

Evaluation of the Port Development of the Caspian Sea

Erfan Soghadi¹, Mojtaba Arasteh^{2✉} Khalil Hajipoor³

1. M.S of Regional Planning, Shiraz University, Shiraz, Iran
Email: erfansoghadi@hafez.shirazu.ac.ir
2. Assistant Professor of Urban and Regional Planning, Shiraz University, Shiraz, Iran
✉ E-mail: m.arasteh@shirazu.ac.ir
3. Assistant Professor of Urban and Regional Planning, Shiraz University, Shiraz, Iran
Email: khajipoor@gmail.com



How to Cite: Soghadi, E; Arasteh, M; & Hajipoor, Kh. (2025). Evaluation of the Port Development of the Caspian Sea. *Geography and Development*, 23 (80), 23-50.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2025.49280.3665>

Received:

9 July 2024

Received in revised form:

18 February 2025

Accepted:

24 February 2025

Published online:

24 September 2025

ABSTRACT

In the global supply chain, a seaport plays a pivotal role in linking exporters and importers, facilitating trade, and developing the city and hinterland areas as a crucial part of the multimodal network. The aim of this research was to evaluate the level of development of ports in the Caspian Sea coastal strip and to examine the position of countries in this region in terms of facilitating trade and developing hinterland areas. After general studies and comparison of factors and sub-criteria, 12 prominent ports of Caspian Sea were selected. In the first stage, a questionnaire was designed to obtain the opinions of 8 experts to understand the importance of each factor and its sub-criteria in evaluating the level of port development using the FUCOM method. According to the conducted survey, external land factors with a weight of 0.404 had the most impact on port selection. In the second stage, using the results of the questionnaire and based on the Multi-Criteria Decision Making (MARCOS) method, the Caspian Sea ports were ranked based on their level of development. The results showed that Astrakhan Port with a score of (0.737) ranked first, Baku Port with a score of (0.714) ranked second, and the Russian port of Makhachkala and the Turkmenbashi port of Turkmenistan are in third and fourth place with scores of (0.531 and 0.522), respectively. Among the Iranian ports, Amir Abad Port with a score of (0.508) was recognized as the most developed port in northern Iran, Anzali Port with a score of (0.321) and Nowshahr Port with a score of (0.297) ranked fifth, eighth and tenth.

Keywords:

Port,
Coastal development,
Fucom model,
Marcos model,
Caspian sea.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

Ports play a critical role in national and regional economies and are recognized as key development hubs in coastal countries. Many coastal cities have emerged and evolved due to their port-related functions, with the development of the city and its port being interdependent. The attractiveness of a port—stemming from factors such as geographical location, infrastructure, and operational efficiency—is a prerequisite for its competitiveness. This appeal encourages users to select the port for cargo transportation, which in turn drives port development through the expansion of docks, warehouses, and equipment. In contemporary times, ports compete to establish themselves as transshipment hubs, a rivalry that has led to significant transformations in port systems over the past two decades, particularly in developing regions such as Iran and its neighboring countries. Despite the strategic importance of Caspian Sea ports in global trade—as exporters of energy resources and connectors of vital transportation corridors—the evaluation of their development levels has received relatively limited attention. This study aims to assess the development level of twelve major Caspian Sea ports (Amirabad,

Anzali, Noshahr, Aktau, Kuryk, Turkmenbashi, Baku, Alat, Dubendi, Astrakhan, Makhachkala, and Olya) and to analyze the standing of countries in the region. It achieves this by scoring and prioritizing factors that influence the assessment of port development levels, including exogenous land factors, exogenous sea factors, and endogenous port factors, ultimately ranking these ports accordingly.

2. Materials and Methods

This research adopts a descriptive-analytical approach, grounded in a multi-criteria decision-making (MCDM) framework that incorporates 3 primary factors and 18 criteria for evaluating port development. Data collection was conducted using official port websites, supplemented by information from platforms such as OpenStreetMap, Marine Insight, Shipnext, and Maritime Optima. To determine the weights of the criteria and factors, the Full Consistency Method (FUCOM) was employed with input from field experts. Subsequently, the Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS) method was applied to rank the ports based on their development levels, integrating the weighted criteria into the analysis.

3. Results and Discussion

Development planners are instrumental in evaluating and identifying the developmental potential of various geographical regions. This understanding enables them to establish the foundation for regional progress. A critical component of this process involves ranking geographical locations—particularly ports—based on their relative strengths and potential. The objective of this study is to assess the development level of ports along the Caspian Sea coastline and to examine the positions of regional countries in facilitating trade and advancing hinterland development. To this end, factors influencing port development were scored and prioritized. The findings reveal that exogenous land factors, such as internal transportation infrastructure, exert the most substantial influence—a result that aligns with prior studies on ports in the Persian Gulf and the Sea of Oman. This suggests that focusing solely on marine and land equipment or advanced docking facilities is no longer sufficient; rather, greater control over broader segments of the logistics chain is essential. Additionally, the development of hinterland infrastructure and dry ports significantly enhances port competitiveness. The analysis further indicates that Russian and Azerbaijani ports are more developed, owing to strategic investments, positioning them as key transit hubs. Meanwhile, Turkmenbashi port has experienced remarkable growth and is emerging as a vital link in the Middle Corridor's commercial route, connecting China to Europe and potentially bypassing Iran. In contrast, Iranian ports such as Anzali and Noshahr have struggled to adapt to global standards and complete the North-South Corridor, resulting in diminished competitiveness for Iran and its exclusion from international corridors. However, Amirabad port stands out as the most developed port in northern Iran and the largest third-generation port connected to the national rail network, opening new prospects for economic growth in the country's northern region.

4. Conclusion

The research findings demonstrate that Astrakhan port in Russia ranks highest in development among Caspian Sea ports. This is attributed to its strategic location at the northernmost point of the Caspian Sea, its connection to the Volga River—a critical component of Russia's internal waterway system—and the Volga-Don Canal, which provides access to the open waters of the Black Sea. Substantial infrastructure investments, including contributions from Iran, and integration with rail and road networks further bolster its position. Astrakhan has thus become a vital gateway for trade between Europe and Asia and an integral part of the North-South Corridor. Baku port in Azerbaijan, ranked second, benefits from its location at the intersection of the East-West and North-South corridors. However, its main terminal is currently under reconstruction, with traffic slated to shift to Alat port. Makhachkala port, in third place, leverages its strategic position and ice-free waters during winter to support maritime activities, playing a significant role in the transit of oil and gas cargoes from Europe, Central Asia, India, and the Persian Gulf. Finally, Turkmenbashi port in Turkmenistan, ranked fourth, has undergone a transformative \$1.5 billion project in 2018, enabling it to handle 17 million tons of cargo annually. By integrating maritime, road, and rail transportation, it has established itself as a key logistics hub between Central Asia and Europe.

Keywords: Port, Coastal development, Fucom model, Marcos model, Caspian sea.

5. References

- Arasteh, M., & Zarei, M (2022). An analysis of the development level of ports in Bushehr Province. *Journal of Geography and Development*, 20(66).
<https://doi.org/10.22111/J10.22111.2022.6726>
- Amini, D., & Asanloo, A (2014). Comparison of the development level of Persian Gulf ports using the TOPSIS multi-criteria decision-making model. *Journal of Border Studies*, 3(2), 1-20.
- Parizadi, T., Asadi, S., Gholichi, M. M., & Sheikhi, H (2012). Investigation and analysis of the relative advantages of regional development in northern Iranian ports using the integration of TOPSIS and ELECTRE techniques. *Regional Planning Quarterly*, 2(4).
<https://civilica.com/doc/1916166/>
- Dovali, M. M., & Masoumzadeh Jouzdani, R (2021). Prioritization of port selection criteria by international transportation companies (hierarchical analysis approach). *Bi-monthly Journal of Trade Studies*, 19(109).
<https://civilica.com/doc/1412016>
- Zarei, M., & Arasteh, M (2023). Evaluation of the development status of ports on the northern and southern coasts of the Persian Gulf and the Sea of Oman. *Journal of Geography and Development*, 21(73).
<https://doi.org/10.22111/gdij.2023.45382.3513>
- Mohammadi, A., Samaei, F., Ameli Diva, Z., & Arayi Doron Kolai, H (2017). Evaluation of Persian Gulf ports based on multi-criteria decision-making models with a fuzzy approach. *Journal of Marine Science and Technology*, 22(87), 38-47.
<https://civilica.com/doc/888316/>
- Akbulaev, N., & Bayramli, G (2020). Maritime transport and economic growth: Interconnection and influence (an example of the countries in the Caspian Sea coast; Russia, Azerbaijan, Turkmenistan, Kazakhstan and Iran). *Marine Policy*, 118, 104005.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104005>
- Bortas, I., Kolanović, I., & Vilke, S (2022). Model for port service quality and intermodality assessment applying fuzzy logic. *Pomorstvo*, 36(2), 214-222.
<https://doi.org/10.31217/p.36.2.5>
- Bussièrès, P.-O (2023). The Middle Corridor: A geopolitical game-changer in Eurasian trade. *Geopolitical Monitor*. 2023, October 9.
<https://www.geopoliticalmonitor.com/the-middle-corridor-a-geopolitical-game-changer-in-eurasian-trade/>
- Dadashpoor, H., & Arasteh, M (2020). Core-port connectivity: Towards shaping a national hinterland in a West Asia country. *Transport Policy*, 88, 57-68.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.01.015>
- De Martino, M., & Morvillo, A (2008). Activities, resources and inter-organizational relationships: Key factors in port competitiveness. *Maritime Policy & Management*, 35(6), 571-589.
<https://doi.org/10.1080/03088830802469477>
- Ding, J.-F., Kuo, J.-F., Shyu, W.-H., & Chou, C.-C (2019). Evaluating determinants of attractiveness and their cause-effect relationships for container ports in Taiwan: Users' perspectives. *Maritime Policy & Management*, 46(4), 466-490.
<https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1562245>
- Feng, X., Zhang, Y., Li, Y., & Wang, W (2013). A location-allocation model for seaport-dry port system optimization. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2013, e309585.
<https://doi.org/10.1155/2013/309585>
- French, R. A (1979). Competition among selected eastern Canadian ports for foreign cargoes. *Maritime Policy & Management*, 6(1), 5-13.
<https://doi.org/10.1080/03088837900000042>
- Gao, T., Na, S., Dang, X., & Zhang, Y (2018). Study of the competitiveness of Quanzhou Port on the Belt and Road in China based on a Fuzzy-AHP and ELECTRE III model. *Sustainability*, 10(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/su10041253>
- Kaliszewski, A., Kozłowski, A., Dąbrowski, J., & Klimek, H (2020). Key factors of container port competitiveness: A global shipping lines perspective. *Marine Policy*, 117, 103896.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103896>
- Li, Z., Luan, W., Wang, X., Wan, S., Su, M., & Zhang, Z (2022). Spatial expansion regular pattern and driving factors of estuarine and coastal harbors. *Ocean & Coastal Management*, 216, 105980.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105980>

- Liu, J., Wang, X., & Guo, J (2021). Port efficiency and its influencing factors in the context of Pilot Free Trade Zones. *Transport Policy*, 105, 67-79.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.02.011>
- Martínez Moya, J., & Feo Valero, M (2017). Port choice in container market: A literature review. *Transport Reviews*, 37(3), 300-321.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1231233>
- Mana.ir (2022). Solyanka Port, a strategic base for the development of Iran-Russia trade (World).
<http://mana.ir/fa/news/94193>
- Min, H., & Park, B.-I (2020). A two-dimensional approach to assessing the impact of port selection factors on port competitiveness using the Kano model. *Maritime Economics & Logistics*, 22(3), 353-382.
<https://doi.org/10.1057/s41278-019-00117-7>
- Mou, N., Wang, C., Chen, J., Yang, T., Zhang, L., & Liao, M (2021). Spatial pattern of location advantages of ports along the Maritime Silk Road. *Journal of Geographical Sciences*, 31(1), 149-176.
<https://doi.org/10.1007/s11442-021-1837-9>
- Munim, Z. H., Hasan, K. R., Schramm, H.-J., & Tusher, H. M (2022). A port attractiveness assessment framework: Chittagong Port's attractiveness from the users' perspective. *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 463-471.
<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.01.007>
- Notteboom, T (2008). The relationship between seaports and the inter-modal hinterland in light of global supply chains. OECD.
<https://doi.org/10.1787/235371341338>
- Parola, F., Risitano, M., Ferretti, M., & Panetti, E (2017). The drivers of port competitiveness: A critical review. *Transport Reviews*, 37(1), 116-138.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1231232>
- Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in MCDM models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*, 10(9), Article 9.
<https://doi.org/10.3390/sym10090393>
- Pototskaya, T. I (2021). Geographical factors of determining the legal status of the Caspian Sea. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*, 6(16)(4), 22-35.
<https://doi.org/10.37279/2309-7663-2020-6-4-22-35>
- Rizzi, A (2024). Risk and reward: Why the EU should develop the Middle Corridor trade route. *ECFR*.2024, April 11.
<https://ecfr.eu/article/risk-and-reward-why-the-eu-should-develop-the-middle-corridor-trade-route/>
- Rodrigue, J.-P (2004). Freight, gateways and mega-urban regions: The logistical integration of the Bostwash Corridor. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 95(2), 147-161.
<https://doi.org/10.1111/j.0040-747X.2004.t01-1-00297.x>
- Rodrigue, J.-P., & Notteboom, T (2009). The terminalization of supply chains: Reassessing the role of terminals in port/hinterland logistical relationships. *Maritime Policy & Management*, 36(2), 165-183.
<https://doi.org/10.1080/03088830902861086>
- Rodrigue, J.-P., Notteboom, T., Pallis, A., & Paul, J (2022). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780429318184>
- Veenboer, D. P (2014). The port-city relationship [Master's thesis, Erasmus School of Economics].
<https://thesis.eur.nl/pub/17556/>
- Wagner, N., Kotowska, I., & Pluciński, M (2022). The impact of improving the quality of the port's infrastructure on the shippers' decisions. *Sustainability*, 14(10), Article 10.
<https://doi.org/10.3390/su14106255>
- Wang, J., Mo, L., & Ma, Z (2023). Evaluation of port competitiveness along China's "Belt and Road" based on the entropy-TOPSIS method. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-42755-1>
- Wang, Y., Jung, K.-A., Yeo, G.-T., & Chou, C.-C (2014). Selecting a cruise port of call location using the fuzzy-AHP method: A case study in East Asia. *Tourism Management*, 42, 262-270.
<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.11.005>



سنجش میزان توسعه‌یافتگی بنادر دریای کاسپین

عرفان صغادی^۱، دکتر مجتبی آراسته^{۲*}، دکتر خلیل حاجی‌پور^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

