временных рядов. Этот метод сочетает в себе авторегрессионную модель, интегрированное разностное преобразование и модель скользящего среднего.

Анализ временных рядов – это процесс оценки последовательных данных с целью извлечения значимой статистики. В современную эпоху организации в значительной степени полагаются на анализ данных для решения и прогнозирования возможных ответов на конкретные проблемы. Эти прогнозы оказывают большую помощь в принятии решений. В задачах, связанных с временными рядами, данные используются для обучения различных моделей машинного и глубокого обучения. Модели, обучаемые на предоставленных данных, выдают определенные результаты [8].

Прогнозирование временных рядов с использованием исторических данных имеет большое значение в настоящее время [9].

Авторегрессионная модель предполагает, что текущее значение временного ряда зависит линейно от предыдущих значений этого же ряда.

Таким образом временной ряд проходит через интегрирование или разностное преобразование, чтобы сделать его стационарным. Это может включать разность первого порядка (для удаления тренда) или более высокие порядки разностей в зависимости от необходимости.

Метод ARIMA может использоваться предприятиями металлургического комплекса для моделирования и прогнозирования временных рядов с учетом автокорреляции, трендов и сезонности данных.

### Результаты

Как видно из рис. 1, наблюдается значительный прогнозируемый рост производства стали, особенно через 15 лет – более чем в 2 раза.

Далее представлен прогноз мировых показателей «Ores and metals exports (% of merchandise exports)», которые отражают удельный вес вывоза руды и металлов в общем объеме экспорта товаров.

Данный показатель довольно важен для всех стран мира, особенно там, где добыча и экспорт руды и металлов играет ключевую роль в экономике страны. Высокий процент указывает на значительную зависимость экспорта от экспорта руды и металлов и свидетельствует о специализации экономики в данной сфере. В нашем случае при рассмотрении мирового показателя этот показатель важен для глобальной торговли и может свидетель-

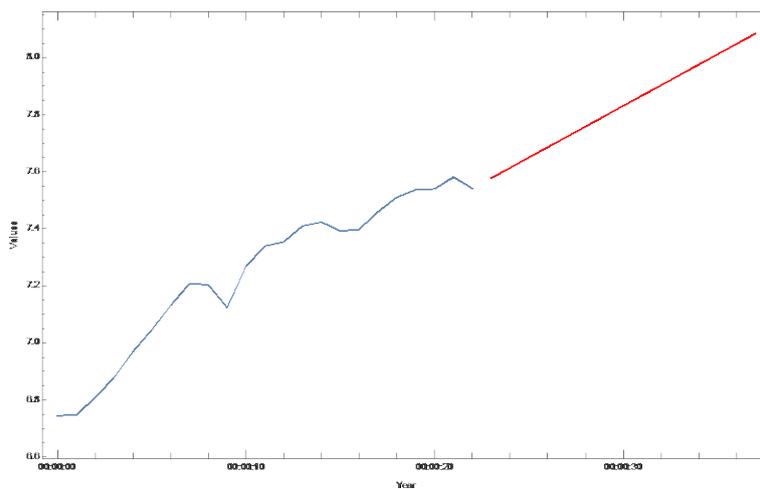


Рис. 1. Прогнозирование производства стали в тоннах на основе метода ARIMA для временного ряда до 2035 г.

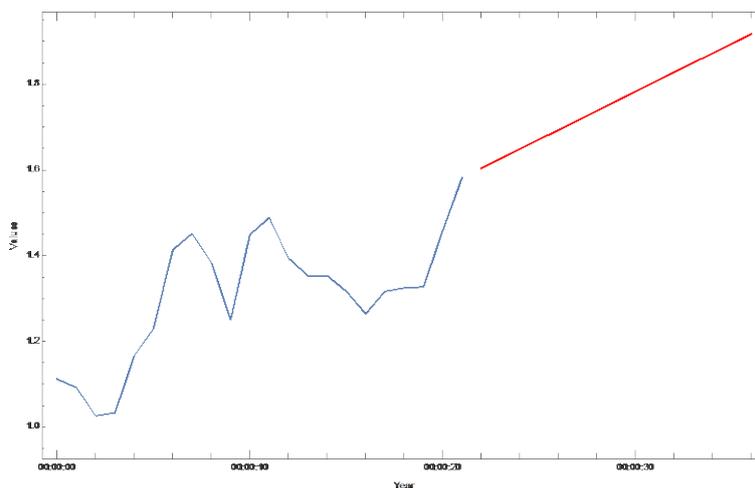


Рис. 2. Визуализация прогноза мирового экспорта руды и металлов до 2035 г.

