Industrial Management Journal

Print ISSN: 2008-5885

Online ISSN: 2423-5369

Presenting an Innovative Model Based on Multi-Mode Network Analysis for Examining Connections and Predicting Future Labor Market Developments

Elnaz Nasirzadeh*

*Corresponding Author, Assistant Prof., Department of Information Technology Management, Faculty of Industrial and Technology Management, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: nasirzadeh@ut.ac.ir

Saeed Rouhani

Associate Prof., Department of Information Technology Management, Faculty of Industrial and Technology Management, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: srouhani@ut.ac.ir

Abstract

Objective

Recently, network analysis has become one of the most popular and practical areas in data science. This technology, by analyzing complex data and identifying communicative patterns among different elements, delves into a deeper understanding of the structure, behavior, and interactions within networks and complex systems. Despite the critical importance of network analysis in data science and social research, particularly in the field of human resources, there remains a lack of comprehensive studies on this topic. In particular, domestic market data have not been fully studied and discussed. This lack of attention misses opportunities for deeper understanding and presenting innovative solutions to future challenges. Therefore, researchers need to employ modern approaches to investigate the challenges in this field and propose new solutions. This study introduces an innovative model that utilizes multimodal network analysis to enhance the understanding of labor market communications and predict its future developments.

Methods

To design the proposed network, the required primary data were collected from international classifications and the initial network was drawn based on them. Then, to ensure that the network matches the current labor market conditions, data from one of the domestic job search websites were also extracted and the network was updated accordingly. The Jaccard index was employed to quantify the connections between network elements, while the algorithms of preferential attachment, Adamic-Adar, and common neighbors were utilized for network validation. The Dijkstra algorithm was used to calculate the shortest path in the network and the term frequency-inverse document frequency metric was used for ranking.

Results

This research sought to present a new method for designing a multimodal labor market network and described how it was updated and diversified to match the dynamic changes of the labor market. With the final network obtained, the connections between labor market elements (jobs and skills) were examined, and a method for quantifying these connections was presented. Additionally, a method for calculating the most efficient job transitions within this network was outlined, along with an approach for ranking skills according to various job levels. Finally, the network was validated with three link prediction algorithms. The results indicate that the use of the preferential attachment algorithm will be the best option for predicting the future of this network.

Conclusion

The innovative model presented in this research offers a powerful tool for network design and analysis in understanding the labor market. It not only provides a comprehensive overview of the current and future state of the domestic labor market but also offers practical solutions for addressing future challenges. In particular, discovering communicative patterns and predicting emerging trends enables better and faster adaptation to labor market changes, which in turn leads to the development of sustainable job opportunities and economic growth. Through a deep analysis of existing data and predicting potential developments, this model can help labor market managers, policymakers, and social analysts design more effective strategies to enhance labor market capacities and optimize human resources. Ultimately, the results demonstrated that innovative models based on network analysis can open new horizons for predicting and managing future developments.

Keywords: Future prediction, Innovative model, Labor market, Multimodal network, Network analysis.

Citation: Nasirzadeh, Elnaz & Rouhani, Saeed (2024). Presenting an Innovative Model Based on Multi-Mode Network Analysis for Examining Connections and Predicting Future Labor Market Developments. *Industrial Management Journal,* 16(3), 426-456. (*in Persian*)

Industrial Management Journal, 2024, Vol. 16, No 3, pp. 426-456
Published by University of Tehran, Faculty of Management
https://doi.org/10.22059/IMJ.2024.372349.1008124
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: February 08, 2024
Received in revised form: July 15, 2024
Accepted: July 24, 2024
Published online: October 01, 2024

مدیریت صنعتی
شاپا چاپی: ۵۸۸۵-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۳۶۹-۲۴۲۳

ارائهٔ مدلی نوآورانه مبتنی بر تحلیل شبکهٔ چندحالته برای بررسی ارتباطات و پیش‌بینی تحولات آیندهٔ بازار کار

الناز نصیرزاده*

* نویسنده مسئول، استادیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: nasirzadeh@ut.ac.ir

سعید روحانی

دانشیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: srouhani@ut.ac.ir

چکیده

هدف: اخیراً، تحلیل شبکه به یکی از حوزه‌های بسیار پُرطرف‌دار و پُرکاربرد در علم داده تبدیل شده است. این فناوری، با تحلیل داده‌های پیچیده و شناسایی الگوهای ارتباطی بین عناصر مختلف، به درک عمیق‌تری از ساختار، رفتار و تعاملات درون شبکه‌ها و سیستم‌های پیچیده می‌پردازد. با وجود اهمیت بسیار زیاد تحلیل شبکه در علم داده و تحقیقات اجتماعی، به‌ویژه در حوزهٔ منابع انسانی، مطالعات کافی روی آن انجام نشده است؛ به‌خصوص دربارهٔ داده‌های بازار داخلی، هنوز به‌طور کامل به بحث و مطالعه گذاشته نشده است. این کمبود توجه، فرصت‌هایی را برای درک عمیق‌تر و ارائه راه‌کارهای نوآورانه در مواجهه با چالش‌های آینده از دست می‌دهد. از این رو نیاز است تا محققان با بهره‌گیری از رویکردهای نوین، به بررسی چالش‌های این حوزه بپردازند و راه‌کارهای جدیدی ارائه دهند. بر اساس آنچه بیان شد، در این پژوهش مدلی نوآورانه برای بررسی نقش تحلیل شبکه چندحالته در فهم بهتر ارتباطات بازار کار و پیش‌بینی تحولات آینده آن ارائه شده است.

روش: به‌منظور طراحی شبکهٔ پیشنهادی، داده‌های اولیه مورد نیاز، از طبقه‌بندی‌های بین‌المللی جمع‌آوری و شبکهٔ اولیه بر اساس آن‌ها رسم شد؛ سپس برای اطمینان از اینکه شبکه به‌خوبی با شرایط کنونی بازار کار مطابقت دارد یا خیر، داده‌های یکی از وبسایت‌های کاریابی داخلی نیز استخراج و مطابق آن‌ها، شبکه به‌روزرسانی شد. برای کمّی‌کردن ارتباطات بین اجزای شبکه، از معیار ژاکارد و برای اعتبارسنجی شبکه از الگوریتم‌های اتصال ترجیحی، آدامیک آدار و همسایگان مشترک استفاده شد. برای محاسبهٔ کوتاه‌ترین مسیر در شبکه، از الگوریتم دایجسترا و برای رتبه‌بندی از معیار وزن‌دهی فراوانی کلمه – معکوس فراوانی متن استفاده بهره برده شد.

یافته‌ها: در این پژوهش، روش جدیدی برای طراحی شبکهٔ چندحالته بازار کار ارائه و نحوهٔ به‌روزرسانی و غنی‌سازی آن، به‌طوری که مطابق با تغییرات پویای بازار کار باشد، تشریح شد. با شبکهٔ نهایی به‌دست‌آمده، ارتباطات بین عناصر بازار کار (مشاغل و مهارت‌ها) بررسی و راه‌کاری برای کمّی‌کردن این ارتباطات ارائه شد. همچنین روشی برای محاسبهٔ کارآمدترین جابه‌جایی شغلی در این شبکه تشریح و رویکردی برای رتبه‌بندی مهارت‌ها، بر اساس سطوح مختلف شغلی ارائه شد. در نهایت، شبکه با سه الگوریتم پیش‌بینی یال اعتبارسنجی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم اتصال ترجیحی، بهترین گزینه برای پیش‌بینی آینده این شبکه خواهد بود.

نتیجه‌گیری: مدل نوآورانهٔ ارائه شده در این پژوهش، ابزار قدرتمندی برای طراحی شبکه و تحلیل و درک بازار کار فراهم کرده است که به‌کمک آن، نه‌تنها درک جامع‌تری از وضعیت فعلی و آتی بازار کار داخلی به‌دست می‌آید، بلکه راه‌کارهای عملی برای مواجهه با چالش‌های پیش رو نیز ارائه می‌شود؛ به‌ویژه، کشف الگوهای ارتباطی و پیش‌بینی روندهای نوظهور، امکان سازگاری بهتر و سریع‌تر با تغییرات بازار کار را فراهم می‌کند که این امر، به سهم خود، به توسعه فرصت‌های شغلی پایدار و رشد اقتصادی منجر می‌شود. از طریق تحلیلی عمیق از داده‌های موجود و پیش‌بینی تحولات احتمالی، این مدل می‌تواند به مدیران بازار کار، سیاست‌گذاران و تحلیلگران اجتماعی کمک کند تا استراتژی‌های مؤثرتری برای تقویت ظرفیت‌های بازار کار و بهینه‌سازی منابع انسانی طراحی کنند. در نهایت، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با استفاده از مدل‌های نوآورانه مبتنی بر تحلیل شبکه، می‌توان افق‌های جدیدی را در پیش‌بینی و مدیریت تحولات آینده کشور گشود.

کلیدواژه‌ها: مدل نوآورانه، تحلیل شبکه، شبکه چندحالته، بازار کار، پیش‌بینی آینده.

استناد: نصیرزاده، الناز و روحانی، سعید (۱۴۰۳). ارائهٔ مدلی نوآورانه مبتنی بر تحلیل شبکهٔ چندحالته برای بررسی ارتباطات و پیش‌بینی تحولات آیندهٔ بازار کار. *مدیریت صنعتی*، ۱۶(۳)، ۴۲۶- ۴۵۶.