در زنجیره تأمین جهانی، یک بندر دریایی به‌عنوان بخش مهمی از شبکه بین‌وجهی، نقشی محوری در پیوند میان صادرکنندگان و واردکنندگان، تسهیل تجارت و توسعه شهر و مناطق پس‌کرانه‌ای ایفا می‌کند. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بنادر در نوار ساحلی دریای خزر و بررسی جایگاه کشورها در این منطقه از جهت تسهیل تجارت و توسعه مناطق پس‌کرانه‌ای می‌باشد. پس از بررسی‌های کلی و مقایسه عوامل و معیارها، از میان بنادر دریای خزر؛ ۱۲ بندر (امیرآباد، انزلی، نوشهر، اکتانو، کوریک، ترکمن‌باشی، باکو، آلت، دوبندی، آستراخان، ماخاچ‌قلعه و علیا) به‌عنوان مهمترین بنادر برای تحلیل انتخاب شدند. در مرحله اول با طراحی پرسش‌نامه‌ای از نظرات ۸ خبره برای درک میزان اهمیت هر عامل و معیارهای آن در ارزیابی میزان توسعه‌یافتگی بندر بهره گرفته شد. سپس با کمک روش «فوکام» وزن هر عامل و معیارهای آن محاسبه شد. طبق نظرسنجی صورت‌گرفته، عوامل برون‌زای خشکی با وزن ۰,۴۰۴ در انتخاب بندر بیشترین تأثیر را داشت؛ به این معنا که کاربران بندر ممکن است جذابیت بندر را تنها با ویژگی‌های سنتی مانند زیرساخت بندر و خدمات اندازه‌گیری نکنند بلکه برای توسعه شبکه‌های حمل‌ونقل داخلی و افزایش امکانات پشتیبانی مانند بنادر خشک ارزش قائل شوند. در مرحله دوم، با استفاده از نتایج پرسش‌نامه، وزن معیارها محاسبه شد و براساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (مارکوس) به رتبه‌بندی بنادر دریای خزر براساس سطح توسعه‌یافتگی آن‌ها اقدام گردید. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که بندر آستراخان روسیه با امتیاز (۰,۷۳۹) در رتبه اول، بندر باکو آذربایجان با امتیاز (۰,۷۰۵) در رتبه دوم و بندر ماخاچ‌قلعه روسیه و ترکمن‌باشی ترکمنستان به ترتیب با امتیاز (۰,۵۲۲) و (۰,۵۲۱) در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارند. از میان بنادر ایرانی امیرآباد با امتیاز (۰,۵۰۳) به‌عنوان توسعه‌یافته‌ترین بندر ایران در شمال، بندر انزلی با امتیاز (۰,۴۰۰) و بندر نوشهر با امتیاز (۰,۲۷۳) در رتبه‌های پنجم، هشتم و دهم شناخته شدند.

جغرافیا و توسعه، شماره ۸۰، پاییز ۱۴۰۴
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۹
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۶
صفحات: ۵۰-۲۳



واژه‌های کلیدی:
بندر، توسعه کرانه ساحلی، مدل فوکام، مدل مارکوس، دریای کاسپین.

مقدمه

بنادر نقش مهمی در اقتصاد جوامع ملی و منطقه‌ای دارند. در کشورهای مختلف، بنادر به‌دلیل مزیت موقعیت و عملکردشان در تجارت خارجی، همواره از مناطق کلیدی توسعه در کشورها و مناطق ساحلی بوده‌اند (Li et al, 2022: 1). بسیاری از شهرهای ساحلی در جهان، در واقع به‌دلیل عملکرد بندری خود در زمان‌های گذشته به‌وجود آمده‌اند. بنادر، شهرها را ایجاد کرده‌اند و بنادر بزرگ شهرهای بزرگ را؛ از این‌رو توسعه یک شهر ارتباط تنگاتنگی با رونق بندر دارد. بندر و شهر یا با هم توسعه می‌یابند یا با هم افول می‌کنند (Veenboer, 2014: 31). بنابراین به‌دلیل نقشی که بنادر به‌عنوان توانمندکننده مناطق و کشورها بازی می‌کنند، ارزیابی وضعیت بنادر نه‌تنها برای اقتصاددانان بلکه برای مشاغل، دولت‌ها و سازمان‌های بین‌المللی نیز مورد توجه است. برای تعیین این‌که آیا یک بندر توسعه‌یافته است یا خیر؟ باید بررسی کرد که آیا دارای عوامل خاصی است که بندر را برای کاربران جذاب کند؟ و آیا این عوامل باعث می‌شود کاربران این بندر را برای جابه‌جایی کالا انتخاب کنند (Ding et al, 2019: 2)؟ در مجموع، تقاضای جابه‌جایی بار منجر به افزایش تعداد اسکله، گسترش فضای انبار و سایر تجهیزات می‌شود و مستقیماً توسعه بندر

۱. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲. استادیار بخش شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران (نویسنده مسئول)

۳. استادیار بخش شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

را به همراه دارد (Li et al, 2022:12). جذابیت بنادر به‌عنوان پیش‌نیاز و شرط لازم برای دستیابی به رقابت‌پذیری بنادر و همچنین سکوی پرشی برای کشف مزیت‌های رقابتی بنادر در نظر گرفته می‌شود (Ding et al, 2019: 2). امروزه بنادر برای تبدیل‌شدن به هاب‌ترانشیپ^۱ (در سطوح بین‌المللی، منطقه‌ای یا محلی) با یکدیگر رقابت می‌کنند. به بیانی دیگر، بنادر برای حجم بالاتر، ظرفیت بیشتر، اتصالات خوب و سطح خدمات بهتر نسبت به رقبا رقابت می‌کنند (Munim et al, 2022: 2). بنادر در مناطق در حال توسعه، مانند: ایران و کشورهای پیرامون آن در دو دهه گذشته در تلاش برای انطباق با این شرایط، دچار تحول شدیدی شده‌اند (زاعی و آراسته، ۱۴۰۲: ۲۸). اکثر تحقیقات در این زمینه در کرانه ساحلی خلیج فارس و دریای عمان انجام شده است (آراسته و زاعی، ۱۴۰۱: ۲۳۲؛ زاعی و آراسته، ۱۴۰۲: ۲۷؛ محمدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۸) اما ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بنادر در حوزه جغرافیایی دریای کاسپین، نادیده گرفته شده است در حالی که امروز کشورهای حوزه دریای کاسپین، به‌عنوان صادرکننده انرژی و منابع اقتصادی و همچنین محل اتصال ارتباطات مهم حمل‌ونقل نقش مهمی در تجارت جهانی ایفا می‌کنند (Akbulaev & Bayramli, 2020: 1). لذا ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بنادر در نوار ساحلی دریای خزر و بررسی جایگاه کشورها در این منطقه بسیار حائز اهمیت است.

ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بنادر فرآیندی پیچیده و تحت تأثیر عوامل متعددی است و محققان مختلف سعی در دسته‌بندی آن‌ها داشته‌اند. برخی از محققان نظیر فرنچ (۱۹۷۹) برای دستیابی به درک عمیق‌تر از ماهیت و نوع‌شناسی عوامل مؤثر در ارزیابی توسعه‌یافتگی بنادر، این عوامل را در دو دسته عوامل داخلی (امکانات ترمینال، سطح خدمات و اپراتورهای بندر) و خارجی (اقتصاد مناطق داخلی، وضعیت اقتصادی کشور، سیاست تجاری و روند اقتصاد جهانی) دسته‌بندی کردند (French, 1979: 5). برخی دیگر نظیر مارتینو و مورویلو معیارهای رقابت و توسعه بندر را به معیارهای سخت (مانند: زیرساخت‌ها، فوق‌سازه‌ها و تجهیزات، موقعیت جغرافیایی و...) و معیارهای نرم (مانند: کیفیت خدمات ارائه‌شده، فناوری اطلاعات و ارتباطات، ایمنی و امنیت و...) تقسیم کردند (De Martino & Morvillo, 2008: 571). نوتبوم (۲۰۰۸) همه عوامل را به سه دسته عوامل مربوط به خشکی، دریا و بندر گروه‌بندی می‌کند.

عوامل مرتبط با خشکی به حمل‌ونقل داخلی و به‌طور کلی به ویژگی‌هایی اشاره دارد که بر ظرفیت بندر برای گسترش نفوذ تجاری آن در پس‌کرانه تأثیر می‌گذارد (Notteboom, 2008: 3). در حقیقت، اتصال خوب با سیستم حمل‌ونقل داخلی و موقعیت جغرافیایی مناسب پیش‌نیاز توسعه بندر هستند. تئوری مکان‌یابی سنتی تعریف می‌کند که مکان یک بندر باید کمترین هزینه اجاره‌زمین و هزینه حمل‌ونقل را داشته باشد (Li et al, 2022: 12). مکان اشتباه یک بندر می‌تواند دسترسی کاربر بندر را به مراکز توزیع، مصرف و بنادر خشک یا پایانه‌های داخلی که برای حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی ضروری هستند، محدود کند (Min & Park, 2020: 3) از این‌رو، فاصله بندر تا پایتخت و بزرگترین شهر منطقه‌ای حیاتی است زیرا نزدیکی بندر به شهرهای مرکزی و پرجمعیت می‌تواند هزینه‌های حمل‌ونقل و توزیع کالا را تا حد زیادی به حداقل برساند (Dadashpoor & Arasteh, 2020: 57). علاوه بر این، توسعه کریدورهای بین‌وجهی توسط جاده، راه‌آهن و پایانه‌های داخلی جهت نفوذ عمیق در داخل پس‌کرانه نظیر شهرهای مرکزی و پرجمعیت ضروری است (Rodrigue et al, 2022: 119). به‌طور هم‌زمان، اتصال بین بنادر و هاب فرودگاهی در ایجاد هاب‌های جامع با ارتباطات حمل‌ونقل متنوع و در نهایت افزایش کارایی زنجیره تأمین در هر دو

سطح منطقه‌ای و ملی بسیار مهم است (Rodrigue, 2004: 152). در کل، ظهور پایانه‌های دوجبهی و چندوجهی و کریدورهای حمل‌ونقل مرتبط، اثر ساختاری قابل توجهی بر دسترسی به مناطق پس‌کرانه بنادر ایجاد می‌کند. مقالات و مطالعات مختلف با استفاده از اصطلاحات مختلف به پایانه‌های دوجبهی و چندوجهی اشاره می‌کنند مانند: بندر خشک، پایانه‌های داخلی، بنادر درون سرزمینی، قطب‌های واسطه درون سرزمینی، مراکز پشتیبانی درون سرزمینی، مناطق آزاد و ویژه اقتصادی، انبارهای درون سرزمینی ترخیص کالا و مراکز حمل‌ونقل چندگانه کالا (آراسته و زارعی، ۱۴۰۱: ۲۳۸).

عوامل مرتبط با دریا، مربوط به میزان اتصال دریایی بندر است (Notteboom, 2008: 3). به‌عنوان مثال، آمار بالای رفت‌وآمد روزانه کشتی‌ها نشان می‌دهد که این بندر موقعیت راهبردی مناسبی دارد و دارای عرضه زیادی کالا، پتانسیل بالایی برای پاسخگویی به نیازهای بازار و فرصت‌هایی برای توسعه در آینده دارد و همچنین نشان‌دهنده صرفه اقتصادی در عملیات بارگیری/تخلیه است. این امر باعث کاهش بیشتر هزینه‌های کشتیرانی برای حمل‌کنندگان می‌شود. در نتیجه شرکت‌های کشتیرانی مایل به ایجاد مسیرهای کشتیرانی جدید به این بندر می‌شوند و توسعه بندر را رقم می‌زنند (Ding et al, 2019: 18). علاوه بر موارد فوق، افزایش عمق کانال و افزایش حداکثر آب‌خور مجاز کشتی می‌تواند در بهبود اتصال دریایی بندر نقش مهمی داشته باشد. اقداماتی مانند لایروبی و تعریض کانال می‌تواند به کشتی‌های بزرگ اجازه ورود و خروج از بندر را بدهد و کارایی عملیات را بهبود بخشد و در نهایت منجر به توسعه بندر شود (Wagner et al, 2022: 15). عوامل درون‌زا به‌وسیله تعدادی از ویژگی‌هایی که به‌طور دقیق از خود بندر سرچشمه می‌گیرند، مانند زیرساخت‌ها و فوق‌سازه‌ها، کارایی عملیاتی و غیره تشکیل می‌شوند (Notteboom, 2008: 3). زیرساخت‌ها و امکانات بنادر دسترسی کشتی‌ها را برای پهلوگیری، بارگیری و تخلیه محموله، انبارداری، عملیات جابه‌جایی، خدمات مسافری و سایر امکانات مرتبط تسهیل می‌کنند (Ding et al, 2019: 4). این زیرساخت‌ها و امکانات بندری شامل: اسکله‌ها و نقاط لنگرگاهی متنوع (J. Wang et al, 2023: 4)، تجهیزات فنی خشکی و دریایی (Munim et al, 2022: 3)، پشتیبانی فنی، تعمیر و نگهداری کشتی (Y. Wang et al, 2014: 268)، خدمات گمرکی، اداری و پذیرایی برای مسافری (Ding et al, 2019: 6)، سردخانه‌های مجهز، مخازن نفتی، سیلوی غلات، انبارهای وسیع و فضاهای دپوی کالا (آراسته و زارعی، ۱۴۰۱: ۲۳۹) می‌شود. افزایش تعداد اسکله‌ها، گسترش فضای انبار و سایر تجهیزات باعث افزایش میزان تقاضا و جابه‌جایی بار می‌شود و مستقیماً گسترش فضای بندر را ترویج می‌کند. با افزایش مداوم حجم تقاضای کالا، یک بندر باید فضای خود را گسترش دهد تا امکان عبور راحت کالاها بدون ازدحام بندر را فراهم کند؛ بنابراین میزان تقاضا و جابه‌جایی محموله نقش مهمی در ترویج گسترش فضای بندر در سراسر فرآیند توسعه بندر ایفا می‌کند (Li et al, 2022: 12). با مرور مبانی نظری و پیشینه تحقیق ۳ عامل و ۱۸ معیار مؤثر در ارزیابی میزان توسعه‌یافتگی بنادر طبق جدول ۱ انتخاب شدند. انتخاب عوامل اصلی شبیه به کار نوتبوم (۲۰۰۸) بود و به سه دسته عوامل؛ برون‌زای خشکی، دریا و عوامل درون‌زای بندر تقسیم شد و از میان آن‌ها عواملی انتخاب شد که امکان جمع‌آوری داده‌های آن برای هر بندر وجود داشت.