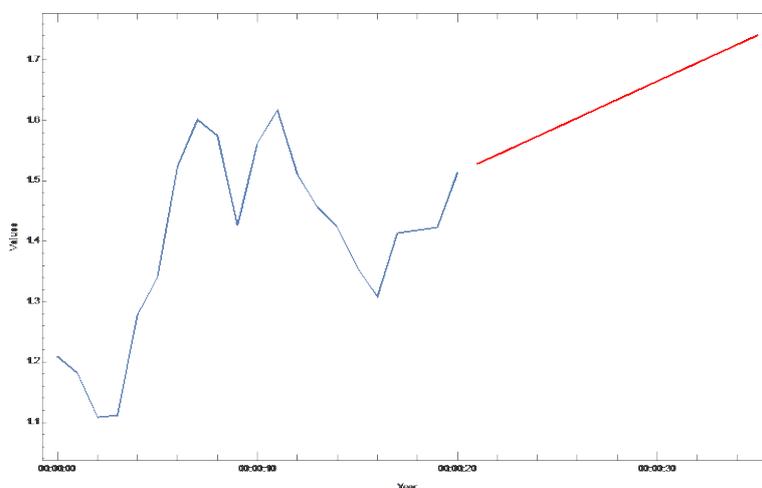


Рис. 3. Визуализация прогноза мирового импорта руды и металлов до 2035 г.

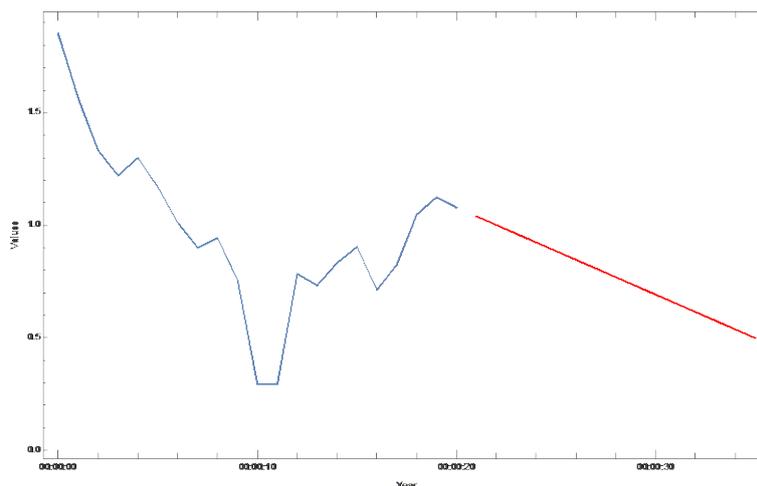


Рис. 4. Визуализация прогноза импорта руды и металлов в России до 2035 г.

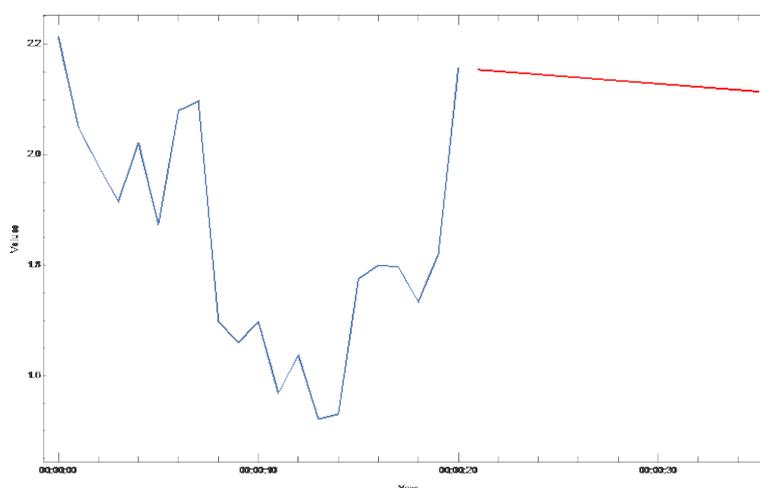


Рис. 5. Визуализация прогноза экспорта руды и металлов в России до 2035 г.