مدیریت صنعتی، ۱۴۰۳، دوره ۱۶، شماره ۳، صص. ۴۲۶- ۴۵۶
ناشر: دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۱۰
doi: https://doi.org/10.22059/IMJ.2024.372349.1008124

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحلیل شبکه به یکی از حوزه‌های بسیار پرطرف‌دار و پُرکاربرد در علم داده و تحقیقات اجتماعی تبدیل شده است (کلوچارد[1]، ۲۰۲۲، فریدوند، الیاسی و رادفر، ۱۴۰۲). این رشد روزافزون به دو دلیل است: یکی، پیشرفت‌های تکنولوژیک و قابلیت‌های جدید در جمع‌آوری و تحلیل داده‌های عظیم و دیگری، توانایی تحلیل شبکه در ارائه بینش‌های عمیق و نوآورانه، در خصوص پیچیدگی‌های ساختاری و دینامیک‌های اجتماعی، اقتصادی و تکنولوژیک (خوسا و عاطف[2]، ۲۰۱۸). استفاده از تحلیل شبکه در بررسی روابط و الگوهای ارتباطی بین عناصر در شبکه‌های مختلف، از شبکه‌های اجتماعی گرفته تا شبکه‌های بیولوژیکی و اقتصادی، امکان‌پذیر شده است. این رویکرد انعطاف‌پذیر، امکان مطالعه و تحلیل تعاملات پیچیده و گسترده را فراهم آورده و در نتیجه، به توسعه استراتژی‌های نوآورانه در حل مشکلات پیچیده و بهبود تصمیم‌گیری‌ها کمک کرده است (لی و همکاران[3]، ۲۰۲۰). با توجه به تأثیر گسترده‌ای که تحلیل شبکه در زمینه‌های مختلف داشته است، انتظار می‌رود که این حوزه همچنان مورد توجه قرار گیرد و با پیشرفت‌های بیشتر در فناوری‌های مرتبط، کاربردهای جدید و هیجان‌انگیزی را در آینده ارائه دهد (هوانگ، فیشر، دینگ و گوا[4]، ۲۰۲۱).

استفاده از تحلیل شبکه در حوزه‌های مختلف، به ویژه در منابع انسانی، رویکردی نوآورانه و مؤثر برای فهم بهتر و پیش‌بینی آینده بازار کار به‌شمار می‌رود (چالا و فتحی[5]، ۲۰۱۷، حسینی و اقدسی، ۱۴۰۲). این فناوری، با تحلیل داده‌های پیچیده و شناسایی الگوهای ارتباطی بین موجودیت‌های مهم در یک سازمان یا بازار کار، امکان مدیریت بهینه‌تر منابع انسانی و شناسایی فرصت‌های جدید شغلی را فراهم می‌آورد (اوفیرو، دی مارزو، اسباردلا و زکریا[6]، ۲۰۲۳). تحلیل شبکه به مدیران و تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا درک عمیق‌تری از روابط میان مهارت‌ها و مشاغل، جریان اطلاعات و تأثیرات متقابل بین بخش‌های مختلف داشته باشند (خان و نیازی[7]، ۲۰۱۷). این امر به بهبود ارتباطات، افزایش همکاری و کشف مسیرهای جدید برای پیشرفت حرفه‌ای کمک می‌کند؛ به‌خصوص اینکه اخیراً، تغییرات چشمگیری در بازار کار رخ داده است. این تحولات به یک بازار کار رقابتی‌تر منجر شده است که در آن، افراد برای یافتن موقعیت‌های شغلی مناسب با چالش‌های بیشتری مواجهند (ابورشید و همکاران[8]، ۲۰۲۳). تعداد افرادی که به‌دنبال تغییر شغل خود هستند، به‌شدت افزایش یافته است (فتچ، بهاج و قوگو[9]، ۲۰۲۴). این افزایش چشمگیر، نشان‌دهندۀ پویایی و تحولات عمیق در ساختار بازار کار است که تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله فناوری و جهانی‌سازی قرار دارد. همچنین، متوسط مدت زمانی که افراد در یک شغل مشغول هستند، کاهش یافته است (ادیسون، پرتغال و راپوسو[10]، ۲۰۲۳). این موضوع نشان می‌دهد که افراد کمتری تمایل دارند تا مدت طولانی در یک شغل باقی بمانند. دلایل این تغییر نگرش به کار می‌تواند

1. Clochard
2. Khousa & Atif
3. Lee et al.
4. Huang, Fisher, Ding & Guo
5. Chala & Fathi
6. Aufiero, De Marzo, Sbardella & Zaccaria
7. Khan & Niazi
8. Abu-Rasheed et al.
9. Fettach, Bahaj & Ghogho
10. Addison, Portugal & Raposo

عوامل متعددی باشد، از جمله تغییر سریع در تقاضاهای بازار، تمایل به یادگیری و اکتساب مهارت‌های جدید و همچنین، تحولات اقتصادی که افراد را به‌سمت فرصت‌های جدید هدایت می‌کند. علاوه‌براین، در دهه‌های اخیر، شاهد رشد مداوم و چشمگیر جمعیت شاغل در سراسر جهان بوده‌ایم (ون هوفت، کامایر مولر، ونبرگ، کانفر و بسباگ[1]، ۲۰۲۱). نوسان‌های بازار کار نیز به تغییر شغل‌ها و مهارت‌های مورد نیاز جدید انجامیده و این تحولات، به چالشی برای افراد جهت همگام شدن با آخرین پیشرفت‌ها و فرصت‌های شغلی تبدیل شده است.

از آنجایی که شبکه به تحلیل روندهای ارتباطی و جریان‌های دانش در صنایع مختلف می‌پردازد، می‌توان از آن برای حل چالش‌های مذکور بهره برد و با تحلیل داده‌ها، روندهای آتی بازار کار را پیش‌بینی کرد. در واقع تحلیل شبکه در منابع انسانی ابزار قدرتمندی است که نه‌تنها در شناسایی و بهره‌برداری از فرصت‌های فعلی در حوزه منابع انسانی نقش کلیدی دارد، بلکه به‌عنوان یک ابزار پیش‌بینی برای آینده بازار کار نیز عمل می‌کند. این توانایی در فهم دینامیک‌های در حال تحول بازار کار و سازمان‌دهی مؤثر نیروی کار، تضمین‌کنندهٔ موفقیت و پایداری سازمان‌ها در محیط‌های رقابتی امروز است.

با وجود اهمیت بالقوهٔ تحلیل شبکه در بررسی ارتباطات و پیش‌بینی تحولات آیندهٔ بازار کار، مطالعات انجام شده در این زمینه تاکنون، به‌طور کافی جامع و کامل نبوده‌اند. بیشتر تحقیقات موجود با تمرکز بر داده‌ها و موردکاوی‌های خارجی انجام شده‌اند، در حالی که این موضوع برای بازار کار داخل ایران تا به حال به‌طور جامعی مورد بررسی قرار نگرفته است. این کمبود توجه، نه‌تنها باعث می‌شود که فرصت‌های درک عمیق‌تر از بازار کار داخلی از دست برود، بلکه پتانسیل ارائهٔ بینش‌های نوآورانه و استراتژی‌های مؤثر برای مواجهه با چالش‌های آینده را نیز کاهش می‌دهد.

در این راستا، مدل پیشنهادی این پژوهش که بر تحلیل شبکهٔ چندحالته[2] مبتنی است، گامی نوآورانه در پُر کردن این شکاف به‌شمار می‌رود. با تمرکز بر داده‌های داخلی کشور و ارزیابی دقیق‌تر ارتباطات و تحولات ممکن در بازار کار، این پژوهش قصد دارد تا ضمن ارائهٔ درک جامع‌تری از وضعیت فعلی و آتی بازار کار، راه‌کارهایی عملی برای مواجهه با چالش‌های پیش رو نیز پیشنهاد کند. این مدل با تحلیلی عمیق از داده‌های موجود و پیش‌بینی تحولات احتمالی، می‌تواند به مدیران بازار کار، سیاست‌گذاران و تحلیلگران اجتماعی کمک کند تا استراتژی‌های مؤثرتری را برای تقویت ظرفیت‌های بازار کار و بهینه‌سازی منابع انسانی طراحی کنند. در نهایت، این پژوهش برای اولین بار است که داده‌های داخلی کشور را به‌صورت جامع و با استفاده از رویکرد تحلیل شبکهٔ چندحالته بررسی می‌کند؛ از این رو، امید است که نتایج آن بتواند بینش‌های جدید و ارزشمندی را به این حوزه بیفزاید و به‌عنوان مرجع مهم برای تحقیقات آتی عمل کند.

در ادامه، مقاله بدین شرح ساختاربندی شده است. در بخش دوم، تحقیقاتی که در زمینه بررسی ارتباط بین مشاغل و مهارت‌ها انجام شده‌اند، بررسی و توضیحاتی در خصوص تحلیل شبکه ارائه می‌شود. در بخش سوم، روش پیشنهادی و متدولوژی تحقیق تشریح شده است. در بخش چهارم، نتایج به‌دست‌آمده ارائه و کارایی مدل اعتبارسنجی می‌شود. در نهایت در بخش پنجم، ضمن بیان نتیجه‌گیری کلی پژوهش، پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه خواهد شد.