در مجموع، هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بنادر دریای خزر و بررسی جایگاه کشورهای این منطقه از جهت تسهیل تجارت و توسعه مناطق پس‌کرانه‌ای می‌باشد. دوازده بندر حوزه دریای کاسپین (امیرآباد، انزلی، نوشهر، اکتائو^۱، کوریک^۲، ترکمن‌باشی^۳، باکو^۴، آلات^۵، دوبندی^۶، آستراخان^۷، ماخاچ‌قلعه^۸ و علیا^۹) به‌عنوان مهم‌ترین بنادر برای تحلیل انتخاب شدند. برای ارزیابی میزان توسعه‌یافتگی بنادر عوامل مؤثر بر انتخاب بندر امتیازدهی و اولویت‌بندی می‌شوند، سپس رتبه‌بندی سطح توسعه‌یافتگی بنادر با استفاده از عوامل ذکرشده، انجام می‌شود.

جدول ۱: عوامل و معیارهای مؤثر بر توسعه یافتگی بندر

عوامل	کد	معیار	توضیحات
عوامل برون‌زای خشکی	C1	فاصله بندر تا بزرگترین شهر منطقه‌ای/ بازار اصلی داخلی (km) (Parola et al, 2017: 7), (Dadashpoor & Arasteh, 2020: 57), (Mou et al, 2021: 7)	فواصل در گوگل مپ محاسبه شد
	C2	فاصله بندرگاه اصلی تا اولین شهر پس‌کرانه‌ای/ بازار مصرف (km) (Parola et al, 2017: 122), (Feng et al, 2013: 1)	فواصل در گوگل مپ محاسبه شد
	C3	فاصله تا اولین کریدورهای جاده‌ای (km) (Kaliszewski et al, 2020: 2), (Parola et al, 2017: 122), (Mou et al, 2021: 7)	فواصل در گوگل مپ محاسبه شد
	C4	فاصله تا اولین کریدورهای ریلی (km) (Parola et al, 2017: 122), (Mou et al, 2021: 7), (Kaliszewski et al, 2020: 2)	فواصل در گوگل مپ محاسبه شد
	C5	فاصله تا نزدیکترین کریدور هوایی (km) (Mou et al, 2021: 7), (Rodrigue, 2004: 152)	فواصل در گوگل مپ محاسبه شد
	C6	تعداد شهرک‌های صنعتی پیرامونی، تعداد بنادر خشک مجاور، تعداد مناطق ویژه اقتصادی یا آزاد وابسته به بندر (آراسته و زارعی، ۱۴۰۱: ۲۳۹) (Parola et al, 2017: 122), (Liu et al, 2021: 67)	-
عوامل برون‌زای دریا	C7	حداکثر آب‌خور مجاز کشتی (m) (Wagner et al, 2022: 1)	میزان ارتفاع مجاز بخشی از کشتی که زیر آب است.
	C8	تعداد روزهای مناسب برای کشتیرانی (Gao et al, 2018: 6)	تعداد روزهایی که دریا مواردی مانند یخ‌زدگی یا ناملایمات طبیعی ندارد.
	C9	موقعیت راهبردی بندرگاه از نظر اتصال به مسیرهای دریایی (Ding et al, 2019: 4)	براساس متوسط نرخ ورود روزانه شناورها

1. Aktau
2. Kuryk
3. Turkmenbashi
4. Baku
5. Alat
6. Dubandi
7. Astrakhan
8. Makhachkala
9. Olya

جدول ۱: عوامل و معیارهای موثر بر توسعه یافتگی بندر (ادامه)

کالاهای اساسی، فلزی، ساختمانی، کانتینری، فرآورده نفتی، کود و مواد شیمیایی و... مربوط به سال ۲۰۲۳	میزان تخلیه و بارگیری (بالفعل) شناورها (تن) (Liu et al, 2021: 71), (Li et al, 2022: 12), (Ding et al, 2019: 4)	C10	عوامل درون‌زا
حداکثر میزان باری که یک بندر به‌طور سالانه جابه‌جا می‌کند.	ظرفیت (بالقوه) سالانه جابه‌جایی بار (تن)	C11	
مساحت مجموعه بندرگاه	گستره حریم استحفاظی بندرگاه (m2) (Rodrigue & Notteboom, 2009: 171)	C12	
-	تعداد اسکله‌ها و نقاط لنگرگاهی (J. Wang et al, 2023: 4), (Martínez Moya & Feo Valero, 2017: 16), (Munim et al, 2022: 8), (Ding et al, 2019: 4)	C13	
-	خدمات تعمیر، نگهداری کشتی (Y. Wang et al, 2014: 268)	C14	
تعداد انواع جرثقیل‌ها (ریلی ساحلی، موبایلی ساحلی، موبایل محوطه‌ای)، لیفتراک، ریچ استاکر و...	تعداد تجهیزات فنی خشکی و دریایی (Martínez Moya & Feo Valero, 2017: 16), (Munim et al, 2022: 8), (Ding et al, 2019: 4)	C15	
محوطه روباز، انبار مسقف و...	مساحت انبارهای مجهز، سردخانه‌ها و فضاهای دپوی کالا (m2) (آراسته و زارعی، ۱۴۰۱: ۲۳۹) (Bortas et al, 2022: 217), (Ding et al, 2019: 4)	C16	
تعداد رستوران‌ها، هتل‌ها، بانک‌ها و فروشگاه‌های مربوط به ناحیه بندرگاه	تعداد فضاهای اداری و خدماتی بندرگاه (Ding et al, 2019: 6)	C17	
-	مساحت پارکینگ (سواری، کامیون، تریلی) (Martínez Moya & Feo Valero, 2017: 16)	C18	

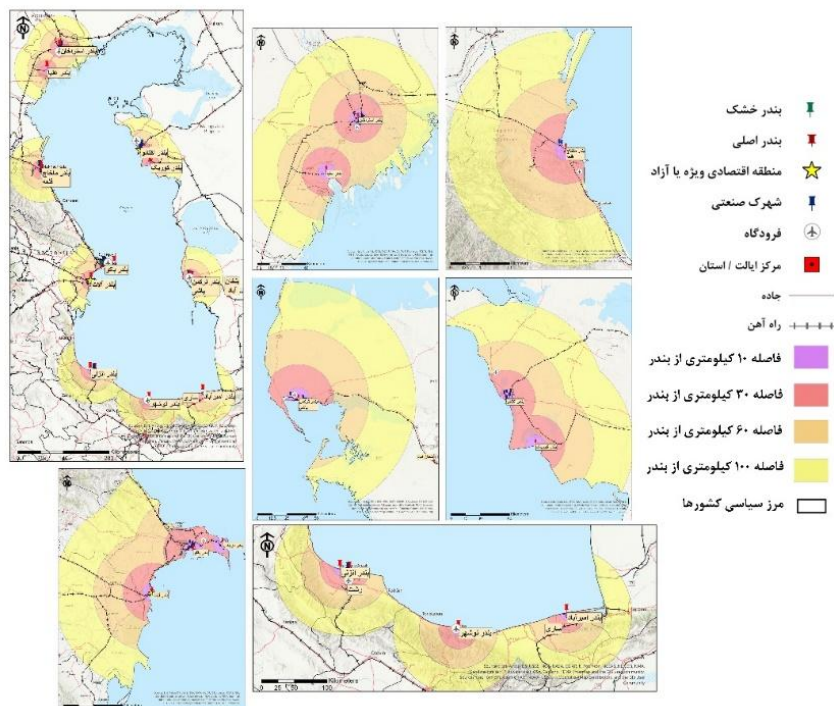
مأخذ: نگارنده با مرور بر پیشینه تحقیق، ۱۴۰۳

داده‌ها و روش‌ها

معرفی محدوده مورد مطالعه

دریای خزر، بزرگترین توده آبی محصور در سیاره ما می‌باشد که سرشار از منابع طبیعی است. کشورهای که سهمی از دریای خزر دارند شامل: ایران، روسیه، قزاقستان، ترکمنستان و آذربایجان می‌باشد. از نظر حمل‌ونقل، منطقه دریای خزر محل تلاقی مسیرهای مواصلاتی در امتداد محورهای شرق- غرب و شمال- جنوب است. مسیر حمل‌ونقل بین‌المللی ترانس خزر^۱، معروف به کریدور میانی یکی از آنهاست که شبکه‌های حمل‌ونقل باری جمهوری خلق چین و اتحادیه اروپا را از طریق کشورهای آسیای مرکزی و قفقاز با کوتاه‌ترین مسیر به هم متصل می‌کند. کریدور حمل‌ونقل شمال- جنوب^۲ یکی دیگر از کریدورهای بین‌المللی است که هند را به روسیه متصل می‌کند. در مجموع بنادر کرانه ساحلی دریای خزر می‌توانند از اهمیت ژئوپلیتیکی بسیاری برخوردار باشند به همین دلیل در این پژوهش مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. بنادر مورد بررسی عبارتند از: امیرآباد، انزلی، نوشهر، اکتائو، کوریک، ترکمن‌باشی، باکو، آلات، دوبندی، آستراخان، ماخاچ‌قلعه و علیا. در شکل ۱، موقعیت فضایی بنادر مذکور نسبت به جاده‌ها، خطوط ریلی، فرودگاه و... در کرانه ساحلی دریای خزر نشان داده شده است.

1. Trans-Caspian International Transport Route (TITR)
2. International North-South Transport Corridor



شکل ۱: موقعیت فضایی بنادر دریای کاسپین نسبت به جاده‌ها، خطوط ریلی، فرودگاه و... تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۳

روش مطالعه

روش انجام این پژوهش توصیفی-تحلیلی است و بر اساس چهارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره است که ۳ عامل و ۱۸ معیار را برای ارزیابی بنادر در نظر می‌گیرد. فرآیند جمع‌آوری داده‌ها از وبسایت‌های رسمی بنادر و همچنین از سایت‌های OpenStreetMap، shipnext، marineinsight و maritimeoptima انجام پذیرفت. ابتدا برای تعیین وزن معیارها از روش وزن دهی «فوکام»^۱ با مشارکت متخصصان این حوزه استفاده شد. متعاقباً از روش «مارکوس»^۲ برای رتبه‌بندی بنادر بر اساس سطح توسعه‌یافتگی آن‌ها با در نظر گرفتن معیارهای وزنی بهره گرفته شد. در ادامه به صورت کوتاه مراحل پردازش داده در روش «فوکام» و «مارکوس» توضیح داده می‌شود:

روش فوکام: این روش توسط پاموچار در سال ۲۰۱۸ ابداع شد و مبتنی بر اصول مقایسه زوجی است. این روش نیاز به مقایسه زوجی کمتری نسبت به جایگزین‌هایی مانند روش بهترین-بدترین^۳ و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۴ دارد. برای این روش، از پرسش‌نامه استفاده می‌شود به طوری که از خبرگان درخواست می‌شود تا معیارها را رتبه‌بندی کنند. سپس با اهمیت‌ترین معیار را با هر یک از معیارهای بعدی مقایسه نمایند و مقدار اهمیت آن را به صورت طیف لیکرت (از ۱ تا ۹) مشخص کنند. به طور کلی روش فوکام در پنج مرحله انجام می‌شود؛ مرحله اول: رتبه‌بندی عوامل/معیارها توسط خبرگان و مقایسه مهم‌ترین آن با سایرین. مرحله دوم: تعیین بردارهای اهمیت نسبی عوامل/معیارها. مرحله سوم: در نظرگیری شروطی برای محاسبه مقادیر نهایی وزن عوامل/معیارها: شرط اول:

1. Full Consistently Method (FUCOM)
2. Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS)
3. Best worst method (BWM)
4. Analytic hierarchy process (AHP)

نسبت وزن عامل/معیار برابر با اهمیت نسبی عامل/معیار مشاهده شده باشد. شرط دوم: مقدار وزن‌ها باید شرایط انتقال‌پذیری ریاضی را برآورده کند. مرحله چهارم: ایجاد مدلی برای تعیین اوزان نهایی عوامل/معیارها و مرحله پنجم: محاسبه وزن نهایی عوامل/معیارها (Pamučar et al, 2018: 5).

روش مارکوس: روش مارکوس یکی از روش‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط استیویک و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شد این روش برای رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش مارکوس مبتنی بر تعریف رابطه بین گزینه‌ها و مقادیر مرجع (گزینه‌های ایدئال و ضد ایدئال) است. بر اساس روابط تعریف شده، توابع مطلوبیت گزینه‌ها تعیین می‌شود و رتبه‌بندی در رابطه با راه‌حل‌های ایدئال و ضد ایدئال انجام می‌شود. توابع مطلوبیت موقعیت یک گزینه را با توجه به یک راه‌حل ایدئال و ضد ایدئال نشان می‌دهد. بهترین گزینه به ایدئال نزدیک‌ترین و در عین حال دورتر از نقطه مرجع ضد ایدئال قرار دارد. روش مارکوس به شرح زیر است:

مرحله ۱: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری اولیه. مدل‌های چندمعیاره شامل تعریف مجموعه‌ای از n معیار و m گزینه است.
مرحله ۲: تشکیل ماتریس اولیه توسعه‌یافته. در این مرحله، گسترش ماتریس اولیه با تعریف راه‌حل ایدئال (AI) و ضد ایدئال (AAI) انجام می‌شود.

$$X = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ AAI & \begin{bmatrix} x_{aa1} & x_{aa2} & \dots & x_{aan} \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \\ x_{ai1} & x_{ai2} & \dots & x_{ain} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

راه حل ضد ایدئال (AAI) بدترین گزینه است در حالی که راه حل ایدئال (AI) گزینه‌ای با بهترین ویژگی است. بسته به ماهیت معیارها، AAI و AI با استفاده از معادلات (۲) و (۳) تعریف می‌شوند:

$$AI = \max_i x_{ij} \text{ if } j \in B \text{ and } \min_i x_{ij} \text{ if } j \in C \quad (2)$$

$$AAI = \min_i x_{ij} \text{ if } j \in B \text{ and } \max_i x_{ij} \text{ if } j \in C \quad (3)$$

که در آن B معیارهایی که جنبه سود و C معیارهایی که جنبه هزینه را نشان می‌دهد، می‌باشد.
مرحله ۳: نرمال‌سازی ماتریس اولیه توسعه‌یافته (X). مقادیر ماتریس نرمال شده $N = [n_{ij}]_{m \times n}$ با استفاده از معادلات (۴) و (۵) به دست می‌آیند:

$$n_{ij} = \frac{x_{aj}}{x_{ij}} \text{ if } j \in C \quad (4)$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{aj}} \text{ if } j \in B \quad (5)$$