ствовать о важной роли добычи полезных ископаемых.

Информация о мировом экспорте руды металлов будет полезной для анализа мировых рынков сырья, понимания глобальных тенденций в торговле и прогнозирования развития отраслей, связанных с добычей и переработкой металлов. Анализ позволяет спрогнозировать степень глобальной зависимости от добычи и экспорта руды и металлов и их влияние на мировую экономику и торговлю.

Проведенный анализ показателя и его прогнозирование методом ARIMA визуализирован на рис. 2.

Далее проведем прогнозирование показателя «Ores and metals imports (% of merchandise imports)» – показатель импорта руды и металлов на уровне мировой экономики, который отражает долю импорта руды и

металлов в общем объеме мирового импорта товаров (товарного импорта).

Как видно из рис. 3, наблюдается значительный рост мирового импорта руды и металлов в течение последующих 15 лет. Наблюдается рост показателя более чем в 2 раза по сравнению с данными 2020 г.

Мировой показатель доли импорта руды и металлов отражает важность импорта руды и металлов в глобальной торговле и позволяет оценить важность импорта сырья для металлургической промышленности и других отраслей, требующих металлы в производстве.

Высокий процент импорта руды и металлов на уровне мировой экономики может указывать на глобальную специализацию и разделение труда, где определенные страны или регионы выступают как крупные импортеры сырья для удовлетворения потребностей своих

промышленных секторов. Это может также отражать неравномерное распределение мировых ресурсов и зависимость различных стран от импорта сырья для поддержания своей экономической активности.

Однако для России мы можем наблюдать совсем иные прогнозы. Так, доля импорта руды и металлов в общей совокупности товаров будет резко снижаться, что представлено на рис. 4, а доля экспорта будет сохраняться примерно на текущем уровне, немного снизив позиции в общем балансе к 2035 г. (рис. 5).

### Обсуждение

Прогноз резкого снижения импорта ввозимой руды и стали связан не только с экономическими факторами, но и с политическими. В настоящее время в России наблюдается процесс развития собственных металлургических предприятий и технологий для повышения производственной эффективности и расширения ассортимента производимой продукции.

Из экономических факторов можно выделить увеличение производства собственных

металлургических продуктов путем развития собственных производственных мощностей. И соответственно это приводит к снижению зависимости от импорта труда и металлов.

Введение санкций на предприятия металлургического комплекса также найдут отражение в показателе импорта руды и металлов и могут иметь отголосок во времени для показателя экспорта.

### Заключение

Внедрение новых технологий и методов добычи, обработки и переработки металлов может повысить эффективность и устойчивость металлургической промышленности России, что может сократить необходимость в импорте сырья.

В целом такие изменения могут быть результатом стратегических решений и приспособлений России к меняющимся условиям в мировой экономике, включая стремление к увеличению самообеспеченности в сфере добычи и переработки металлов, а также управлению геополитическими и торговыми рисками.