1. Van Hooft, Kammeyer-Mueller, Wanberg, Kanfer & Basbug
2. Multimodal network

پیشینه نظری پژوهش

تحلیل شبکه، بخش جدایی‌ناپذیر علم داده‌هاست و به‌عنوان یک رکن اساسی، بررسی و تجزیه‌وتحلیل ساختارهای شبکه‌ای و ارتباطات بین عناصر مختلف را شامل می‌شود (هوانگ و همکاران، ۲۰۲۱؛ هی وی[1]، ۲۰۱۸). این حوزه که در زمینه‌های متنوعی همچون ریاضیات، فیزیک، علوم کامپیوتر و علوم اجتماعی ریشه دارد، به ما این امکان را می‌دهد تا پیچیدگی‌های موجود در شبکه‌های مختلف را درک کرده و تحلیل کنیم (جیا و همکاران[2]، ۲۰۱۸، خلیلی، پویا، کاظمی و فکور ثقیه، ۱۴۰۱). در تحلیل شبکه، مفاهیمی نظیر گره‌ها[3] که نمایندهٔ عناصر یا افراد هستند و یال‌ها[4] که نشان‌دهنده ارتباطات یا پیوندها بین آن‌ها هستند، مطرح می‌شوند (اوفیرو و همکاران، ۲۰۲۳). این تحلیل کمک می‌کند تا ساختارهای اجتماعی، شبکه‌های اطلاعاتی، شبکه‌های بیولوژیکی و سایر انواع شبکه‌ها را بهتر درک کنیم.

یکی از موضوعات کلیدی در تحلیل شبکه، مرکزیت و نقش‌های مهم در شبکه‌هاست. تحلیل مرکزیت به بررسی چگونگی تأثیرگذاری یا اهمیت گره‌های خاص در یک شبکه می‌پردازد (یائو، خو، گائو[5]، ۲۰۲۳، صفاری، عباسی و قیدر خلجانی، ۱۴۰۲). این مفهوم در فهم چگونگی انتشار اطلاعات، تأثیرهای اجتماعی و حتی شناسایی نقاط کلیدی در شبکه‌های پیچیده حیاتی است. دیگر جنبهٔ مهم تحلیل شبکه، کشف اجتماعات و تقسیم‌بندی شبکه‌هاست (خان و نیازی، ۲۰۱۷). این فرایند به شناسایی گروه‌هایی از گره‌ها می‌پردازد که به شکل نزدیکی به یکدیگر مرتبط هستند. علاوه‌براین، تحلیل شبکه در بررسی مسیرها و جریان‌ها در شبکه‌ها نیز کاربرد دارد. این موضوع به محققان بسیاری برای تحلیل داده‌ها و ارتباطات بین آن‌ها کمک کرده است.

تحلیل شبکه و کاربرد آن در حوزه‌های متنوعی همچون منابع انسانی، تجزیه‌وتحلیل بازار و سیستم‌های توصیه‌گر، به ابزار کلیدی برای درک پیچیدگی‌ها و دینامیک‌های موجود در داده‌های اجتماعی و اقتصادی تبدیل شده است.

استفاده از شبکه برای تحلیل‌داده‌ها در حوزه‌های منابع انسانی کاربردهای فراوانی دارد (خو، ژو، ژو، لی و شیانگ[6]، ۲۰۱۸). استفاده از تحلیل شبکه در منابع انسانی به‌دلیل توانایی این روش در شناسایی و تحلیل الگوهای ارتباطی بین افراد، مشاغل و مهارت‌ها ارزشمند است (گراهام و لو[7]، ۲۰۲۳). این رویکرد امکان می‌دهد تا سازمان‌ها ساختارهای ارتباطی خود را درک کرده و بهینه‌سازی کنند، نحوهٔ تعامل بین کارکنان را بررسی کنند و شبکه‌های مهارتی را شناسایی کنند که برای ارتقای کارایی و اثربخشی حیاتی هستند؛ به‌ویژه در خصوص کمّی‌کردن ارتباط بین مشاغل و مهارت که موضوع مهم در زمینه منابع انسانی محسوب می‌شود، بسیار تأثیرگذار است (سیمونت و کاستیل[8]، ۲۰۲۰).

تحلیل شبکه اجازه می‌دهد تا رابطه بین مشاغل و مهارت‌های مورد نیاز برای آن‌ها به صورت یک شبکه مهارتی مدل‌سازی شود (چالا و فتحی، ۲۰۱۷). این نقشه‌های شبکه‌ای می‌توانند به سازمان‌ها کمک کنند تا نیازهای مهارتی

1. Hevey
2. Jia et al.
3. Nodes
4. Edges
5. Yao, Xu & Gao
6. Xu, Zhu, Zhu, Li & Xiong
7. Graham & Lu
8. Simonet & Castille

موجود و آتی خود را شناسایی و برنامه‌ریزی‌های آموزشی مناسبی را برای توسعهٔ مهارت‌های کارکنان خود طراحی کنند (خواجه، مززور، کارلی و کاسو[1]، ۲۰۱۹).

طی بررسی‌هایی که در تحقیقات پیشین انجام داده‌ایم، کاربردهای اصلی تحلیل شبکه در حوزهٔ منابع انسانی را به شرح ذیل دسته‌بندی کردیم:

۱. درک ساختار: تحلیل شبکه کمک می‌کند تا ساختار و الگوهای مختلف درون یک محیط کاری درک شود (ماریا[2]، ۲۰۱۸) و بتوان ارتباطات میان اجزا را بهتر فهمید و بهینه‌سازی‌های لازم را اعمال کرد.

۲. تحلیل رفتار: با استفاده از تحلیل شبکه، می‌توان رفتارهای مختلف درون یک شبکه را مدل کرد و تأثیر آن‌ها را روی کل جامعه بررسی کرد (دیو، ژانگ، الحسن، الجده و کورایم[3]، ۲۰۱۸). این امر کمک می‌کند تا پدیده‌های پیچیده را درک و راه‌حل‌های مناسبی برای مدیریت آن‌ها پیدا کرد.

۳. شناسایی الگوها و تغییرات: با استفاده از تحلیل شبکه، می‌توان الگوهای تغییرات درون یک شبکه را شناسایی و پیش‌بینی کرد (سیبرانی و اسکری[4]، ۲۰۱۹). با این کار، می‌توان برنامه‌های مناسبی را برای مدیریت و کنترل تغییرات طراحی کرد.

۴. بهینه‌سازی سیستم‌ها: تحلیل شبکه این امکان را می‌دهد که سیستم‌ها و فرایندهای مختلف را بهبود بخشید و بهینه‌سازی کرد (مقصودی[5]، ۲۰۲۳). با شناخت بهتر روابط و ارتباطات، می‌توان به‌طور بهینه‌تر منابع را استفاده کرد و کارایی سیستم را افزایش داد.

۵. پیش‌بینی و شبیه‌سازی: تحلیل شبکه این امکان را می‌دهد که با استفاده از داده‌های موجود و مدل‌سازی مناسب، رویدادهای آینده را پیش‌بینی و شبیه‌سازی کرد (راهال، کارلی و کاسو[6]، ۲۰۲۲). این امر کمک می‌کند تا برنامه‌های مناسبی برای مدیریت ریسک‌ها و بهبود عملکرد سیستم‌ها ارائه کرد.

بر اساس آنچه بیان شد، تحلیل شبکه ابزار بسیار مهمی است که در درک، بهینه‌سازی و مدیریت سیستم‌ها و فرایندها در حوزهٔ مهارت‌ها و مشاغل به‌کار برده می‌شود. در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی بر روی بهبود کارایی، مقیاس‌پذیری، و دقت شبکه‌ها انجام شده است (گویال و همکاران[7]، ۲۰۲۳). همچنین، رویکردهای جدیدی در زمینهٔ ادغام شبکه با سایر فناوری‌های هوش مصنوعی، مانند پردازش زبان طبیعی و بینایی ماشین بررسی شده‌اند. این پیشینهٔ نظری نشان‌دهندهٔ رشد و تکامل شبکه‌ها از نظریه‌های اولیهٔ منطقی تا کاربردهای عملی در علوم کامپیوتر و هوش مصنوعی است. این فناوری اکنون به‌عنوان یک ابزار کلیدی در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی و صنعتی به کار گرفته می‌شود (سان و همکاران[8]، ۲۰۲۱).

1. Khaouja, Mezzour, Carley & Kassou
2. Maurya
3. Dave, Zhang, Al Hasan, AlJadda & Korayem
4. Sibarani & Scerri
5. Maghsoudi
6. Rahhal, Carley & Kassou
7. Goyal et al.
8. Sun et al.

پیشینۀ تجربی پژوهش

با توجه به تحولات سریع در بازار کار و نیاز به درک عمیق‌تر ارتباطات بین موجودیت‌های مهم، مطالعات مختلفی نقش تحلیل شبکه را در شناسایی مسیرهای حرفه‌ای و پیش‌بینی تقاضا برای مهارت‌های جدید بررسی کرده‌اند (دگروت، شوته و گراس[1]، ۲۰۲۱؛ اوفیرو و همکاران، ۲۰۲۳). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تحلیل شبکه به‌دلیل قابلیت‌های فراوان آن در فهم پیچیدگی‌ها و الگوهای ارتباطی، می‌تواند نقش مهمی در شناسایی و پیش‌بینی الگوهای بازار کار ایفا کند (لیو، ژانگ، لیو، شی و هوانگ[2]، ۲۰۲۱). تحلیل شبکه و کاربرد آن در حوزه‌های متنوعی چون منابع انسانی، تجزیه‌وتحلیل بازار و سیستم‌های توصیه‌گر به یک ابزار کلیدی برای درک پیچیدگی‌ها و دینامیک‌های موجود در داده‌های اجتماعی و اقتصادی تبدیل شده است (سوسا[3]، ۲۰۲۲).