که در آن عناصر x_{ij} و x_{ai} عناصر ماتریس X را نشان می‌دهند. مرحله ۴: تعیین ماتریس وزنی $V = [v_{ij}]_{m \times n}$. ماتریس وزن دار V با ضرب ماتریس نرمال شده N در ضرایب وزنی معیار W_j ، معادله (۶) به دست می‌آید.

$$V_{ij} = n_{ij} \times W_j \quad (6)$$

مرحله ۵: محاسبه درجه مطلوبیت گزینه‌ها. با اعمال معادلات (۷) و (۸) درجات مطلوبیت گزینه‌ها در رابطه با راه حل ضد ایدئال و ایدئال محاسبه می‌شود.

$$K_i^- = \frac{S_i}{S_{ai}} \quad (7)$$

$$K_i^+ = \frac{S_i}{S_{aai}} \quad (8)$$

که در آن S_i ($i = 1, 2, \dots, m$) مجموع مقادیر هر سطر ماتریس وزن دار V ، معادله (۹) را نشان می‌دهد.

$$S_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} \quad (9)$$

مرحله ۶: تعیین عملکرد مطلوب گزینه‌های مختلف. عملکرد مطلوب گزینه مشاهده شده در رابطه با راه حل ایدئال و ضد ایدئال است. عملکرد مطلوب گزینه‌ها با معادله (۱۰) تعریف می‌شود.

$$f(K_i) = \frac{K_i^+ + K_i^-}{1 + \frac{1-f(K_i^+)}{f(K_i^+)} + \frac{1-f(K_i^-)}{f(K_i^-)}} \quad (10)$$

که در آن $f(K_i^-)$ عملکرد مطلوب را در رابطه با راه حل ضد ایدئال نشان می‌دهد در حالی که $f(K_i^+)$ عملکرد مطلوب را در رابطه با راه حل ایدئال نشان می‌دهد. عملکرد مطلوب در رابطه با راه حل ایدئال و ضد ایدئال با اعمال معادلات (۱۱) و (۱۲) تعیین می‌شوند.

$$f(K_i^-) = \frac{K_i^+}{K_i^+ + K_i^-} \quad (11)$$

$$f(K_i^+) = \frac{K_i^-}{K_i^+ + K_i^-} \quad (12)$$

مرحله ۷: رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس مقادیر نهایی به دست آمده از رابطه ۱۰ است.

یافته‌های تحقیق

برای دستیابی به اهداف تحقیق همان‌طور که گفته شد، ابتدا برای درک میزان اهمیت هر معیار/ زیرمعیار از روش فوکام استفاده می‌شود. اولین گام این روش، رتبه‌بندی معیارها/ زیرمعیارها توسط خبرگان و مقایسه مهم‌ترین آن با سایرین با استفاده از طیف لیکرت ۱ تا ۹ است. در مجموع از نظرات ۸ خبره بهره گرفته شد که در ادامه گام به گام به بررسی نظرات آن‌ها می‌پردازیم. جدول ۲ در برگزیده اطلاعات مربوط به عوامل مؤثر بر ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بنادر است که رتبه‌بندی و مقایسه آن‌ها به صورت مجزا برای هر خبره قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۲: رتبه‌بندی و مقایسه مهم‌ترین عامل نسبت به سایرین توسط خبرگان

خبیره اول (دکترای برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای)		
عوامل برون‌زای دریا > عوامل درون‌زای بندر > عوامل برون‌زای خشکی		
۵	۳	۱
خبیره دوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)		
عوامل برون‌زای خشکی > عوامل برون‌زای دریا > عوامل درون‌زای بندر		
۷	۵	۱
خبیره سوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)		
عوامل برون‌زای دریا > عوامل درون‌زای بندر > عوامل برون‌زای خشکی		
۴	۲	۱
خبیره چهارم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)		
عوامل برون‌زای دریا > عوامل درون‌زای بندر > عوامل برون‌زای خشکی		
۴	۳	۱
خبیره پنجم (دکترای فناوری حمل‌ونقل دریایی)		
عوامل برون‌زای دریا > عوامل درون‌زای بندر > عوامل برون‌زای خشکی		
۶	۴	۱
خبیره ششم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)		
عوامل برون‌زای خشکی > عوامل درون‌زای بندر > عوامل برون‌زای دریا		
۳	۲	۱
خبیره هفتم (دکتری حمل‌ونقل منطقه‌ای ترکیبی دریایی - ترانزیت بار)		
عوامل برون‌زای دریا > عوامل درون‌زای بندر \geq عوامل برون‌زای خشکی		
۳	۱	۱
خبیره هشتم (کارشناسی ارشد مدیریت بندر در جریان‌های تجاری)		
عوامل برون‌زای دریا > عوامل برون‌زای خشکی > عوامل درون‌زای بندر		
۵	۳	۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

جدول ۳ مربوط به معیارهای عامل برون‌زای خشکی می‌باشد. همچون جدول ۲ رتبه‌بندی و مقایسه معیارها به صورت مجزا برای هر خبره قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۳: رتبه‌بندی و مقایسه مهم‌ترین معیار عامل برون‌زای خشکی با سایرین توسط خبرگان

خبیره اول (دکترای برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای)					
$C1 > C3 \geq C4 > C6 > C2 > C5$					
۱	۳	۳	۵	۷	۸
خبیره دوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)					
$C1 \geq C3 \geq C4 > C5 > C6 > C2$					
۱	۱	۱	۲	۳	۳
خبیره سوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)					
$C1 > C4 > C3 > C6 > C2 > C5$					
۱	۲	۴	۵	۷	۸
خبیره چهارم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)					
$C6 \geq C4 \geq C1 > C3 > C2 > C5$					
۱	۱	۱	۳	۵	۷
خبیره پنجم (دکترای فن‌آوری حمل و نقل دریایی)					
$C6 > C1 > C2 > C4 > C3 > C5$					
۱	۳	۴	۵	۶	۷
خبیره ششم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)					
$C3 > C6 > C1 > C2 \geq C4 > C5$					
۱	۳	۵	۷	۷	۹
خبیره هفتم (دکتری حمل و نقل منطقه‌ای ترکیبی دریایی- ترانزیت بار)					
$C6 > C1 > C4 > C2 \geq C3 > C5$					
۱	۲	۳	۶	۶	۷

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

جدول ۴ مربوط به معیارهای عامل برون‌زای دریا می‌باشد. همچون جداول قبل رتبه‌بندی و مقایسه معیارها به صورت مجزا برای هر خبره قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۴: رتبه‌بندی و مقایسه مهم‌ترین معیار عامل برون‌زای دریا با سایرین توسط خبرگان

خبیره اول (دکترای برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای)		
C7 > C9 > C8		
۱	۳	۴
خبیره دوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)		
C9 > C7 > C8		
۱	۵	۷
خبیره سوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)		
C9 > C7 > C8		
۱	۳	۵
خبیره چهارم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)		
C7 > C8 > C9		
۱	۳	۵
خبیره پنجم (دکترای فن‌آوری حمل و نقل دریایی)		
C7 > C9 > C8		
۱	۴	۶
خبیره ششم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)		
C9 > C7 > C8		
۱	۳	۵
خبیره هفتم (دکتری حمل و نقل منطقه‌ای ترکیبی دریایی - ترانزیت بار)		
C9 > C7 > C8		
۱	۲	۵
خبیره هشتم (کارشناسی ارشد مدیریت بندر در جریان‌های تجاری)		
C7 ≥ C9 > C8		
۱	۱	۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

جدول ۵ مربوط به معیارهای عامل درون‌زای بندر می‌باشد. همچون جداول قبل رتبه‌بندی و مقایسه معیارها به صورت مجزا برای هر خبره قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۵: رتبه‌بندی و مقایسه مهم‌ترین عامل درون‌زای بندر با سایرین توسط خبرگان

خبره اول (دکترای برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای)								
C11 ≥ C13 > C10 > C16 > C15 > C14 > C17 > C18 > C12								
۱	۱	۲	۳	۳	۴	۴	۷	۹
خبره دوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)								
C13 ≥ C15 > C10 ≥ C11 ≥ C16 ≥ C12 > C14 > C17 > C18								
۱	۱	۳	۳	۳	۳	۴	۵	۵
خبره سوم (کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی منطقه‌ای)								
C13 > C15 > C10 ≥ C11 > C16 > C17 > C14 > C18 > C12								
۱	۲	۳	۳	۵	۶	۷	۸	۹
خبره چهارم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)								
C13 > C15 ≥ C16 > C11 > C10 ≥ C14 > C12 > C17 ≥ C18								
۱	۳	۳	۴	۵	۵	۶	۷	۷
خبره پنجم (دکترای فناوری حمل‌ونقل دریایی)								
C18 > C17 > C12 > C14 > C11 C16 >> C10 > C15 > C13								
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
خبره ششم (دکترای مدیریت بازرگانی دریایی)								
C14 > C17 ≥ C12 > C18 > C10 C15 ≥ ≥ C13 > C16 > C11								
۱	۲	۳	۳	۳	۵	۷	۸	۸
خبره هفتم (دکترای حمل‌ونقل منطقه‌ای ترکیبی دریایی - ترانزیت بار)								
C18 ≥ C17 > C12 ≥ C14 > C16 C10 >> C11 > C15 > C13								
۱	۳	۴	۵	۶	۷	۷	۷	۹
خبره هشتم (کارشناسی ارشد مدیریت بندر در جریان‌های تجاری)								
C18 > C17 > C12 > C14 ≥ C16 C10 >> C11 ≥ C15 ≥ C13								
۱	۱	۱	۳	۵	۵	۶	۷	۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

در گام بعدی مقادیر بردارهای اهمیت نسبی معیار/زیرمعیارها براساس نظر ۸ خبره تعیین می‌شود. به‌عنوان مثال، برای خبره اول در معیارهای عامل برون‌زای خشکی، براساس جدول ۳ و مقایسه زوجی گزینه‌ها با نظر خبره اول روابط زیر به‌دست آمد:

$$\varphi_{c1/c2} = \frac{1}{7}, \varphi_{c2/c3} = \frac{7}{3}, \varphi_{c3/c4} = \frac{3}{3}, \varphi_{c4/c5} = \frac{3}{8}, \varphi_{c5/c6} = \frac{8}{5}$$

در گام بعد مقادیر وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود و باید دو شرط زیر را داشته باشد.
شرط اول: باید نسبت وزن معیار برابر با اهمیت نسبی معیار مشاهده شده باشد.

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{1}{7}, \frac{w_2}{w_3} = \frac{7}{3}, \frac{w_3}{w_4} = \frac{3}{3}, \frac{w_4}{w_5} = \frac{3}{8}, \frac{w_5}{w_6} = \frac{8}{5}$$

شرط دوم: این‌که این مقادیر شرط انتقال‌پذیری ریاضی را برآورده کنند و بتوان آن‌را به‌صورت زیر نوشت:

$$\frac{w_1}{w_3} = \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_2}{w_3} = \frac{1}{7} \times \frac{7}{3} = \frac{1}{3}, \quad \frac{w_2}{w_4} = \frac{w_2}{w_3} \times \frac{w_3}{w_4} = \frac{7}{3} \times \frac{3}{3} = \frac{7}{3}$$

$$\frac{w_3}{w_5} = \frac{w_3}{w_4} \times \frac{w_4}{w_5} = \frac{3}{3} \times \frac{3}{8} = \frac{3}{8}, \quad \frac{w_4}{w_6} = \frac{w_4}{w_5} \times \frac{w_5}{w_6} = \frac{3}{8} \times \frac{8}{5} = \frac{3}{5}$$

با در نظر گیری شروط بیان شده، مدل برای یافتن وزن معیارها به صورت زیر بیان می شود:

Min x

$$\text{s.t.} \left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{w_1}{w_2} - \frac{1}{\gamma} \right| \leq x, \left| \frac{w_2}{w_3} - \frac{\gamma}{\gamma} \right| \leq x, \left| \frac{w_3}{w_4} - 1 \right| \leq x, \left| \frac{w_4}{w_5} - \frac{\gamma}{\lambda} \right| \leq x, \left| \frac{w_5}{w_6} - \frac{\lambda}{\delta} \right| \leq x, \left| \frac{w_1}{w_3} - \frac{1}{\gamma} \right| \leq x, \\ \left| \frac{w_2}{w_4} - \frac{\gamma}{\lambda} \right| \leq x, \left| \frac{w_3}{w_5} - \frac{\gamma}{\lambda} \right| \leq x, \left| \frac{w_4}{w_6} - \frac{\gamma}{\delta} \right| \leq x, \sum_{j=1}^6 w_j = 1, w_j \geq 0, \forall j \end{array} \right.$$

به همین ترتیب برای سایر عوامل به تفکیک نظر ۸ خبره این مراحل با کمک جدول های ۲ تا ۵ انجام شد. به دلیل پیچیده بودن مراحل، حل مدل با استفاده از نرم افزار Lingo 17 انجام شد و وزن هر عامل و معیارهای آن محاسبه گردید. برای تلفیق نظر تمام خبرگان از روش میانگین هندسی استفاده شد. رابطه ۱۳ نحوه محاسبه میانگین هندسی را نشان می دهد. مقدار e برابر با تعداد خبرگان می باشد. لازم به ذکر است که چون جمع اوزان تلفیق شده برابر با مقدار ۱ نیست، لازم است آن ها را نرمال کنیم تا مجموع آن ها برابر با ۱ شود. با ضرب وزن هر عامل (برونزای خشکی ۰،۴۰۴، برونزای دریا ۰،۲۰۸ و درونزای بندر ۰،۳۸۸) در وزن معیارهای زیرمجموعه خودش وزن نهایی هر معیار به تفکیک نظر هر خبره طبق جدول ۶ به دست آمد.