### Список источников

1. Pourmehdi M., Paydar M.M., Asadi-Gangraj E. Scenario-based design of a steel sustainable closed-loop supply chain network considering production technology // *Journal of Cleaner Production*. 2020. No. 277. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123298.
2. A country-level multi-objective optimization model for a sustainable steel supply chain / B.L. Condé, J.F. de F. Almeida, D.M. Miranda, S.V. Conceição // *Exacta*. 2024. doi:10.5585/2024.22996.
3. Proposing an agile strategy for a steel industry supply chain through the integration of balance scorecard and Interpretive Structural Modeling / A. Tizroo, A. Esmaeili, E. Khaksar, J. Šaparauskas, M.M. Mozaffari // *Journal of Business Economics and Management*. 2017. No. 18 (2). doi:10.3846/16111699.2017.1279683.
4. Borji M.K., Sayadi A.R., Nikbakhsh E. A Novel Sustainable Multi-objective Optimization Model for Steel Supply Chain Design Considering Technical and Managerial Issues: a Case Study // *Journal of Mining and Environment*. 2023. No. 14 (1). doi:10.22044/jme.2023.12556.2280.
5. A systems dynamics simulation model of a steel supply chain-case study / M.A. Mohammadi, A.R. Sayadi, M. Khoshfarman, A. Husseinzadeh Kashan // *Resources Policy*. 2022. No. 77. doi:10.1016/j.resourpol.2022.102690.
6. Khoza S., Mafini C., Okoumba W.V.L. Lean practices and supply-chain competitiveness in the steel industry in Gauteng, South Africa // *South African Journal of Economic and Management Sciences*. 2022. No. 25 (1). doi:10.4102/sajems.v25i1.4617.
7. Towards defossilised steel: Supply chain options for a green European steel industry / G. Lopez, T. Galimova, M. Fasihi, D. Bogdanov, C. Breyer // *Energy*. 2023. No. 273. doi:10.1016/j.energy.2023.127236.
8. Albeladi K., Zafar B., Mueen A. Time Series Forecasting using LSTM and ARIMA // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2023. No. 14 (1). doi:10.14569/IJACSA.2023.0140133.
9. Sirisha U.M., Belavagi M.C., Attigeri G. Profit Prediction Using ARIMA, SARIMA and LSTM Models in Time Series Forecasting: A Comparison // *IEEE Access*. 2022. No. 10. doi:10.1109/ACCESS.2022.3224938.

### References

1. Pourmehdi M., Paydar M.M., Asadi-Gangraj E. Scenario-based design of a steel sustainable closed-loop supply chain network considering production technology // *Journal of Cleaner Production*. 2020. No. 277. doi:10.1016/j.jclepro.2020.123298.

2. A country-level multi-objective optimization model for a sustainable steel supply chain / B.L. Condé, J.F. de F. Almeida, D.M. Miranda, S.V. Conceição // *Exacta*. 2024. doi:10.5585/2024.22996.

3. Proposing an agile strategy for a steel industry supply chain through the integration of balance scorecard and Interpretive Structural Modeling / A. Tizroo, A. Esmaili, E. Khaksar, J. Saparauskas, M.M. Mozaffari // *Journal of Business Economics and Management*. 2017. No. 18 (2). doi:10.3846/16111699.2017.1279683.

4. Borji M.K., Sayadi A.R., Nikbakhsh E. A Novel Sustainable Multi-objective Optimization Model for Steel Supply Chain Design Considering Technical and Managerial Issues: a Case Study // *Journal of Mining and Environment*. 2023. No. 14 (1). doi:10.22044/jme.2023.12556.2280.

5. A systems dynamics simulation model of a steel supply chain-case study / M.A. Mohammadi, A.R. Sayadi, M. Khoshfarman, A. Husseinzadeh Kashan // *Resources Policy*. 2022. No. 77. doi:10.1016/j.resourpol.2022.102690.

6. Khoza S., Mafini C., Okoumba W.V.L. Lean practices and supply-chain competitiveness in the steel industry in Gauteng, South Africa // *South African Journal of Economic and Management Sciences*. 2022. No. 25 (1). doi:10.4102/sajems.v25i1.4617.

7. Towards defossilised steel: Supply chain options for a green European steel industry / G. Lopez, T. Galimova, M. Fasihi, D. Bogdanov, C. Breyer // *Energy*. 2023. No. 273. doi:10.1016/j.energy.2023.127236.

8. Albeladi K., Zafar B., Mueen A. Time Series Forecasting using LSTM and ARIMA // *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2023. No. 14 (1). doi:10.14569/IJACSA.2023.0140133.

9. Sirisha U.M., Belavagi M.C., Attigeri G. Profit Prediction Using ARIMA, SARIMA and LSTM Models in Time Series Forecasting: A Comparison // *IEEE Access*. 2022. No. 10. doi:10.1109/ACCESS.2022.3224938.

#### ***Информация об авторе***

Л.Д. Савенков – кандидат экономических наук, доцент Института финансов, экономики и управления Тольяттинского государственного университета.

#### ***Information about the author***

L.D. Savenkov – PhD in Economics, Associate Professor at the Institute of Finance, Economics and Management of Tolyatti State University.

Статья поступила в редакцию 22.04.2024; одобрена после рецензирования 23.04.2024; принята к публикации 14.05.2024.

The article was submitted 22.04.2024; approved after reviewing 23.04.2024; accepted for publication 14.05.2024.