استفاده از تحلیل شبکه در این حوزه، امکان بررسی و تحلیل روابط و ارتباطات میان عناصر مختلف مانند مشاغل و مهارت‌ها را فراهم می‌آورد که این امر در نهایت به شناسایی الگوها و فرصت‌های جدید منجر می‌شود (یائو، خو، گائو، ۲۰۲۳). به‌علاوه، مطالعات نشان داده‌اند که تحلیل شبکه می‌تواند در شناسایی مسیرهای حرفه‌ای مؤثر و پیش‌بینی تقاضا برای مهارت‌های جدید در بازار کار بسیار سودمند باشد (دگروت، شوته و گراس[4]، ۲۰۲۱).

اوفیرو و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای که اخیراً انجام داده‌اند، از ابزارها و الگوریتم‌ها برای ساختن و تحلیل شبکه بهره برده‌اند و ارتباط میان شغل‌ها و مهارت‌های مورد نیاز را مدل کرده‌اند. آن‌ها نشان دادند که شغل‌های همگن، به‌معنای شغل‌هایی که نیازمند مهارت‌های به هم نزدیک هستند، به‌طور متوسط حقوق پایین‌تری دارند.

چالا و فتحی (۲۰۱۷) نیز به بررسی کاربرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی (SNA)[5] برای تطبیق کارجویان با مشاغل خالی پرداخته‌اند. طبق نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق آن‌ها، استفاده از داده‌های شبکه در سنجش مهارت، بهبود مستمری در دقت تطبیق کارجویان با مشاغل خالی ایجاد می‌کند. به‌طور مشابه، گویال و همکاران (۲۰۲۳) یک چارچوب جدیدی برای بهبود فرایند ایجاد شرح شغل با پیش‌بینی دقیق مهارت‌های از دست رفته از طریق استفاده از شبکه‌های عصبی گرافی (GNN) طراحی کرده‌اند. این چارچوب از روابط ساختاری در داده‌های شغلی، به‌ویژه ارتباطات بین مشاغل و مهارت‌ها استفاده می‌کند تا محدودیت‌های روش‌های موجود را که عمدتاً بر مدل‌سازی زمینه‌ای بدون در نظر گرفتن ساختارهای بین رابطه‌ای که بین مشاغل و مهارت‌ها وجود دارد و اغلب، فاقد مقیاس‌پذیری هستند، رسیدگی کند. راه‌حل ارائه شده در تحقیق آن‌ها، برای بهبود شرح وظایف با پیش‌بینی دقیق مهارت‌های از دست رفته است، کارایی و اثربخشی کلی فرایندهای استخدام آنلاین را افزایش داده است.

در مطالعۀ دیگری که گراهام و لو (۲۰۲۳) انجام داده‌اند، آگهی‌های شغلی امنیت سایبری تجزیه‌وتحلیل شده است و مهارت‌های مهم نرم‌افزاری که کارفرمایان به‌دنبال آن هستند، شناسایی شده است. آن‌ها از تحلیل شبکه معنایی به‌عنوان رویکرد روش‌شناختی خود برای بررسی محتوای آگهی‌های شغلی استفاده کرده‌اند. این تکنیک ارائه شده توسط آن‌ها

1. de Groot, Schutte & Graus
2. Liu, Zhang, Liu, Shi & Huang
3. Sosa
4. de Groot, Schutte & Graus
5. Social Network Analysis

امکان کاوش الگوها و روابط درون داده‌ها را فراهم می‌کند و بینش‌هایی را در مورد مهارت‌هایی ارائه می‌دهد که بیشترین ارزش را برای کارفرمایان دارند.

هوانگ و همکاران (۲۰۲۱) نیز به بررسی مهارت‌های قابل انتقال و مسیرهای شغلی قابل قبول برای کارکنان صنعت مهمان‌داری و گردشگری پرداخته و چشم‌اندازهای شغلی آینده و اهمیت بازآموزی برای کارگران با دستمزد پایین در صنعت مهمان‌داری را به بحث گذاشته‌اند. آن‌ها با استفاده از تحلیل شبکه، به مدل‌سازی روابط مهارتی بین صنعت مهمان‌داری و سایر صنایع مانند مراقبت‌های بهداشتی و فناوری اطلاعات پرداخته است. تجزیه‌وتحلیل آن‌ها شامل استفاده از داده‌های مختلفی است، از جمله داده‌ها از شبکه اطلاعات شغلی وزارت کار ایالات متحده (O*NET) است.

در مطالعهٔ دیگری جیا و همکاران (۲۰۱۸) با تمرکز بر شغل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، شبکه تحلیل ایجاد کردند که در آن ارتباطات بین مهارت‌ها و شغل‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، بینش خوبی برای ارتباطات بین مهارت و دانش ارائه می‌دهد؛ اما باید توجه شود که نتایج به‌طور خاص برای حوزهٔ هوش مصنوعی به‌دست آمده‌اند.

سان و همکاران (۲۰۲۱) رویکردی مبتنی بر داده برای ارزیابی ارزش مهارت‌های شغلی از منظر بازاریابی ارائه کرده‌اند. آن‌ها یک شبکه عصبی پیشرفته با ساختار همکارانه، به‌نام شبکهٔ ترکیب حقوق و مهارت (SSCN) طراحی کرده و از آن برای جداسازی مهارت‌های شغلی و اندازه‌گیری ارزش آن‌ها بر اساس آگهی‌های شغلی استفاده کرده‌اند. آزمایش‌های آن‌ها نشان می‌دهد که SSCN نه تنها می‌تواند ارزش معناداری به مهارت‌های شغلی اختصاص دهد، بلکه همچنین در پیش‌بینی حقوق شغلی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های مرجع دارد.

خو و همکاران (۲۰۱۸)، رویکردی مبتنی بر داده برای اندازه‌گیری محبوبیت مهارت‌های شغلی در بازار استخدام ارائه کرده‌اند. بدین منظور، یک شبکه مهارت شغلی را با بررسی یک مجموعهٔ بزرگ از آگهی‌های استخدام ساختند و طبق آن، آزمایش‌های گسترده‌ای روی داده‌های واقعی استخدام تأیید کارایی، برای اندازه‌گیری محبوبیت مهارت‌های شغلی ارائه کردند. به‌علاوه، آن‌ها برخی از قوانین جالب را فاش کردند، مانند مهارت‌های شغلی محبوب که به استخدام با درآمد بالا منجر می‌شوند.

خواجه و همکاران (۲۰۱۹) بر خلاف تلاش‌های قبلی که روی طبقه‌بندی مهارت‌های سخت تمرکز داشتند، روشی جدید معرفی کرده‌اند که برای ساخت یک طبقه‌بندی از مهارت‌های نرم استخراج شده از آگهی‌های شغلی طراحی شده است. روش ارائه شده توسط آن‌ها برای ایجاد طبقه‌بندی‌های مهارت‌های نرم به زبان انگلیسی و فرانسوی استفاده می‌شود.

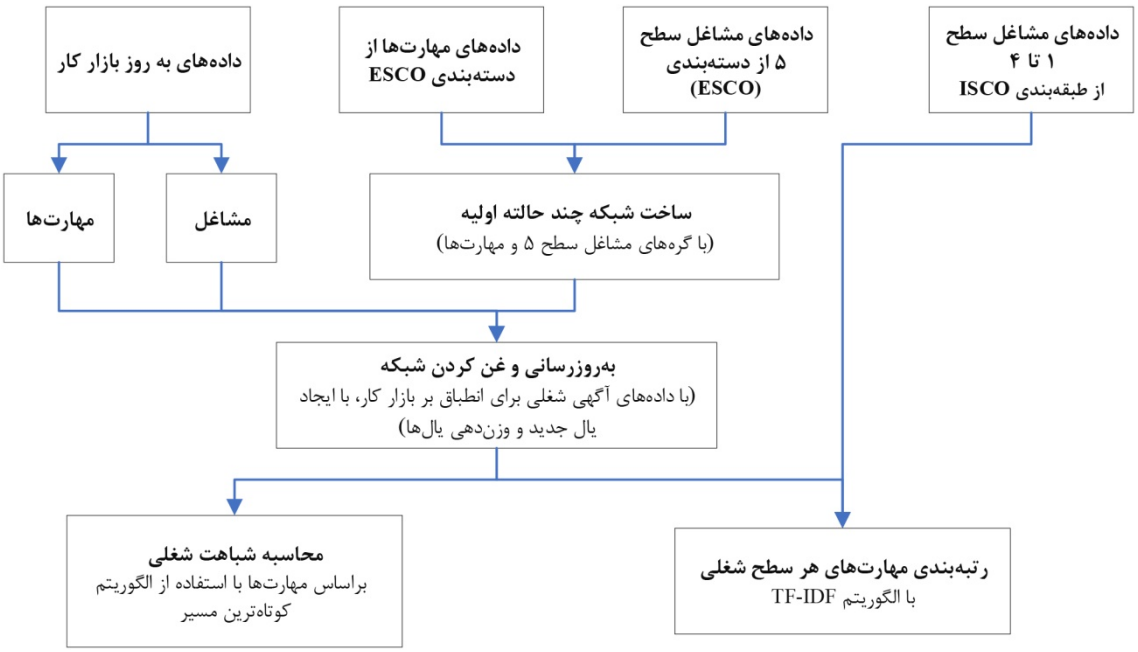
جیابلی، مالاندری، مرکوریو، مزانزانیکا و سوسو[1] (۲۰۲۱) نیز سیستم توصیه‌کننده‌ای مبتنی بر تحلیل شبکه پیشنهاد کرده‌اند که با دریافت مجموعه‌ای از مهارت‌های کاربران، مناسب‌ترین مشاغل را برای آن‌ها شناسایی می‌کند. شایان ذکر است که نتایج این پژوهش، صرفاً مبتنی بر داده‌های سه کشور انگلیس، آلمان و فرانسه است و طبق توصیه نویسندگان، نیاز است که مطالعه آن‌ها در سایر کشورها نیز بررسی شود.