$$w = \sqrt[e]{w_1 \times w_2 \times \dots \times w_e} \quad (13)$$

جدول ۶: وزن معیارها با به کارگیری روش فوکام

عوامل برونزای دریا			عوامل برونزای خشکی						معیار
C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰،۰۲۷	۰،۰۲۱	۰،۰۸۲	۰،۰۴۴	۰،۰۳۸	۰،۱۰۲	۰،۱۰۲	۰،۰۶۱	۰،۰۳۰۵	وزن خبره ۱
۰،۱۱۱	۰،۰۱۶	۰،۰۲۲	۰،۰۰۸	۰،۰۱۳	۰،۰۲۵	۰،۰۲۵	۰،۰۰۸	۰،۰۲۵	وزن خبره ۲
۰،۰۹۳	۰،۰۱۹	۰،۰۳۱	۰،۰۵۱	۰،۰۳۲	۰،۱۲۸	۰،۰۶۵	۰،۰۳۷	۰،۰۲۵۸	وزن خبره ۳
۰،۰۲۱	۰،۰۳۴	۰،۱۰۳	۰،۱۷۲	۰،۰۲۵	۰،۱۷۲	۰،۰۵۸	۰،۰۳۴	۰،۱۷۲	وزن خبره ۴
۰،۰۲۱	۰،۰۱۴	۰،۰۸۳	۰،۳۳۷	۰،۰۴۸	۰،۰۶۸	۰،۰۵۶	۰،۰۸۴	۰،۱۱۲	وزن خبره ۵
۰،۳۵۵	۰،۰۷۱	۰،۱۱۸	۰،۰۳۱	۰،۰۱۱	۰،۰۱۳	۰،۰۹۴	۰،۰۱۳	۰،۰۱۹	وزن خبره ۶
۰،۰۸۴	۰،۰۱۷	۰،۰۴۲	۰،۱۸۶	۰،۰۲۷	۰،۰۶۲	۰،۰۳۱	۰،۰۳۱	۰،۰۹۳	وزن خبره ۷
۰،۰۹۹	۰،۰۲۰	۰،۰۹۹	۰،۰۳۵	۰،۰۰۵	۰،۰۳۵	۰،۰۰۷	۰،۰۱۲	۰،۰۳۵	وزن خبره ۸
۰،۴۳۶	۰،۱۴۹	۰،۴۱۵	۰،۲۱۳	۰،۰۶۹	۰،۱۹۵	۰،۱۴۶	۰،۰۹۲	۰،۰۲۸۶	وزن نسبی
۰،۰۹۱	۰،۰۳۱	۰،۰۸۶	۰،۰۸۶	۰،۰۲۸	۰،۰۷۹	۰،۰۵۹	۰،۰۳۷	۰،۱۱۵	وزن نهایی
عوامل درونزای بندر									معیار
C18	C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	C10	
۰،۰۰۸	۰،۰۱۴	۰،۰۱۸	۰،۰۱۸	۰،۰۱۴	۰،۰۵۵	۰،۰۰۶	۰،۰۵۵	۰،۰۲۸	وزن خبره ۱
۰،۰۳۷	۰،۰۳۷	۰،۰۶۳	۰،۱۸۷	۰،۰۴۷	۰،۱۸۷	۰،۰۶۳	۰،۰۶۳	۰،۰۶۳	وزن خبره ۲
۰،۰۱۲	۰،۰۱۶	۰،۰۲۰	۰،۰۴۹	۰،۰۱۴	۰،۰۹۸	۰،۰۱۱	۰،۰۳۳	۰،۰۳۳	وزن خبره ۳
۰،۰۱۱	۰،۰۱۱	۰،۰۲۵	۰،۰۲۵	۰،۰۱۵	۰،۰۷۶	۰،۰۱۳	۰،۰۱۹	۰،۰۱۵	وزن خبره ۴
۰،۰۰۹	۰،۰۰۸	۰،۰۱۵	۰،۰۳۱	۰،۰۱۰	۰،۰۶۲	۰،۰۰۷	۰،۰۲۱	۰،۰۱۲	وزن خبره ۵
۰،۰۱۸	۰،۰۱۱	۰،۰۴۴	۰،۰۲۹	۰،۰۱۳	۰،۰۲۹	۰،۰۱۱	۰،۰۸۸	۰،۰۲۹	وزن خبره ۶
۰،۰۲۴	۰،۰۲۴	۰،۰۲۹	۰،۰۵۷	۰،۰۲۴	۰،۱۷۲	۰،۰۱۹	۰،۰۴۳	۰،۰۳۴	وزن خبره ۷
۰،۰۲۲	۰،۰۲۶	۰،۰۳۱	۰،۱۵۶	۰،۰۳۱	۰،۱۵۶	۰،۰۲۰	۰،۱۵۶	۰،۰۵۲	وزن خبره ۸
۰،۰۵۰	۰،۰۵۳	۰،۰۹۰	۰،۱۶۱	۰،۰۶۰	۰،۲۸۹	۰،۰۴۶	۰،۱۵۵	۰،۰۹۶	وزن نسبی
۰،۰۲۰	۰،۰۲۱	۰،۰۳۵	۰،۰۶۲	۰،۰۲۳	۰،۱۱۲	۰،۰۱۸	۰،۰۶۰	۰،۰۳۷	وزن نهایی

مأخذ: نگارندگان با بهره گیری از نظرات خبرگان، ۱۴۰۳

پس از وزن‌دهی به معیار و زیرمعیارها، به رتبه‌بندی بنادر بر اساس سطح توسعه‌یافتگی آن‌ها با کمک روش مارکوس پرداخته می‌شود. اولین گام این روش تشکیل ماتریس تصمیم است که مطابق با مرحله دوم این روش؛ یعنی معادلات ۱ تا ۳ گسترش یافته است. این ماتریس در جدول ۷ نمایش داده شده است. در این ماتریس ۱۸ معیار در ستون و ۱۲ گزینه به همراه مقادیر ایدئال و ضد ایدئال، در سطر قرار گرفته است. هر سلول نیز ارزیابی هر بندر بر اساس هر معیار است. معیار ۱ تا ۵ از نوع هزینه هستند، یعنی هرچه کمتر باشند مطلوب‌تر است، در نتیجه مقدار ایدئال برابر با کمترین مقدار در هر ستون می‌باشد و مقدار ضد ایدئال برابر با بیشترین آن. در حالی که سایر معیارها از نوع سود هستند؛ بنابراین مقدار ایدئال برابر با بیشترین مقدار در هر ستون و مقدار ضد ایدئال برابر با کمترین مقدار می‌باشد. توجه به این نکته ضروری است که در جای‌گذاری مقادیر در فرمول‌های مدل مارکوس برای اجتناب از مقدار صفر که در ماتریس اولیه توسعه‌یافته (جدول ۷) در معیارهای مربوط به فاصله دیده می‌شود، به جای آن از مقدار ۰,۰۱ در فرمول نویسی‌ها استفاده می‌شود.

با بررسی عوامل و معیارهایی که در ماتریس تصمیم آورده شده است، می‌توان بیان کرد که در عوامل برون‌زای خشکی بنادر باکو، استراخان و ماخاچ‌قلعه به دلیل قرارگیری در بزرگترین شهر منطقه‌ای نزدیکترین فاصله را تا بازار اصلی داخلی (C1) دارند. همچنین بنادر انزلی و نوشهر فاصله نزدیکی با اولین شهر پس‌کرانه‌ای (C2) دارند. بنادر امیرآباد، ترکمن‌باشی و کوریک نزدیکترین فاصله را تا جاده (C3) و تمامی بنادر بجز بندر انزلی، نوشهر و دوبندی نزدیکترین فاصله را تا راه‌آهن (C4) و بندر نوشهر نزدیکترین فاصله را تا فرودگاه (C5) دارد (رجوع به شکل ۱). بنادر باکو و اکتائو از نظر تعداد شهرک‌های صنعتی یا مناطق ویژه اقتصادی وابسته به بندر (C6) پیش‌تاز هستند. در دومین عامل مورد بررسی یعنی «عوامل برون‌زای دریا» بندر باکو بیشترین میزان آبخور مجاز کشتی (C7) را دارد و تردد روزانه شناورها در بندر استراخان به دلیل موقعیت راهبردی بندرگاه از نظر اتصال به مسیرهای دریایی (C9) نسبت به دیگر موارد بیشتر است. با این وجود، آب رودخانه‌ی استراخان در سه ماه زمستان با یخ‌زدگی مواجه می‌شود؛ لذا در سه ماه از سال (C8) نیاز به استفاده از یخ‌شکن برای شناورها جهت تردد در بندر ایجاد می‌شود. سومین عامل مورد بررسی «عوامل درون‌زای بندر» می‌باشد. طبق جدول بندر استراخان در معیارهای «گستره حریم استحفاظی بندرگاه (C12)»، «تعداد اسکله‌ها و نقاط لنگرگاهی (C13)»، «خدمات تعمیر، نگهداری کشتی (C14)»، «تعداد تجهیزات فنی خشکی و دریایی (C15)» نسبت به دیگر بنادر در شرایط بهتری قرار دارد اما از نظر «تعداد فضاهای خدماتی بندرگاه (C17)»، «مساحت پارکینگ (C18)»، «میزان تخلیه و بارگیری سالانه (C10)» و «ظرفیت سالانه جابه‌جایی بار (C11)» بندر ترکمن‌باشی شرایط بهتری دارد.

جدول ۷: ماتریس تصمیم‌گیری اولیه توسعه یافته

بندر	عوامل برون‌زای خشکی								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
مقدار ضد ایدئال	۱۸۰	۵۷	۱۴,۷	۱۶۸	۱۲۷	۰	۴	۲۴۳	۰,۷
بندر امیرآباد	۵۱	۱۴	۰	۰	۵۰	۲	۵,۲	۳۶۵	۳,۲
بندر انزلی	۴۰	۰	۴,۱	۶۳	۳۳	۲	۴,۶	۳۶۵	۱,۶
بندر نوشهر	۱۸۰	۰	۲	۱۶۸	۳	۱	۵,۵	۳۶۵	۰,۷
بندر ترکمن‌باشی	۱۵۴	۳,۲	۰	۰	۱۰	۱	۷	۳۶۵	۳,۲
بندر اکتائو	۱۰	۱۰	۱۴,۷	۰	۳۶	۴	۷	۳۶۵	۲,۷
بندر کوریک	۷۸	۱۲	۰	۰	۱۰,۸	۰	۴,۵	۳۶۵	۱,۵
بندر باکو	۰	۰	۰,۴	۰	۲۴	۴	۹	۳۶۵	۴,۵
بندر دوبندی	۴۵	۸,۶	۲,۱	۶,۸	۲۷	۰	۷	۳۶۵	۱,۲
بندر آلات	۶۵	۵۷	۲	۰	۹۵	۱	۷	۳۶۵	۲,۲
بندر علیا	۱۳۱	۱	۳	۰	۱۲۷	۰	۴	۲۴۳	۱,۸
بندر استراخان	۰	۰	۱,۲	۰	۱۵	۳	۴,۵	۲۴۳	۷,۸
بندر ماخاچ قلعه	۰	۰	۱۴	۰	۲۶	۳	۷	۳۶۵	۲,۶
مقدار ایدئال	۰	۰	۰	۰	۳	۴	۹	۳۶۵	۷,۸

مأخذ: براساس اطلاعات برداشت شده از وبسایت رسمی بندر، *OpenStreetMap maritimeoptima shipnext marineinsight* و *Google map* و *Google Earth*

جدول ۷: ماتریس تصمیم‌گیری اولیه توسعه یافته (ادامه)

بندر	عوامل درون‌زای بندر								
	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
مقدار ضد ایدئال	۴۰۰۰۰۰	۳۳۰۰۰۰۰	۴۴۱۰۰۰	۴	۰	۱۰	۳۶۳۷۰	۰	۳۱۷۰
بندر امیرآباد	۴,۷۰۷,۸۳۶	۷,۵۰۰,۰۰۰	۱۰,۶۰۰,۰۰۰	۱۵	۰	۱۲۱	۲,۰۷۰,۰۰۰	۶	۲۶,۴۲۰
بندر انزلی	۱,۹۶۹,۹۸۳	۶,۱۵۰,۰۰۰	۱,۴۲۰,۰۰۰	۱۰	۱	۱۱۰	۳۳۵,۸۰۵	۷	۱۹,۲۲۳
بندر نوشهر	۱,۱۳۶,۸۹۲	۵,۰۰۰,۰۰۰	۴۴۱,۰۰۰	۸	۰	۱۱۴	۱۶۰,۰۰۰	۴	۱۰,۲۸۸
بندر ترکمن‌باشی	۷,۷۹۰,۰۰۰	۱۷,۰۰۰,۰۰۰	۱,۵۰۰,۰۰۰	۱۷	۶	۸۷	۲۴۷,۲۰۷	۱۱	۱۲۳,۳۴۸
بندر اکتائو	۲,۶۰۰,۰۰۰	۱۱,۸۰۰,۰۰۰	۱,۲۷۳,۳۶۰	۱۲	۲	۳۷	۸۲,۲۵۰	۲	۳۰,۰۰۰
بندر کوریک	۱,۸۲۴,۰۱۰	۶,۰۰۰,۰۰۰	۶۷۴,۰۰۰	۴	۱	۲۰	۵۱,۰۰۹	۴	۵,۵۲۶
بندر باکو	۵,۶۴۹,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱,۷۳۲,۲۰۰	۲۰	۵	۱۳۲	۲۳۱,۰۰۰	۳	۱۵,۱۰۰
بندر دوبندی	۱,۱۰۰,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۱,۰۹۵,۴۵۰	۴	۰	۱۰	۳۶,۳۷۰	۰	۳,۱۷۰
بندر آلات	۷,۳۴۳,۰۰۰	۱۵,۰۰۰,۰۰۰	۴,۰۰۰,۰۰۰	۱۳	۰	۴۷	۶۶,۰۰۰	۱۰	۷۷,۸۰۰
بندر علیا	۴۰۰,۰۰۰	۳,۳۰۰,۰۰۰	۷۳۸,۰۰۰	۱۰	۰	۳۵	۵۶,۹۰۲	۰	۳,۶۰۱
بندر استراخان	۵,۰۰۰,۰۰۰	۱۶,۱۹۳,۱۸۰	۲,۱۴۷,۵۷۲	۳۲	۸	۲۱۲	۲۸۹,۰۸۵	۲	۱۸,۹۱۰
بندر ماخاچ قلعه	۴۵۰,۰۰۰	۱۱,۵۰۰,۰۰۰	۵۰۹,۰۶۴	۹	۳	۲۳	۹۲,۵۶۳	۰	۵,۰۸۵
مقدار ایدئال	۷۷۹۰۰۰	۱۷۰۰۰۰۰	۱۰۶۰۰۰۰	۳۲	۸	۲۱۲	۲۰۷۰۰۰	۱۱	۱۲۳۳۴۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

پس از گسترش ماتریس اولیه، نرمال‌سازی به‌عنوان مرحله سوم باید با اعمال معادله (۴) برای معیار هزینه و معادله (۵) برای معیارهای سود انجام شود. نمونه‌ای از نحوه نرمال‌سازی انجام‌شده در جدول ۸ به شرح زیر است:

$$n_{ij} = \frac{x_{aj}}{x_{ij}} \text{ if } j \in C \rightarrow n_{71} = \frac{0.1}{0.1} = 1 \text{ برای معیار هزینه:}$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{aj}} \text{ if } j \in B \rightarrow n_{76} = \frac{4}{4} = 1 \text{ برای معیار سود:}$$