1. Giabelli, Malandri, Mercorio, Mezzanzanica & Seveso

همان‌طور که ملاحظه می‌شود با وجود پیشرفت‌های صورت گرفته، هنوز چالش‌های زیادی در این حوزه باقی مانده است. اکثر مطالعاتی که تاکنون انجام شده‌اند، به تحلیل‌های شبکه‌های تک بُعدی محدود شده‌اند. مدل‌سازی چند حالته که از ترکیب داده‌های مختلف برای فراهم آوردن یک چشم‌انداز جامع‌تر استفاده می‌کند، می‌تواند دیدگاه‌های نوینی را در این زمینه ارائه دهد. علاوه‌براین، نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات موجود، همگی برای داده‌های خارج از ایران هستند و نیاز است تا برای به‌کارگیری در هر کشوری، مطالعات متناسب با داده‌های داخلی آن کشور انجام شود. متأسفانه، تاکنون پژوهش مشابهی در داخل ایران در این زمینه صورت نگرفته است. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از داده‌های بزرگ و تکنیک‌های پیشرفته تحلیل شبکه چندحالته، مدلی نوآورانه را برای بررسی این ارتباطات و پیش‌بینی تحولات آینده بازار کار ارائه داده است.

روش‌شناسی پژوهش

شکل ۱ مراحلی را نشان می‌دهد که در این پژوهش برای رسم شبکه پیشنهادی طی شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، ابتدا داده‌های مربوط به مشاغلی سطح ۱ تا ۴ را از طبقه‌بندی ISCO و داده‌های مشاغل سطح ۵ را از دسته‌بندی ESCO دریافت می‌کنیم. علاوه‌بر مشاغل، مهارت‌هایی را که به‌خوبی درESCO تعریف شده‌اند، جمع‌آوری می‌کنیم. با کمک داده‌های جمع‌آوری شده، شبکه اولیه را رسم می‌کنیم. در شبکهٔ اولیه، داده‌های مرتبط با هر شغل و مهارت‌های مربوطه، به‌صورت یک ساختار گرافیکی معنایی ترسیم می‌شوند. سپس برای اطمینان از اینکه شبکه ایجاد شده با نیازهای روز بازار منطبق است یا خیر، داده‌های آگهی‌های شغلی را از یک سایت کاریابی داخلی گردآوری و به کمک آن‌ها شبکه را به‌روزرسانی می‌کنیم.

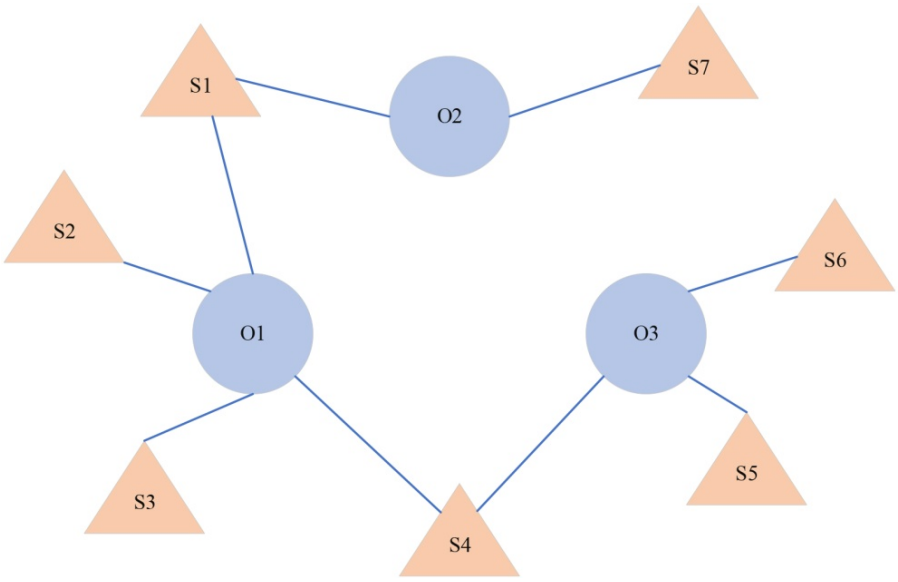


شکل ۱. مراحل انجام شده برای طراحی و اجرای شبکه

با استفاده از شبکهٔ نهایی به‌دست آمده، رتبه‌بندی مهارت‌های همهٔ ۵ سطوح شغلی انجام می‌شود و مهم‌ترین مهارت‌ها برای هر گروه شغلی شناسایی می‌شوند. علاوه‌برآن، شباهت‌های شغلی محاسبه می‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های یافتن کوتاه‌ترین مسیر، پیدا کردن بهترین مسیر شغلی برای هر فرد به‌راحتی محاسبه خواهد شد. در نتیجهٔ این فرایند، شبکهٔ پیچیده و کامل حاصل می‌شود که قادر است اطلاعات مفیدی دربارهٔ تطبیق مهارت‌ها و فرصت‌های شغلی ارائه دهد و به کارجویان کمک کند تا فرصت‌های شغلی متناسب با مهارت‌های خود را پیدا و ارزیابی کنند.

ساختار شبکه

شبکهٔ پیشنهادی این پژوهش از نوع چندحالته است و دو نوع گره «مشاغل» و «مهارت‌ها» را شامل می‌شود. شبکه‌های چندحالته با تحلیل داده‌هایی که ابعاد مختلف یک مسئله را پوشش می‌دهند، می‌توانند پایهٔ قوی‌تری برای تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و عملیاتی فراهم آورند. منطق یال‌دهی در این شبکه، به این صورت است که اگر هر شغلی، مهارت خاصی را ذکر کرده باشد، بین آن شغل و مهارت یک یال برقرار می‌شود. نمونهٔ ساده‌ای از این شبکه در شکل ۲ نشان داده شده است. این شبکه بدون جهت است و در وهلهٔ اول یال‌های آن، وزن‌دار نیستند. در مرحلهٔ بعد با بهره‌گیری از داده‌های بازار کار، یال‌ها را وزن‌دهی می‌کنیم که توضیحات آن در بخش‌های بعدی ارائه شده است. تعداد گره‌های مهارت این شبکه برابر تعداد مهارت‌های احصا شده از ESCO، یعنی ۱۳۸۹۰ گره است. گره‌های مربوط به مشاغل این شبکه نیز، مساوی تعداد مشاغل سطح پنجم ISCO، یعنی ۲۹۴۲ گره است.



شکل ۲. نمونه‌ای از نحوهٔ اتصالات گره‌های شبکه

(گره‌های آبی نشان‌دهنده مشاغل، گره‌های نارنجی بیانگر مهارت‌ها)

سازمان بین‌المللی کار (ILO)[1] برای طبقه‌بندی مشاغل، استانداردی به‌نام ISCO[2] معرفی کرده است که مأموریت

1. International Labour Organization
2. International Standard Classification of Occupations (ISCO)

اصلی آن، شناسایی و دسته‌بندی حرفه‌ها و مشاغل در سطح جهانی است. این سیستم بستری را مهیا می‌سازد که از طریق آن می‌توان مشاغل را بر پایه مجموعه معینی از وظایف و مسئولیت‌ها دسته‌بندی کرد و از این طریق، مقایسه‌های مفهومی بین مشاغل در سرتاسر جهان را امکان‌پذیر می‌سازد. ISCO شامل تقسیم‌بندی مشاغل به چهار سطح مختلف با دقت‌های متفاوت است و در ۱۰ دسته اصلی عرضه می‌شود. این دسته‌بندی‌ها شامل گروه اصلی با کد یک رقمی (مشتمل بر ۱۰ دسته)، زیرگروه اصلی با کد دو رقمی (شامل ۴۳ دسته)، گروه فرعی با کد سه رقمی (متشکل از ۱۳۰ دسته) و گروه واحد با کد چهار رقمی (شامل ۴۳۶ دسته) می‌شود. برای مثال شغل «مدیر تأمین و توزیع» با کد ISCO سطح ۴: ۱۳۲۴ تعریف شده است. این شغل متعلق به گروه سطح ۳ «مدیران تولید، معدن، ساخت و ساز و توزیع» با کد ISCO برابر با ۱۳۲ است که متعلق به گروه سطح ۲ «مدیران تولید و خدمات تخصصی» با کد ISCO برابر با ۱۳ است که در نهایت در گروه سطح ۱ «مدیران» با کد ISCO برابر با ۱ قرار دارد. ده گروه اصلی ISCO به همراه یک نمونه از زیرگروه‌ها، در شکل ۳ نشان داده شده است. تعداد زیر مجموعه‌های هر یک این گروه‌های اصلی به شرح ذیل است:

۱. گروه اول با عنوان «مدیران»[1]، از ۴ زیرگروه اصلی، ۱۱ گروه فرعی و ۳۱ گروه واحد تشکیل شده است.
۲. گروه دوم با عنوان «متخصصان»[2]، از ۶ زیرگروه اصلی، ۲۷ گروه فرعی و ۹۲ گروه واحد تشکیل شده است.
۳. گروه سوم با عنوان «تکنیسین‌ها و کمک متخصصان»[3]، از ۵ زیرگروه اصلی، ۲۰ گروه فرعی و ۸۴ گروه واحد تشکیل شده است.
۴. گروه چهارم با عنوان «کارکنان پشتیبانی دفتری»[4]، از ۴ زیرگروه اصلی، ۸ گروه فرعی و ۲۹ گروه واحد تشکیل شده است.
۵. گروه پنجم با عنوان « کارکنان ارائه خدمات و فروشندگان»[5]، از ۴ زیرگروه اصلی، ۱۳ گروه فرعی و ۴۰ گروه واحد تشکیل شده است.
۶. گروه ششم با عنوان «کارکنان کشاورزی و جنگل‌داری و شیلات»[6]، از ۳ زیرگروه اصلی، ۹ گروه فرعی و ۱۸ گروه واحد تشکیل شده است.
۷. گروه هفتم با عنوان «کارکنان صنعتی، تولیدی و ساختمانی»[7]، از ۵ زیرگروه اصلی، ۱۴ گروه فرعی و ۶۶ گروه واحد تشکیل شده است.
۸. گروه هشتم با عنوان «اپراتورها و مونتاژکنندگان ماشین‌آلات و تجهیزات»[8]، از ۳ زیرگروه اصلی، ۱۴ گروه فرعی و ۴۰ گروه واحد تشکیل شده است.

1. Managers
2. Professionals
3. Technicians and Associate Professionals
4. Clerical support workers
5. Service and sales workers
6. Skilled agricultural, forestry and fishery workers
7. Craft and related trades workers
8. Plant and machine operators, and assemblers

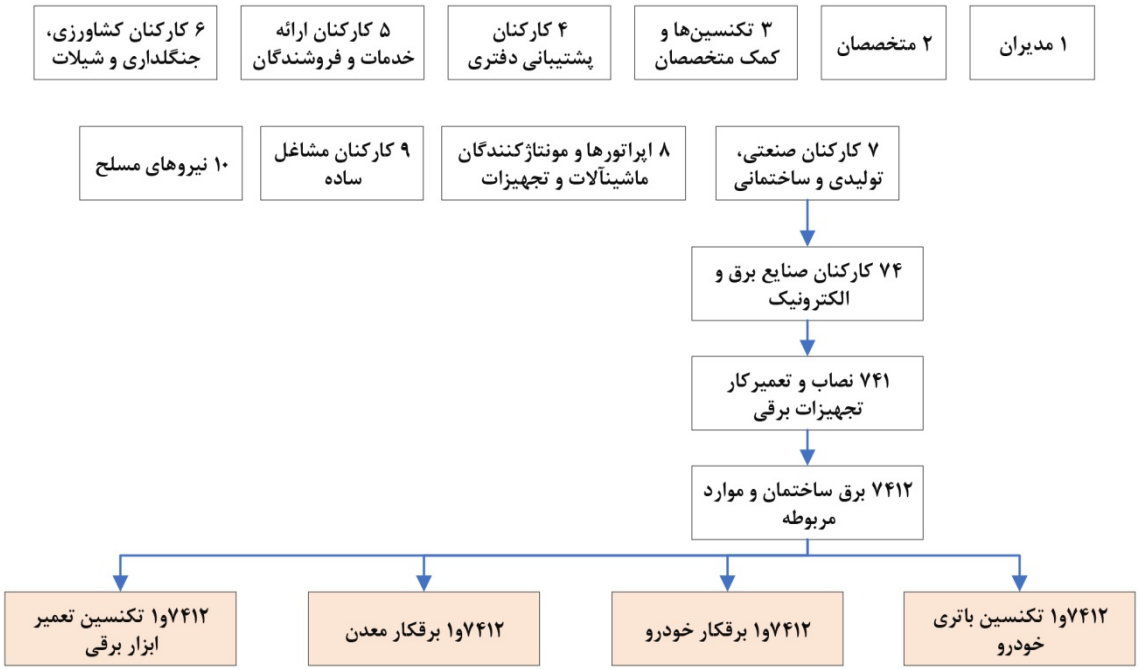
۹. گروه نهم با عنوان «کارکنان مشاغل ساده»[1]، از ۶ زیرگروه اصلی، ۱۱ گروه فرعی و ۳۳ گروه واحد تشکیل شده است.

۱۰. در نهایت، گروه دهم با عنوان «نیروهای مسلح»، از ۳ زیرگروه اصلی، ۳ گروه فرعی و ۳ گروه واحد تشکیل شده است.

در مجموع، گروه‌های مختلف مشاغل در ISCO به ۱۰ گروه اصلی، ۴۳ زیرگروه اصلی، ۱۳۰ گروه فرعی و ۴۳۶ گروه واحد تقسیم‌بندی می‌شوند.

برای شناسایی مهارت‌ها و استخراج داده‌های گروه‌های شغلی سطح پنج، از طبقه‌بندی استاندارد (ESCO) استفاده می‌کنیم. ESCO که برگرفته از سرواژه‌های «طبقه‌بندی مهارت‌ها، دانش‌ها، صلاحیت‌ها و مشاغل»[2] است، به‌عنوان یک مجموعه جامع و گسترده‌ای شناخته می‌شود که به‌دلیل ابعاد بین‌المللی، انعطاف‌پذیری و مشارکت گسترده در فرایند توسعه‌اش، به‌عنوان یکی از برترین برنامه‌های سازمان‌دهی حوزهٔ آموزشی و شغلی در سراسر جهان به شمار می‌آید. در تعریف ESCO، مهارت به‌معنای «قابلیت استفاده از دانش و تجربه برای انجام وظایف و حل چالش‌ها» است و تا به امروز، ۱۳۸۹۰ مهارت را با ۳۰۰۷ شغل مرتبط ساخته است.

بنابراین، مشاغل سطح ۱ تا ۴ توسط طبقه‌بندی ISCO و مشاغل سطح ۵ توسط دسته‌بندی ESCO ارائه شده‌اند و یک ساختار سلسله مراتبی بین آن‌ها برقرار است.



شکل ۳. ساختار پنج سطحی مشاغل

1. Elementary occupations
2. European Classification of Skills, Competences, Qualifications and Occupations

در شکل ۳ نمونه‌ای از این ارتباط سلسله‌مراتبی پنج سطح مشاغل که «ساختار ستون مشاغل»[1] معروف است، نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، سطح‌های یک تا چهار مربوط به مشاغل ISCO است و سطح پنجم که با رنگ نارنجی نشان داده شده از ESCO گرفته شده است.

ارتباط بین ESCO و ISCO به‌صورت سلسله مراتبی تک والدی است. به این صورت که یک گروهISCO (سطح ۴) می‌تواند به چندین شغل ESCO وصل شوند؛ اما برعکس آن صحیح نیست و هر شغل سطح پنجم به یک و فقط یک شغل سطح چهارم متصل است.

به‌روزرسانی و غنی‌کردن شبکه

پس از ایجاد شبکه اولیه که به‌صورت چند حالته رسم شده و از دو نوع گره، یعنی مشاغل و مهارت‌های ایجاد شده است، داده‌های به‌روز بازار کار را نیز به شبکه اضافه می‌کنیم. هدف از انجام این کار این است که مطمئن شویم شبکهٔ ما شبکهٔ به‌روزی است و اطلاعات آن، وضعیت فعلی بازار کار را نیز منعکس می‌کند. بدین منظور از داده‌های آگهی‌های شغلی یک سایت کاریابی داخلی بهره بردیم و تعداد ۱۰,۰۰۰ آگهی شغلی را استخراج کردیم. قبل شروع کار، پیش پردازش داده را انجام دادیم و آگهی‌هایی را که چندین شغل ارائه می‌کردند یا آگهی‌های شغلی‌ای را که تعداد جمله کمی داشتند، حذف کردیم. همچنین با توجه به اینکه گاهی یک شغل با چند عنوان مختلف مطرح شده بود، بررسی جامعی روی عناوین شغلی انجام دادیم و موارد مشابه را یکسان‌سازی کردیم.

حال، از هر آگهی شغلی به‌دست‌آمده، نوع شغل و مهارت‌های مورد نیاز آن را استخراج می‌کنیم؛ بدین صورت که اگر به ازای مشاغل و مهارت‌های مربوطه که در آگهی آمده‌اند، یالی درج نشده باشد، یال مدنظر بین آن دو گره را به شبکه اضافه می‌کنیم.