جدول ۸: ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده

عوامل برون‌زای دریا			عوامل برون‌زای خشکی						بندر
C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰,۰۸۹۷	۰,۶۶۵۸	۰,۴۴۴۴	۰,۰۰۲۵	۰,۰۲۳۶	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۰۱	مقدار ضد ایدئال
۰,۴۱۰۳	۱,۰۰۰۰	۰,۵۷۷۸	۰,۵۰۰۰	۰,۰۶۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۰۲	بندر امیرآباد
۰,۲۰۵۱	۱,۰۰۰۰	۰,۵۱۱۱	۰,۵۰۰۰	۰,۰۹۰۹	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۲۴	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۳	بندر انزلی
۰,۰۸۹۷	۱,۰۰۰۰	۰,۶۱۱۱	۰,۲۵۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۵۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۱	بندر نوشهر
۰,۴۱۰۳	۱,۰۰۰۰	۰,۷۷۷۸	۰,۲۵۰۰	۰,۳۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۳۱	۰,۰۰۰۱	بندر ترکمن باشی
۰,۳۴۶۲	۱,۰۰۰۰	۰,۷۷۷۸	۱,۰۰۰۰	۰,۰۸۳۳	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۷	۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۱۰	بندر اکتائو
۰,۱۹۲۳	۱,۰۰۰۰	۰,۵۰۰۰	۰,۰۰۲۵	۰,۰۲۷۸	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۸	۰,۰۰۰۱	بندر کوریک
۰,۵۷۶۹	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۱۲۵۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۲۵۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	بندر باکو
۰,۱۵۳۹	۱,۰۰۰۰	۰,۷۷۷۸	۰,۰۰۲۵	۰,۱۱۱۱	۰,۰۰۱۵	۰,۰۰۴۸	۰,۰۰۱۲	۰,۰۰۰۲	بندر دوبندی
۰,۲۸۲۱	۱,۰۰۰۰	۰,۷۷۷۸	۰,۲۵۰۰	۰,۰۳۱۶	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۵۰	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۰۲	بندر آلات
۰,۲۳۰۸	۰,۶۶۵۸	۰,۴۴۴۴	۰,۰۰۲۵	۰,۰۲۳۶	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۳۳	۰,۰۰۱۰	۰,۰۰۰۱	بندر علیا
۱,۰۰۰۰	۰,۶۶۵۸	۰,۵۰۰۰	۰,۷۵۰۰	۰,۲۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۸۳	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	بندر استراخان
۰,۳۳۳۳	۱,۰۰۰۰	۰,۷۷۷۸	۰,۷۵۰۰	۰,۱۱۵۴	۱,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۷	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	بندر ماخاچ قلعه
۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	مقدار ایدئال

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

جدول ۸: ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (ادامه)

عوامل درون‌زای بندر									بندر
C18	C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	C10	
۰,۰۲۵۷	۰,۰۰۰۹	۰,۰۱۷۶	۰,۰۴۷۲	۰,۰۰۱۳	۰,۱۲۵۰	۰,۰۴۱۶	۰,۱۹۴۱	۰,۰۵۴۴۷	مقدار ضد ایدئال
۰,۲۱۴۲	۰,۵۴۵۵	۱,۰۰۰۰	۰,۵۷۰۸	۰,۰۰۱۳	۰,۴۶۸۸	۱,۰۰۰۰	۰,۴۴۱۲	۰,۶۴۱۱۳	بندر امیرآباد
۰,۱۵۵۸	۰,۶۳۶۴	۰,۱۶۲۲	۰,۵۱۸۹	۰,۱۲۵۰	۰,۳۱۲۵	۰,۱۳۴۰	۰,۳۶۱۸	۰,۲۶۸۲۸	بندر انزلی
۰,۰۸۳۴	۰,۳۶۳۶	۰,۰۷۷۳	۰,۵۳۷۷	۰,۰۰۱۳	۰,۲۵۰۰	۰,۰۴۱۶	۰,۲۹۴۱	۰,۱۵۴۸۳	بندر نوشهر
۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۱۱۹۴	۰,۴۱۰۴	۰,۷۵۰۰	۰,۵۳۱۳	۰,۱۴۱۵	۱,۰۰۰۰	۰,۳۶۷۷۰	بندر ترکمن باشی
۰,۲۴۳۲	۰,۱۸۱۸	۰,۰۳۹۷	۰,۱۷۴۵	۰,۲۵۰۰	۰,۳۷۵۰	۰,۱۲۰۱	۰,۶۹۴۱	۰,۶۴۰۰۷	بندر اکتائو
۰,۰۴۴۸	۰,۳۶۳۶	۰,۰۲۴۶	۰,۰۹۴۳	۰,۱۲۵۰	۰,۱۲۵۰	۰,۰۶۳۶	۰,۳۵۲۹	۰,۲۴۸۴۰	بندر کوریک
۰,۱۲۲۴	۰,۲۷۲۷	۰,۱۱۱۶	۰,۶۲۲۶	۰,۶۲۵۰	۰,۶۲۵۰	۰,۱۶۳۴	۰,۸۸۲۴	۰,۷۶۹۳۰	بندر باکو
۰,۰۲۵۷	۰,۰۰۰۹	۰,۰۱۷۶	۰,۰۴۷۲	۰,۰۰۱۳	۰,۱۲۵۰	۰,۱۰۳۳	۰,۸۸۲۴	۰,۱۴۹۸۰	بندر دوبندی
۰,۶۳۰۷	۰,۹۰۹۱	۰,۰۳۱۹	۰,۲۲۱۷	۰,۰۰۱۳	۰,۴۰۶۳	۰,۳۷۷۴	۰,۸۸۲۴	۱,۰۰۰۰	بندر آلات
۰,۰۲۹۲	۰,۰۰۰۹	۰,۰۲۷۵	۰,۱۶۵۱	۰,۰۰۱۳	۰,۳۱۲۵	۰,۰۶۹۶	۰,۱۹۴۱	۰,۰۵۴۴۷	بندر علیا
۰,۱۵۳۳	۰,۱۸۱۸	۰,۱۳۹۷	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۰,۲۰۲۶	۰,۹۵۲۵	۰,۵۰۳۸۸	بندر استراخان
۰,۰۴۱۲	۰,۰۰۰۹	۰,۰۴۴۷	۰,۱۰۸۵	۰,۳۷۵۰	۰,۲۸۱۳	۰,۰۴۸۰	۰,۶۷۶۵	۰,۴۶۳۰۳	بندر ماخاچ قلعه
۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	۱,۰۰۰۰	مقدار ایدئال

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

مرحله بعدی محاسبه ماتریس نرمال شده وزن دار است. برای این امر وزن هر معیار که قبلا از روش فوکام محاسبه شده است (جدول ۶) را در ماتریس نرمال که در جدول ۸ ارائه شده، ضرب می‌کنیم. ماتریس نرمال وزن دار در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹: ماتریس نرمال وزنی

عوامل برونزای دریا			عوامل برونزای خشکی						بندر
C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
۰,۰۰۸۱	۰,۰۲۰۶۶	۰,۰۳۸۲۶	۰,۰۰۰۲۱	۰,۰۰۰۶۵۴	۰,۰۰۰۰۰۵	۰,۰۰۰۰۰۴	۰,۰۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۱	ضد ایدئال
۰,۰۳۷۲	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۴۹۷۴	۰,۰۴۳۰۱	۰,۰۰۱۶۶۱	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۵۸۹۳	۰,۰۰۰۰۰۲۶	۰,۰۰۰۰۰۲	بندر امیرآباد
۰,۰۱۸۶	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۴۴۰۰	۰,۰۴۳۰۰	۰,۰۰۰۲۵۲	۰,۰۰۰۰۱۳	۰,۰۰۰۰۱۴	۰,۰۳۷۰۰	۰,۰۰۰۰۰۳	بندر انزلی
۰,۰۰۸۱	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۵۲۶۰	۰,۰۲۱۵۰	۰,۰۲۷۶۹۰	۰,۰۰۰۰۰۰۵	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۳۷۰۰	۰,۰۰۰۰۰۱	بندر نوشهر
۰,۰۳۷۱	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۶۶۹۵۲	۰,۰۲۱۵۰	۰,۰۰۸۳۰۷	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۵۸۹۳	۰,۰۰۰۰۱۱۶	۰,۰۰۰۰۰۱	ترکمن باشی
۰,۰۳۱۳	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۶۶۹۵۲	۰,۰۸۶۰۱	۰,۰۰۲۳۰۷	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۰۰۰۰۰۴	۰,۰۰۰۰۰۰۴	۰,۰۰۰۰۱۱	بندر اکتائو
۰,۰۱۷۴	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۴۳۰۴	۰,۰۰۰۰۲۱	۰,۰۰۰۰۷۶۹	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۵۸۹۳	۰,۰۰۰۰۰۰۳	۰,۰۰۰۰۰۱	بندر کوریک
۰,۰۵۲۲	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۸۶۰۸	۰,۰۸۶۰۱	۰,۰۰۳۴۶۱	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۰۱۴۷	۰,۰۳۷۰۰	۰,۱۱۵۳۶	بندر باکو
۰,۰۱۳۹	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۶۶۹۵۲	۰,۰۰۰۰۲۱	۰,۰۰۰۳۰۷۷	۰,۰۰۰۰۱۱۶	۰,۰۰۰۰۰۲۸	۰,۰۰۰۰۰۰۴	۰,۰۰۰۰۰۳	بندر دوبندی
۰,۰۲۵۵	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۶۶۹۵۲	۰,۰۲۱۵	۰,۰۰۰۰۸۷۴	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۰۰۰۰۰۰۶	۰,۰۰۰۰۰۲	بندر آلات
۰,۰۲۰۹	۰,۰۲۰۶۶	۰,۰۳۸۲۶	۰,۰۰۰۰۲۱	۰,۰۰۰۰۶۵۴	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۰۰۰۰۰۲	۰,۰۰۰۰۰۳۷	۰,۰۰۰۰۰۱	بندر علیا
۰,۰۹۰۵	۰,۰۲۰۶۶	۰,۰۴۳۰۴	۰,۰۶۴۵۱	۰,۰۰۵۵۳۸	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۰۰۰۰۴۹	۰,۰۳۷۰۰	۰,۱۱۵۳۶	بندر استراخان
۰,۰۳۰۲	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۶۶۹۵۲	۰,۰۶۴۵۱	۰,۰۰۰۳۱۹۵	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۰۰۰۰۰۴	۰,۰۳۷۰۰	۰,۱۱۵۳۶	ماخاچ قلعه
۰,۰۹۰۵	۰,۰۳۱۰۳	۰,۰۸۶۰۸	۰,۰۸۶۰۱	۰,۰۲۷۶۹۰	۰,۰۷۸۸۵۰	۰,۰۵۸۹۳	۰,۰۳۷۰۰	۰,۱۱۵۳۶	مقدار ایدئال

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

جدول ۹: ماتریس نرمال وزنی (ادامه)

عوامل درونزای بندر									بندر
C18	C17	C16	C15	C14	C13	C12	C11	C10	
۰,۰۰۰۰۵	۰,۰۰۰۰۰۲	۰,۰۰۰۰۶۲	۰,۰۰۲۹۴۷	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۱۴۰۱۵	۰,۰۰۰۰۷۳۷	۰,۰۱۱۶۸۴	۰,۰۰۲۰۲۹	ضد ایدئال
۰,۰۰۴۲	۰,۰۱۱۲۴	۰,۰۳۵۱۳	۰,۰۳۵۶۵۵	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۵۲۵۵۷	۰,۰۱۷۷۱۰	۰,۰۲۶۵۵۴	۰,۰۲۳۸۸۵	بندر امیرآباد
۰,۰۰۳۰۵	۰,۰۱۳۱۲	۰,۰۰۵۷۰	۰,۰۳۲۴۱۳	۰,۰۰۲۹۲۷	۰,۰۳۵۰۳۸	۰,۰۰۲۳۷۲	۰,۰۲۱۷۷۴	۰,۰۰۹۹۹۵	بندر انزلی
۰,۰۰۱۶۳	۰,۰۰۷۵	۰,۰۰۲۷۲	۰,۰۳۳۵۹۲	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۲۸۰۳۰	۰,۰۰۰۰۷۳۷	۰,۰۱۷۷۰۲	۰,۰۰۵۷۶۸	بندر نوشهر
۰,۰۱۹۵۹	۰,۰۲۰۶۱	۰,۰۰۴۲	۰,۰۲۵۶۳۶	۰,۰۱۷۵۶۵	۰,۰۵۹۵۶۴	۰,۰۰۲۵۰۶	۰,۰۶۰۱۸۸	۰,۰۱۳۶۹۸	بندر ترکمن باشی
۰,۰۰۴۷۶	۰,۰۰۳۷۵	۰,۰۰۱۴	۰,۰۱۰۹۰۳	۰,۰۰۵۸۵۵	۰,۰۴۲۰۴۵	۰,۰۰۲۱۲۷	۰,۰۴۱۷۷۸	۰,۰۲۳۸۴۵	بندر اکتائو
۰,۰۰۰۸۸	۰,۰۰۷۵	۰,۰۰۰۸۷	۰,۰۰۵۸۹۳	۰,۰۰۲۹۲۷	۰,۰۱۴۰۱۵	۰,۰۰۱۱۲۶	۰,۰۲۱۲۴۳	۰,۰۰۹۲۵۴	بندر کوریک
۰,۰۰۲۴	۰,۰۰۵۶۲	۰,۰۰۳۹۲	۰,۰۳۸۸۹۶	۰,۰۱۴۶۳۷	۰,۰۷۰۰۷۵	۰,۰۰۲۸۹۴	۰,۰۵۳۱۰۷	۰,۰۲۸۶۶۰	بندر باکو
۰,۰۰۰۰۵	۰,۰۰۰۰۰۲	۰,۰۰۰۰۶۲	۰,۰۰۲۹۴۷	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۱۴۰۱۵	۰,۰۰۱۸۳۰	۰,۰۵۳۱۰۷	۰,۰۰۵۵۸۱	بندر دوبندی
۰,۰۱۲۳۶	۰,۰۱۸۷۴	۰,۰۰۱۱۲	۰,۰۱۳۸۴۹	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۴۵۵۴۹	۰,۰۰۶۶۸۳	۰,۰۵۳۱۰۷	۰,۰۳۷۲۵۴	بندر آلات
۰,۰۰۰۵۷	۰,۰۰۰۰۰۲	۰,۰۰۰۰۹۷	۰,۰۱۰۳۱۳	۰,۰۰۰۰۰۲۹	۰,۰۳۵۰۳۸	۰,۰۰۱۲۳۳	۰,۰۱۱۶۸۴	۰,۰۰۲۰۲۹	بندر علیا
۰,۰۰۰۰۳	۰,۰۰۳۷۵	۰,۰۰۴۹۱	۰,۰۶۲۴۷۰	۰,۰۲۳۴۱۹	۰,۱۱۲۱۲۱	۰,۰۰۳۵۸۸	۰,۰۵۷۳۳۲	۰,۰۱۸۷۷۲	بندر استراخان
۰,۰۰۰۸۱	۰,۰۰۰۰۰۲	۰,۰۰۱۵۷	۰,۰۰۶۷۷۷	۰,۰۰۸۷۸۲	۰,۰۳۱۵۳۴	۰,۰۰۰۰۸۵۱	۰,۰۴۰۷۱۶	۰,۰۱۷۲۵۰	بندر ماخاچ قلعه
۰,۰۱۹۵۹	۰,۰۲۰۶۱	۰,۰۳۵۱۳	۰,۰۶۲۴۷۰	۰,۰۲۳۴۱۹	۰,۱۱۲۱۲۱	۰,۰۱۷۷۱۰	۰,۰۶۰۱۸۸	۰,۰۳۷۲۵۴	مقدار ایدئال

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

در مرحله بعد با استفاده از معادلات ۷ تا ۱۲ نتایج نهایی که در جدول ۱۰ نشان داده شده است، محاسبه می‌شوند. نتایج به شرح زیر به دست می‌آید:

مقدار ضریب Si (معادله ۹) که جمع مقادیر هر سطر در ماتریس وزنی است، برای همه گزینه‌ها به صورت زیر محاسبه شده است:

$$S_i = \sum_{j=1}^n V_{ij}, \quad S_{AAI} = 0.00001 + 0.00006 + 0.00004 + \dots + 0.00005 = 0.101$$

به طور مشابه این مقدار برای گزینه‌های باقی‌مانده به دست می‌آیند.

با اعمال رابطه ۷ درجه مطلوبیت گزینه‌ها در رابطه با راه‌حل ضد ایدئال محاسبه می‌شود. مثال محاسبه این است:

$$K_7^- = \frac{S_7}{S_{aai}} = \frac{0.712}{0.101} = 7.078$$

در حالی که از رابطه (۸)، درجه مطلوبیت در رابطه با راه‌حل ایدئال به دست می‌آید، به عنوان مثال:

$$K_7^+ = \frac{S_7}{S_{ai}} = \frac{0.712}{1} = 0.712$$

عملکرد مطلوب در رابطه با راه‌حل ضد ایدئال با استفاده از رابطه ۱۱ به صورت به دست می‌آید:

$$f(K_7^-) = \frac{K_7^+}{K_7^+ + K_7^-} = \frac{0.712}{0.712 + 7.078} = 0.091$$

در حالی که عملکرد مطلوب در رابطه با راه‌حل ایدئال با استفاده از رابطه ۱۲ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$f(K_7^+) = \frac{K_7^-}{K_7^+ + K_7^-} = \frac{7.078}{0.712 + 7.078} = 0.909$$

در نهایت، عملکرد مطلوب گزینه هفتم که مربوط به بندر باکو است، با استفاده از رابطه ۱۰ به دست می‌آید:

$$f(K_7) = \frac{K_7^+ + K_7^-}{1 + \frac{1 - f(K_7^+)}{f(K_7^+)} + \frac{1 - f(K_7^-)}{f(K_7^-)}} = \frac{0.712 + 7.078}{1 + \frac{1 - 0.909}{0.909} + \frac{1 - 0.091}{0.091}} = 0.705$$

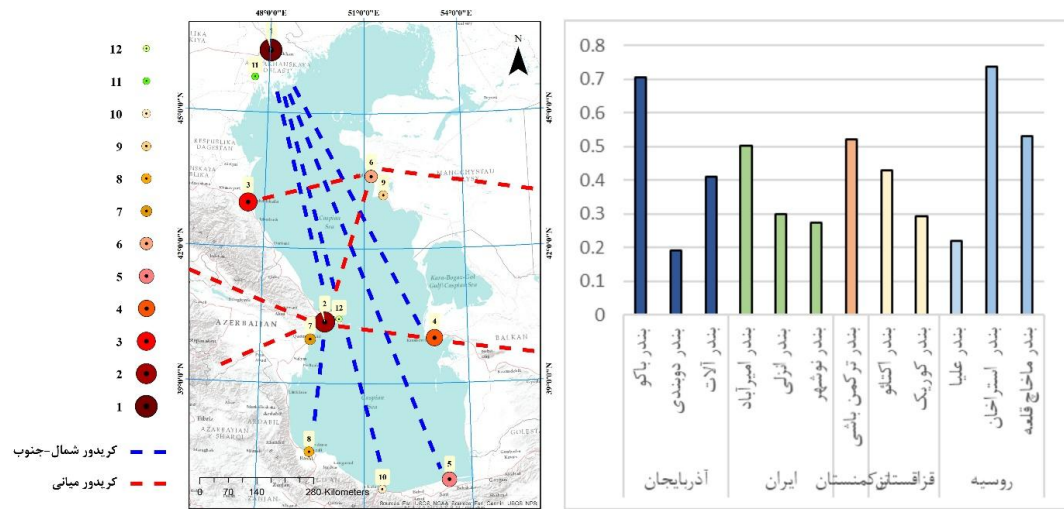
سایر مقادیر نشان داده شده در نتایج نهایی (جدول ۱۰) به همین صورت به دست می‌آیند.

جدول ۱۰: نتایج نهایی روش مارکوس

رتبه	f(k)	f(k+)	f(k-)	K+	K-	Si	بندر/کشور
						۰,۱۰۱	AAI
۵	۰,۵۰۳	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۵۰۷	۵,۰۴۶	۰,۵۰۷	بندر امیرآباد (ایران)
۸	۰,۳۰۰	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۳۰۳	۳,۰۱۰	۰,۳۰۳	بندر انزلی (ایران)
۱۰	۰,۲۷۳	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۲۷۶	۲,۷۴۵	۰,۲۷۶	بندر نوشهر (ایران)
۴	۰,۵۲۲	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۵۲۶	۵,۲۳۵	۰,۵۲۶	بندر ترکمن‌باشی (ترکمنستان)
۶	۰,۴۲۹	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۴۳۳	۴,۳۰۸	۰,۴۳۳	بندر اکتائو (قزاقستان)
۹	۰,۲۹۱	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۲۹۴	۲,۹۲۴	۰,۲۹۴	بندر کوریک (قزاقستان)
۲	۰,۷۰۵	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۷۱۲	۷,۰۷۸	۰,۷۱۲	بندر باکو (آذربایجان)
۱۲	۰,۱۹۳	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۱۹۴	۱,۹۳۳	۰,۱۹۴	بندر دوبندی (آذربایجان)
۷	۰,۴۱۰	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۴۱۴	۴,۱۱۵	۰,۴۱۴	بندر آلات (آذربایجان)
۱۱	۰,۲۲۰	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۲۲۲	۲,۲۰۸	۰,۲۲۲	بندر علیا (روسیه)
۱	۰,۷۳۹	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۷۴۵	۷,۴۱۳	۰,۷۴۵	بندر استراخان (روسیه)
۳	۰,۵۳۱	۰,۹۰۹	۰,۰۹۱	۰,۵۳۵	۵,۳۲۵	۰,۵۳۵	بندر ماخاچ‌قلعه (روسیه)
						۱,۰۰	AI

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده با به‌کارگیری تکنیک «مارکوس» و «فوکام»، طبق شکل ۲، بندر استراخان به‌عنوان توسعه‌یافته‌ترین بندر که بیشتر احتمال دارد توسط بازرگانان به‌عنوان مسیر ترانزیت انتخاب شود، معرفی شد. علاوه بر این، بندر باکو، بندر ماخاچ‌قلعه و بندر ترکمن‌باشی در رتبه‌بندی به‌ترتیب رتبه‌های دوم، سوم و چهارم را به خود اختصاص داده‌اند. با نگاهی بیشتر به مقادیر $f(k)$ ، باید تأکید کرد که میان بندر استراخان و باکو و همچنین میان بندر ترکمن‌باشی و ماخاچ‌قلعه تفاوت بسیار کمی وجود دارد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، بندر انزلی و نوشهر با رتبه هشتم و نهم در وضعیت خوبی قرار ندارند، و بندر امیرآباد به‌عنوان توسعه‌یافته‌ترین بندر ایران در شمال کشور شناسایی شد.



شکل ۲: رتبه‌بندی بندر بر اساس سطح توسعه‌یافتگی آن‌ها به همراه موقعیت آن‌ها در دریای کاسپین

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۳

نتایج و بحث

برنامه‌ریزان، نقش مهمی در ارزیابی و شناخت قابلیت‌های توسعه‌ای مناطق مختلف جغرافیایی دارند. این درک، آن‌ها را قادر می‌سازد تا زمینه پیشرفت منطقه‌ای را فراهم کنند. یکی از جنبه‌های کلیدی این فرآیند، رتبه‌بندی مکان‌های جغرافیایی، به‌ویژه بندر، بر اساس نقاط قوت و پتانسیل نسبی آن‌ها است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی سطح توسعه‌یافتگی بندر در نوار ساحلی دریای خزر و بررسی جایگاه کشورها در این منطقه از جهت تسهیل تجارت و توسعه مناطق پس‌کرانه‌ای می‌باشد. برای این امر، ابتدا عوامل مؤثر بر انتخاب بندر امتیازدهی و اولویت‌بندی شد. طبق نظرسنجی صورت‌گرفته از خبرگان، عوامل برون‌زای خشکی در انتخاب بندر بیشترین تأثیر را دارد. این امر مطابق با نظر دوالی و معصوم‌زاده جوزدانی (۱۴۰۰) با پژوهش بر سه بندر ایرانی خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد که بیان‌کردند عوامل درون‌سرزمینی در گزینش بندر توسط شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی، نقش عمده‌ای ایفا می‌کند؛ بنابراین لازم است در تدوین برنامه‌ها و استراتژی‌های آتی بندر، بیشتر به این عوامل توجه شود تا باعث تقویت موقعیت بندر در منطقه و بهبود کیفیت خدمات ارائه‌شده به مشتریان گردد. همچنین، زراعی و آراسته (۱۴۰۲) با تحقیق روی ۲۰ بندر خلیج فارس و دریای عمان بیان‌کردند که توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل در پس‌کرانه‌ها و ارتقاء کمیّت و کیفیت فضاهای پشتیبان بندر دریایی همچون بندر خشک، می‌تواند نقش بسزایی در افزایش رقابت‌پذیری ایفا نماید و نقش بندر در نظام زنجیره تأمین کالا و انرژی در جهان امروز را ارتقا دهد. از سوی دیگر، برخی از پژوهش‌ها با نتایج این تحقیق همسویی ندارد؛ پریزادی و همکاران (۱۳۹۱) با پژوهش بر بندر ایرانی دریای کاسپین تعداد اسکله، تعداد تجهیزات دریایی و میزان تردد شناورهای بالای هزار تن را به‌عنوان سه معیار برتر و مؤثر در شناسایی بندر دارای قابلیت توسعه ارزیابی کردند که بیشتر مؤلفه‌هایی از عوامل درون‌زای بندر است. در ادامه، محمدی و همکاران (۱۳۹۷). در پژوهش خود بر سه بندر خلیج فارس، زیرساخت بندر، نزدیکی به مناطق صادرات و واردات، امکانات و تجهیزات بندر و تأخیر در پهلوگیری و نرخ تخلیه و بارگیری را به‌عنوان چهار معیار تأثیرگذار در رتبه‌بندی بندر به‌ینه و برتر در نظر گرفتند. علاوه بر این، امینی و اصائلو (۱۳۹۳). با تحقیق بر بندر ایرانی خلیج فارس، تنها معیارهای مربوط به بندر (عوامل درون‌زای بندر) را در فرآیند وزن‌دهی جهت ارزیابی میزان توسعه‌یافتگی بندر به‌کار بردند. عمده پژوهش‌های

گفته شده، به عوامل برون‌زای خشکی آن‌طور که باید توجه نکرده‌اند و بعضی حتی در روند وزن‌دهی، آن‌ها را دخیل نکردند در حالی که توجه صرف به تجهیزات دریایی و خشکی یا اسکله‌های مجهز و پیشرفته دیگر کافی نیست و کنترل بیشتر بر بخش‌های بزرگ‌تری از کل زنجیره لجستیک ضروری است.