برای وزن‌دهی به یال‌ها، از قاعده «هم‌رخدادی»[2] مشاغل و مهارت‌ها استفاده می‌کنیم؛ به این معنا که هر بار یک شغل و یک مهارت در یک آگهی با یکدیگر ظاهر می‌شوند، یک رخداد هم‌زمانی به ثبت می‌رسد که به‌معنای برقراری ارتباط مستقیم بین آن مهارت و شغل در شبکه است و به ازای آن، وزن یال به آن‌ها یک واحد افزایش پیدا می‌کند. از این رو هرچه تعداد هم‌رخدادی شغل‌ها و مهارت‌ها بیشتر باشد، وزن یال بین آن‌ها بیشتر خواهد شد.

در این تحقیق برای استخراج مهارت‌ها از آگهی‌های شغلی، از ابزار پردازش متن فارسی به‌نام «پارسی‌وار» بهره گرفته شده است. پاسی‌وار نوعی ابزار پردازش متن مخصوص زبان فارسی است که امکانات متنوعی شامل نرمال‌سازی متن، تقطیع کلمات و جملات، استخراج ریشهٔ کلمات، برچسب‌گذاری اجزای گفتار و تجزیهٔ سطحی متن را ارائه می‌دهد. این ابزار برای هر آگهی شغلی، یک شیء با یک شناسهٔ منحصربه‌فرد ایجاد می‌کند که به‌عنوان «شناسهٔ مهارت» شناخته می‌شود. همچنین، امتیاز اطمینانی را که نشان‌دهندهٔ احتمال صحت استخراج مهارت مربوط به آگهی است، برای هر شیء تعیین می‌کند.

1. The structure of the occupations pillar
2. Co-occurrence

در مرحله بعدی، مهارت‌های استخراج شده توسط پارسی‌وار با گره‌های مهارت موجود در شبکهٔ ما تطبیق داده می‌شوند. این تطبیق به‌منظور مشخص کردن میزان شباهت میان مهارت‌های استخراج شده و معادل آن‌ها در ساختار ESCO انجام می‌شود. برای این منظور، از معیار شباهت ژاکارد استفاده می‌شود که از تقسیم تعداد کلمات مشترک بین دو مهارت، بر تعداد کل کلمات یکتای موجود در هر دو مهارت، برای اندازه‌گیری شباهت استفاده می‌کند. این روش به ما امکان می‌دهد تا میزان تطابق و شباهت مهارت‌ها را با دقت بسنجیم. فرمول معیار ژاکارد به‌صورت رابطه ۱ است:

$$J(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad \text{رابطه ۱)}$$

که در آن، $J(A,B)$: معیار شباهت ژاکارد بین دو مجموعه؛ $A \cap B$: تعداد عناصر مشترک دو مجموعه و $A \cup B$: تعداد کل عناصر دو مجموعه است.

مقدار معیار ژاکارد بین ۰ و ۱ قرار دارد. اگر معیار ۰ باشد، نشان‌دهندهٔ عدم تطابق است؛ یعنی شباهتی میان دو مجموعه وجود ندارد. اگر معیار برابر با ۱ باشد، به‌معنای تطابق کامل و شباهت کامل میان دو مجموعه است. در مورد تطبیق مهارت‌ها، این معیار به ما امکان می‌دهد تا میزان تطابق مهارت‌های استخراج شده با مهارت‌های معادل در ساختار ESCO را اندازه‌گیری کنیم. هرچه مقدار معیار ژاکارد نزدیک به ۱ باشد، از تطابق بیشتر میان مهارت‌ها حکایت می‌کند. انتخاب آستانهٔ معیار ژاکارد برای تطبیق مهارت‌ها، به میزان دقت و انعطاف در تطبیق بستگی دارد. معمولاً آستانهٔ معیار ژاکارد بین ۰/۵ تا ۰/۷ انتخاب می‌شود. انتخاب آستانهٔ بزرگ‌تر از ۰/۷ به تطابق‌های دقیق‌تر و محدودتری منجر می‌شود، در حالی که انتخاب آستانه کمتر از ۰/۵ به تطابق‌های بیشتر و انعطاف بیشتر در تطبیق منجر می‌شود. در این تحقیق با این فرض که اگر دوسوم داده‌ها شباهت داشته باشند، کفایت می‌کند، آستانه شباهت ژاکارد را ۰/۶۶ در نظر گرفتیم.

یافته‌های پژوهش

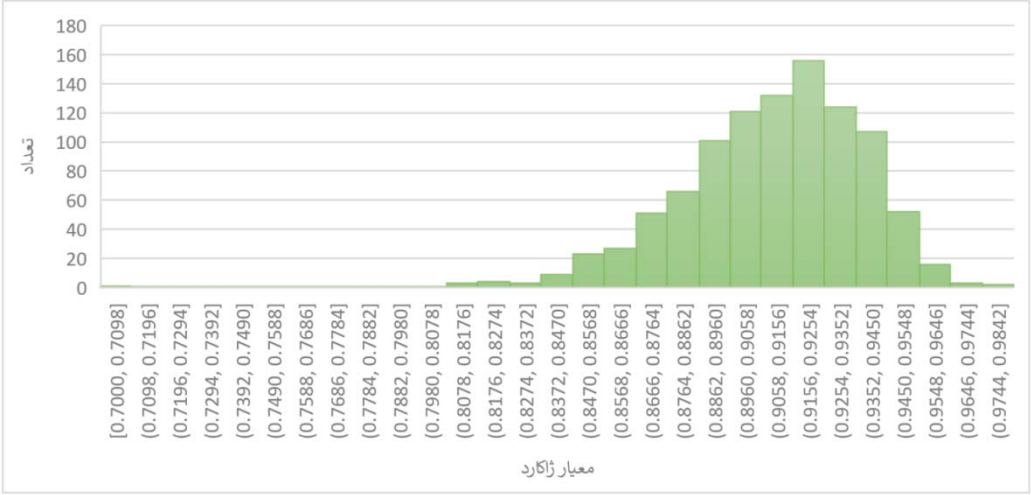
در بخش قبل دربارهٔ نحوهٔ جمع‌آوری داده و ساختار شبکه توضیح داده شد. در این بخش یافته‌های پژوهش را که حاصل اعمال الگوریتم‌های تحلیل شبکه روی داده‌های به‌دست آمده است، تشریح می‌کنیم.

همان‌طور که توضیح داده شد یکی از کاربردهای شبکهٔ مشاغل و مهارت‌های رسم شده، یافتن کارآمدترین جابه‌جایی‌های شغلی است. شغل‌هایی که بسیار شبیه یکدیگر باشند، جابه‌جایی کارآمدتری خواهند داشت. معیار محاسبهٔ فاصلهٔ دو شغل، مهارت‌هایی است که برای آن شغل‌ها مورد نیاز است. اگر مهارت‌های مورد نیاز برای یکی از شغل‌ها، تفاوت زیادی با دیگری داشته باشد، این فاصله بیشتر خواهد شد. بنابراین، شغل‌هایی که مهارت‌های مشترک زیادی داشته باشند، جابه‌جایی بین آن‌ها راحت‌تر خواهد بود. از این رو، برای محاسبهٔ فاصلهٔ شغل‌ها از یکدیگر و همچنین، فاصلهٔ مهارت‌ها از هم، از معیار ژاکارد استفاده کردیم. برای محاسبهٔ فاصلهٔ شغل‌ها از یکدیگر، ماتریسی از مهارت‌ها و مشاغل تهیه کردیم که در آن‌ها سطرها نشان‌دهندهٔ مشاغل و ستون‌ها نشان‌دهندهٔ مهارت‌هاست. فاصله‌های ژاکارد بین شغل‌ها را با محاسبهٔ هم‌پوشانی بین دو مجموعه مهارت آن‌ها، به‌دست آوردیم. در خصوص فاصلهٔ بین مهارت‌ها نیز مجدد ماتریسی تهیه کردیم که در آن سطرها نشان‌دهندهٔ مهارت‌ها و ستون نشان‌دهندهٔ مشاغل است و هرچه دو مهارت برای شغل‌های یکسانی لازم باشند، فاصلهٔ بین آن‌ها کمتر خواهد بود.

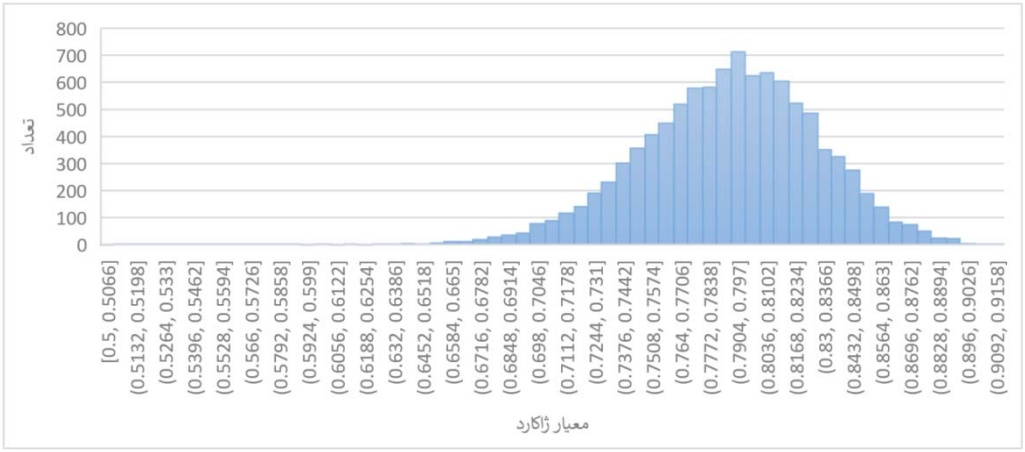
در شبکه ایجاد شده در این تحقیق، از مجموع یال‌های موجود در شبکه، تعداد ۸۳/۲ درصد یال‌ها بین مهارت‌ها و ۱۶/۸ درصد آن‌ها بین مشاغل است.