با تکیه بر یافته‌های این پژوهش در تبه‌بندی بنادر می‌توان دریافت، بنادر کشورهای روسیه و آذربایجان نسبت به بنادر سایر کشورها از نظر توسعه‌یافتگی اختلاف سطح قابل توجهی دارند. یافته‌های پوتوتسکایا (۲۰۲۱) در همین زمینه نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری‌های استراتژیک آذربایجان در زیرساخت‌های بندری به‌خصوص در بندر بین‌المللی «آلات» آن‌را به‌عنوان یک مرکز ترانزیتی کلیدی در منطقه قرار داده و تجارت بین اروپا و آسیا را تسهیل می‌کند (Pototskaya, 2021: 27). همچنین طبق شبکه‌ی اطلاع‌رسانی مانا، بندر آستراخان فراتر از مزیت جغرافیایی، با سرمایه‌گذاری‌های عظیم در زیرساخت‌های حمل‌ونقل مانند سرمایه‌گذاری ایران در بندر سولیانکا با خرید ۵۳ درصد از سهام آن، توانسته است قابلیت‌های جابه‌جایی محموله‌های خود را به طرز چشمگیری ارتقا دهد. این امر، آستراخان را به بندری کارآمد در میان سایر بنادر حوزه‌ی کاسپین تبدیل کرده است (Mana.ir, 2022:1). در نتیجه، رقابت‌پذیری بندر روسیه و آذربایجان قدرتمندتر از سایر بنادر شده است. همچنین تنها بندر مهم ترکمنستان در چند سال اخیر با سرمایه‌گذاری، رشد چشمگیری را تجربه کرده است و به‌گونه‌ای (طبق شکل ۳) در حال تکمیل یک حلقه‌ی مهم حمل‌ونقل در مسیر تجاری کریدور میانی است که چین را به اروپا متصل می‌کند. این مسیر دریایی به محموله‌ها اجازه می‌دهد تا ایران را که به‌طور سنتی بخشی از مسیرهای تجاری زمینی بین آسیا و اروپا بود، دور بزنند. در همین رابطه، بوسیرز (۲۰۲۳)؛ ریزی (۲۰۲۴) بر اهمیت روبه‌رشد این کریدور به‌عنوان یک مسیر تجاری جایگزین، تمرکز کرده‌اند، و بیان کردند اتحادیه اروپا می‌خواهد کریدور میانی را دقیقاً برای اجتناب از مبادله با روسیه توسعه دهد، این مطالعات پیامدهای ژئوپلیتیکی این مسیرهای تجاری در حال تغییر، از جمله احتمال دورزدن یا حذف برخی از کشورها از جمله ایران و روسیه را از کریدورهای تجاری بین‌المللی مهم را برجسته کرده‌اند (Bussières, 2023:1; Rizzi, 2024: 1) در حالی که بنادر ایرانی خصوصاً بندر انزلی و نوشهر که از لحاظ موقعیت مکانی در مسیر کریدور شمال- جنوب قرار دارند نتوانستند از نظر عملکردی خود را منطبق با شرایط روز جهان کنند و کریدور شمال- جنوب را تکمیل کنند. این روند به معنای ادامه‌ی سیاست‌های حذف ایران از کریدورهای بین‌المللی و جدا افتادگی سیاسی و اقتصادی کشور می‌باشد. همان‌طور که توسط زارعی و آراسته (۲۰۲۳) اشاره شد، ناتوانی ایران در نوسازی تأسیسات بندری خود مانع رقابت‌پذیری آن در زنجیره‌ی تأمین منطقه‌ای شده است و تأکید می‌کنند که عوامل سنتی مانند تجهیزات پیشرفته و اسکله‌های عمیق دیگر کافی نیستند بلکه توسعه‌ی شبکه‌های حمل‌ونقل داخلی و افزایش امکانات پشتیبانی مانند بنادر خشک نیز به همان اندازه ضروری هستند. در همین رابطه، اتصال ریلی بندر نوشهر و انزلی جهت اتصال دریای کاسپین با نواحی داخلی ایران به- شدت حائز اهمیت است. این اتصال به تازگی تا بندر کاسپین عملیاتی شده و اتصال آن به بندر انزلی در حال مطالعه است. البته، در این پژوهش بندر امیرآباد به‌عنوان توسعه‌یافته‌ترین بندر ایران در شمال کشور شناسایی شد. امیرآباد بزرگ‌ترین بندر نسل سوم و متصل به شبکه‌ی ریلی کشور، افق جدیدی در شکوفایی اقتصادی شمال کشور گشوده است و با عبور از بندر انزلی به‌عنوان توسعه‌یافته‌ترین بندر ایران در شمال کشور لقب گرفته است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد که بندر «آستراخان» روسیه با در نظرگیری عوامل برون‌زای خشکی، دریا و دورن‌زای بندر از لحاظ سطح توسعه‌یافتگی در شرایط بهتری نسبت به سایر بنادر قرار دارد. «آستراخان» به‌عنوان یک دروازه‌ی مهم بین اروپا و آسیا عمل می‌کند. موقعیت آن در شمالی‌ترین قسمت دریای کاسپین، آن‌را مستقیماً به رودخانه «ولگا» متصل می‌کند،

رودی که شریان حیاتی سیستم آبراه داخلی روسیه را شکل می‌دهد و از طریق کانال «ولگا-دون»، این شهر را به آب‌های آزاد دریای سیاه مرتبط می‌سازد. «آستراخان» فراتر از مزیت جغرافیایی، با سرمایه‌گذاری‌های عظیم در زیرساخت‌های حمل‌ونقل مانند سرمایه‌گذاری ایران برخوردار است. این امر، آستراخان را به بندری رقابتی و کارآمد در میان سایر بنادر حوزه کاسپین تبدیل کرده است. این امر در کنار ادغام بندر با شبکه راه‌آهن و جاده‌های کشور و افزایش ارتباطات با مناطق داخلی آن را به گزینه‌ای ایدئال برای جابه‌جایی کالا بدل کرده و آستراخان را به قطب حیاتی برای تجارت و حمل‌ونقل در منطقه کاسپین و فراتر از آن در طرح‌هایی مانند کریدور حمل‌ونقل بین‌المللی شمال-جنوب (INSTC) تبدیل کرده است. بندر «باکو» آذربایجان دومین بندر توسعه‌یافته دریای کاسپین است. این بندر در تقاطع کریدورهای حمل‌ونقل اصلی مانند مسیرهای شرق-غرب و شمال-جنوب قرار دارد که نشان‌دهنده اهمیت آن در تجارت منطقه‌ای است. البته پایانه اصلی این بندر در حال بازسازی و تغییر کاربری به زمین شهری می‌باشد و قرار است بار ترافیکی به بندر «آلات» منتقل شود. بندر «ماخاچ‌قلعه» سومین بندر توسعه‌یافته است که محموله‌های ترانزیتی از اروپای غربی، آسیای مرکزی، هند و مناطق خلیج فارس را جابه‌جا می‌کند. موقعیت استراتژیک بندر نقش آن را در تجارت منطقه‌ای به‌ویژه صادرات نفت و گاز افزایش داده است. این بندر به دلیل عدم یخ‌زدگی می‌تواند به خوبی به فعالیت‌های دریایی در زمستان ادامه دهد. بندر «ترکمن‌باشی» به‌عنوان چهارمین بندر مهم دریای کاسپین شناخته شد. این بندر، ارتباطی حیاتی بین آسیای مرکزی و اروپا ایجاد می‌کند. در سال ۲۰۱۸، برنامه‌ریزان یک توسعه بزرگ در بندر را تکمیل کردند و ظرفیت و کارایی آن را به میزان قابل توجهی افزایش دادند. این پروژه ۱٫۵ میلیارد دلاری قابلیت‌های بندر را گسترش داد. پس از توسعه، این بندر می‌تواند سالانه تا ۱۷ میلیون تن بار به استثنای فرآورده‌های نفتی را جابه‌جا کند. این بندر حمل‌ونقل دریایی، جاده‌ای و ریلی را ادغام می‌کند و آن را به یک مرکز لجستیکی همه‌کاره برای منطقه تبدیل می‌کند.

منابع

آراسته، مجتبی؛ ملیکا زارعی (۱۴۰۱). تحلیلی بر سطح توسعه‌یافتگی بنادر استان بوشهر، نشریه جغرافیا و توسعه. دوره ۲۰. شماره ۶۶.

[10.22111/J10.22111.2022.6726](https://doi.org/10.22111/J10.22111.2022.6726)

امینی، داود؛ علی اصانلو (۱۳۹۳). مقایسه سطح توسعه‌یافتگی بنادر خلیج فارس، با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس (Topsis)، پژوهشنامه مطالعات مرزی. دوره ۳. شماره ۲.

پریزادی، طاهر؛ صالح اسدی؛ محمد مولائی‌قلیچی؛ حجت شیخی (۱۳۹۱). بررسی و تحلیل قابلیت‌های مزایای نسبی توسعه منطقه‌ای در بنادر شمال ایران با استفاده از تلفیق تکنیک‌های TOPSIS و ELECTRE، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. دوره ۲. شماره ۴.

<https://civilica.com/doc/1916166/>

دوالی، محمد مهدی؛ رسول معصوم‌زاده‌جوزدانی (۱۴۰۰). اولویت‌بندی معیارهای انتخاب بندر توسط شرکت‌های حمل‌ونقل بین‌المللی (رویکرد تحلیل سلسله مراتبی)، دومانه‌نامه بررسی‌های بازرگانی. دوره ۱۹. شماره ۱۰۹.

<https://civilica.com/doc/1412016>

زارعی، ملیکا؛ مجتبی آراسته (۱۴۰۲). ارزیابی وضعیت توسعه‌یافتگی بنادر سواحل شمالی و جنوبی خلیج فارس و دریای عمان، نشریه جغرافیا و توسعه. دوره ۲۱. شماره ۷۳.

[10.22111/GDIJ.2023.45382.3513](https://doi.org/10.22111/GDIJ.2023.45382.3513)

محمدی، علیرضا؛ فرهاد سمایی؛ زهرا آملی دیوا؛ حسین آرای درون کلاهی (۱۳۹۷). ارزیابی بنادر خلیج فارس بر اساس مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با رویکرد فازی، فصلنامه علوم و فناوری دریا. دوره ۲۲. شماره ۸۷.

<https://civilica.com/doc/888316/>

References

- Akbulaev, N., & Bayramli, G (2020). Maritime transport and economic growth: Interconnection and influence (an example of the countries in the Caspian Sea coast; Russia, Azerbaijan, Turkmenistan, Kazakhstan and Iran). *Marine Policy*, 118, 104005.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104005>
- Bortas, I., Kolanović, I., & Vilke, S (2022). Model for port service quality and intermodality assessment applying fuzzy logic. *Pomorstvo*, 36(2), 214–222.
<https://doi.org/10.31217/p.36.2.5>
- Bussières, P.-O (2023, October 9). The Middle Corridor: A Geopolitical Game-Changer in Eurasian Trade. *Geopolitical Monitor*.
<https://www.geopoliticalmonitor.com/the-middle-corridor-a-geopolitical-game-changer-in-eurasian-trade/>
- Dadashpoor, H., & Arasteh, M (2020). Core-port connectivity: Towards shaping a national hinterland in a West Asia country. *Transport Policy*, 88, 57-68.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.01.015>
- De Martino, M., & Morvillo, A (2008). Activities, resources and inter-organizational relationships: Key factors in port competitiveness. *Maritime Policy & Management*, 35(6), 571-589.
<https://doi.org/10.1080/03088830802469477>
- Ding, J.-F., Kuo, J.-F., Shyu, W.-H., & Chou, C.-C (2019). Evaluating determinants of attractiveness and their cause-effect relationships for container ports in Taiwan: Users' perspectives. *Maritime Policy & Management*, 46(4), 466-490.
<https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1562245>
- Feng, X., Zhang, Y., Li, Y., & Wang, W (2013). A Location-Allocation Model for Seaport-Dry Port System Optimization. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2013, e309585.
<https://doi.org/10.1155/2013/309585>
- french, R. A (1979). Competition among selected eastern Canadian ports for foreign cargoes. *Maritime Policy & Management*, 6(1), 5-13.
<https://doi.org/10.1080/03088837900000042>
- Gao, T., Na, S., Dang, X., & Zhang, Y (2018). Study of the Competitiveness of Quanzhou Port on the Belt and Road in China Based on a Fuzzy-AHP and ELECTRE III Model. *Sustainability*, 10(4), Article 4.
<https://doi.org/10.3390/su10041253>
- Kaliszewski, A., Kozłowski, A., Dąbrowski, J., & Klimek, H (2020). Key factors of container port competitiveness: A global shipping lines perspective. *Marine Policy*, 117, 103896.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103896>
- Li, Z., Luan, W., Wang, X., Wan, S., Su, M., & Zhang, Z (2022). Spatial expansion regular pattern and driving factors of estuarine and coastal harbors. *Ocean & Coastal Management*, 216, 105980.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105980>
- Liu, J., Wang, X., & Guo, J (2021). Port efficiency and its influencing factors in the context of Pilot Free Trade Zones. *Transport Policy*, 105, 67-79.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.02.011>
- Martínez Moya, J., & Feo Valero, M (2017). Port choice in container market: A literature review. *Transport Reviews*, 37(3), 300-321.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1231233>
- Mana.ir (2022). Solyanka Port, a strategic base for the development of Iran-Russia trade (World).
<http://mana.ir/fa/news/94193>

- Min, H., & Park, B.-I (2020). A two-dimensional approach to assessing the impact of port selection factors on port competitiveness using the Kano model. *Maritime Economics & Logistics*, 22(3), 353-382.
<https://doi.org/10.1057/s41278-019-00117-7>
- Mou, N., Wang, C., Chen, J., Yang, T., Zhang, L., & Liao, M (2021). Spatial pattern of location advantages of ports along the Maritime Silk Road. *Journal of Geographical Sciences*, 31(1), 149-176.
<https://doi.org/10.1007/s11442-021-1837-9>
- Munim, Z. H., Hasan, K. R., Schramm, H.-J., & Tusher, H. M (2022). A port attractiveness assessment framework: Chittagong Port's attractiveness from the users' perspective. *Case Studies on Transport Policy*, 10(1), 463-471.
<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.01.007>
- Notteboom, T (2008). The Relationship between Seaports and the Inter-Modal Hinterland in Light of Global Supply Chains. OECD.
<https://doi.org/10.1787/235371341338>
- Parola, F., Risitano, M., Ferretti, M., & Panetti, E (2017). The drivers of port competitiveness: A critical review. *Transport Reviews*, 37(1), 116-138.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1231232>
- Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in MCDM models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*, 10(9), Article 9.
<https://doi.org/10.3390/sym10090393>
- Pototskaya, T. I (2021). Geographical Factors of Determining the Legal Status of the Caspian Sea. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, 6(16)(4), 22-35.
<https://doi.org/10.37279/2309-7663-2020-6-4-22-35>
- Rizzi, A (2024). Risk and reward: Why the EU should develop the Middle Corridor trade route. ECFR.
<https://ecfr.eu/article/risk-and-reward-why-the-eu-should-develop-the-middle-corridor-trade-route/>
- Rodrigue, J.-P (2004). Freight, Gateways and Mega-Urban Regions: The Logistical Integration of the Bostwash Corridor I. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 95(2), 147-61.
<https://doi.org/10.1111/j.0040-747X.2004.t01-1-00297.x>
- Rodrigue, J.-P., & Notteboom, T (2009). The terminalization of supply chains: Reassessing the role of terminals in port/hinterland logistical relationships. *Maritime Policy & Management*, 36(2), 165-183.
<https://doi.org/10.1080/03088830902861086>
- Rodrigue, Notteboom, T., Pallis, A., & Paul, J (2022). *Port Economics, Management and Policy*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780429318184>
- Veenboer, D. P (2014). The Port – City relationship [Masters, Erasmus School of Economics].
<https://thesis.eur.nl/pub/17556/>
- Wagner, N., Kotowska, I., & Pluciński, M (2022). The Impact of Improving the Quality of the Port's Infrastructure on the Shippers' Decisions. *Sustainability*, 14(10), Article 10.
<https://doi.org/10.3390/su14106255>
- Wang, J., Mo, L., & Ma, Z (2023). Evaluation of port competitiveness along China's "Belt and Road" based on the entropy-TOPSIS method. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1.
<https://doi.org/10.1038/s41598-023-42755-1>
- Wang, Y., Jung, K.-A., Yeo, G.-T., & Chou, C.-C (2014). Selecting a cruise port of call location using the fuzzy-AHP method: A case study in East Asia. *Tourism Management*, 42, 262-270.
<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.11.005>