در شکل ۴، نمودار توزیع فاصلهٔ ژاکارد بین مشاغل و در شکل ۵، نمودار توزیع ژاکارد بین مهارت‌ها نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود، میانگین فاصلهٔ شغل‌ها ۰/۹۱ و میانگین فاصلهٔ مهارت‌ها ۰/۷۹ است. از آنجایی که هرچه معیار ژاکارد نزدیک‌تر به ۱ باشد، نشان‌دهندهٔ تشابه بیشتر و اختلاف کمتر است، می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور متوسط، مهارت‌ها نسبت به شغل‌ها، به‌هم شبیه‌ترند. در هر دو توزیع منحنی به‌سمت راست خمیده شده است و بنابراین چولگی به چپ دارند؛ به این معنا که میانگین (میانگین مشاهدات) در سمت چپ مد است.

حداقل فاصلهٔ دو شغل با هم برابر صفر است. در واقع وقتی که دو شغل دقیقاً مهارت‌های یکسانی داشته باشند، فاصلهٔ بین آن‌ها صفر خواهد بود. حداقل فاصلهٔ دو مهارت با هم نیز برابر صفر خواهد بود. این اتفاق زمانی می‌افتد که دو مهارت دقیقاً برای شغل‌های یکسانی مورد نیاز باشد. حداکثر فاصلهٔ دو شغل و دو مهارت نیز برابر ۱ است؛ به این معنا که آن‌ها هیچ اشتراکی با هم نداشته‌اند. یعنی دو شغلی که دارای فاصله ۱ و معیار ژاکارد ۰ هستند.



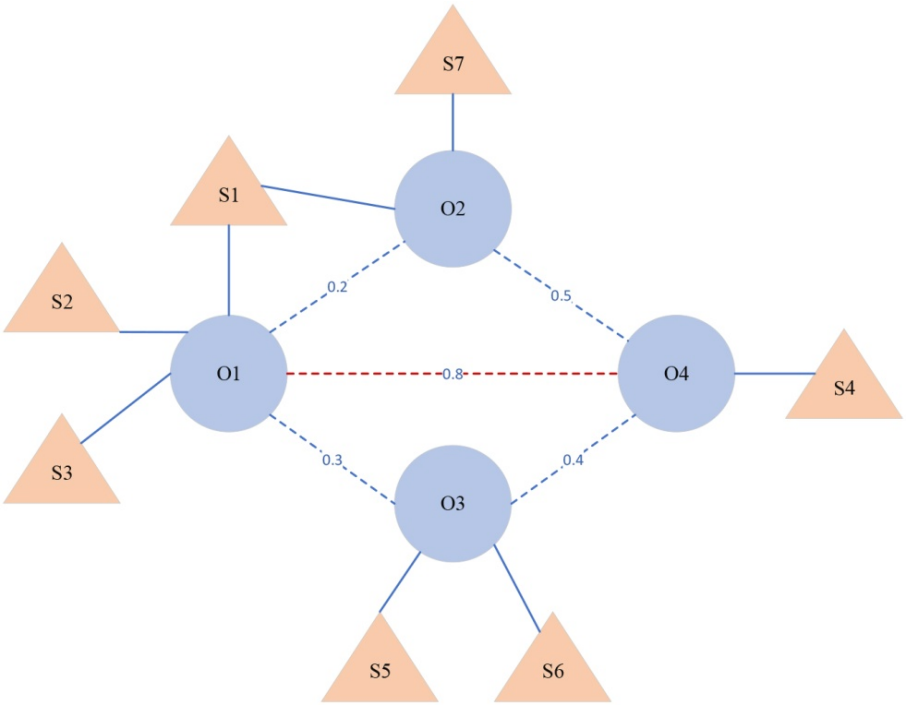
شکل ٤. نمودار توزیع معیار ژاکارد برای فاصلهٔ مشاغل



شکل ٥. نمودار توزیع معیار ژاکارد برای فاصلهٔ مهارت‌ها

همان‌طور که توضیح دادیم با استفاده از معیار ژاکارد، یال‌های شبکه را وزن‌دهی کردیم. حال که یال‌ها وزن‌دار شده‌اند، محاسبه فاصله بین گره‌ها در شبکه از دقت بالاتری برخوردار خواهد بود. بدین منظور فاصله بین دو شغل را محاسبه و به کمک آن، کارآمدترین جابه‌جایی بین هر جفت از شغل‌ها را شناسایی می‌کنیم.

نمونه‌ای از این جابه‌جایی در شکل ۶ نشان داده شده است. در اینجا حداکثر فاصله ممکن را در ۰/۷ تعیین شده است. این حد تعیین شده بر اساس مقایسه و بررسی نقاط برش مختلف، به‌عنوان بهینه شناخته شده است؛ یعنی اگر دو شغل فاصلهٔ بیشتر از ۰/۷ داشته باشند، آن‌ها را شبیه هم در نظر می‌گیریم. در مثال دیگر (شکل ۸)، اگر از گرهٔ O1 (شغل اول) شروع کنیم و بخواهیم به گره O4 (شغل دوم) برویم، نمی‌توانیم به‌طور مستقیم حرکت کنیم؛ زیرا اندازهٔ فاصلهٔ آن‌ها ۰/۹ و از اندازهٔ آستانهٔ تعیین شده (۰/۷) بیشتر است.



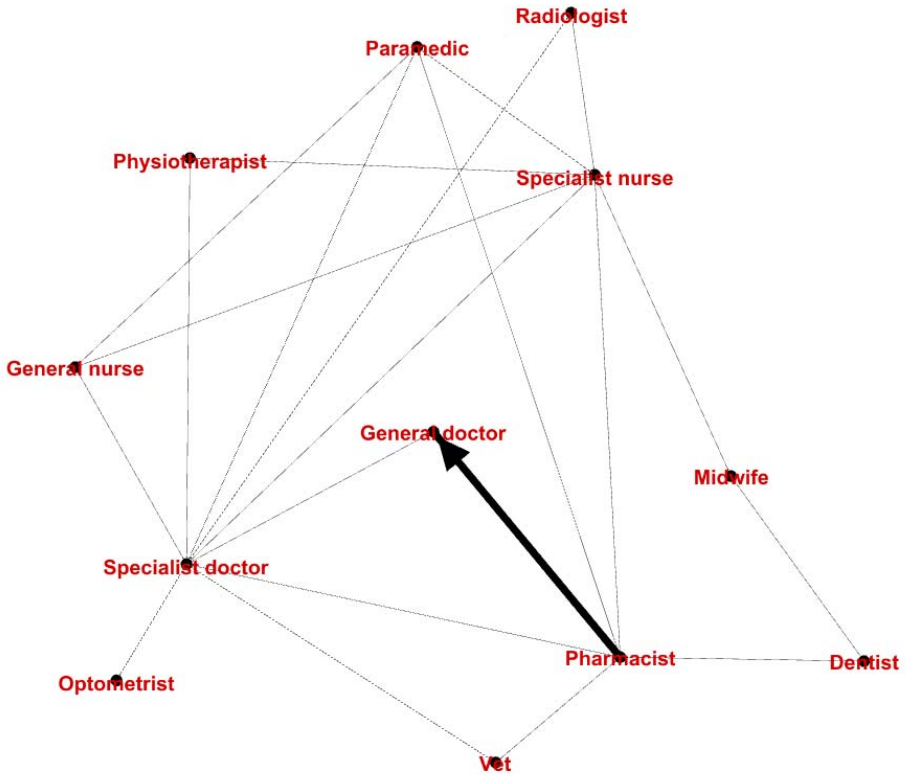
شکل ٦. محاسبه شباهت گره‌های شغلی با الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر

یافتن کارآمدترین مسیر در یک شبکه وزن‌دار بدون جهت، با استفاده از الگوریتم‌های کوتاه‌ترین مسیر[1] انجام می‌شود. در این مقاله، به‌دلیل سرعت ثابت شده و دسترسی گسترده به پیاده‌سازی‌های الگوریتم دایجسترا[2] (۲۰۲۲) از این الگوریتم برای محاسبه کوتاه‌ترین مسیر در شبکه استفاده شده است. الگوریتم دایجسترا از یک مجموعه از گره‌ها شروع می‌کند که در ابتدا فقط شامل گره مبدأ است. در هر مرحله، این الگوریتم به‌دنبال کوتاه‌ترین مسیر از گره مبدأ به یک گره‌ای است که هنوز به آن دست نیافته است. این کار از طریق مقایسه کل مسافت‌های محاسبه شده تاکنون برای هر

1. Shortest Path Algorithms
2. Dijkstra

گره و انتخاب کوتاه‌ترین مسیر انجام می‌شود. پس از پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر برای هر گره، گره بعدی به مجموعه گره‌های پردازش شده اضافه می‌شود و این روند تا پردازش تمام گره‌ها ادامه دارد. از این رو، بر اساس الگوریتم دایجسترا، کوتاه‌ترین مسیر مجاز بین O1 و O4 در شکل ۸، از طریق گره O2 است.

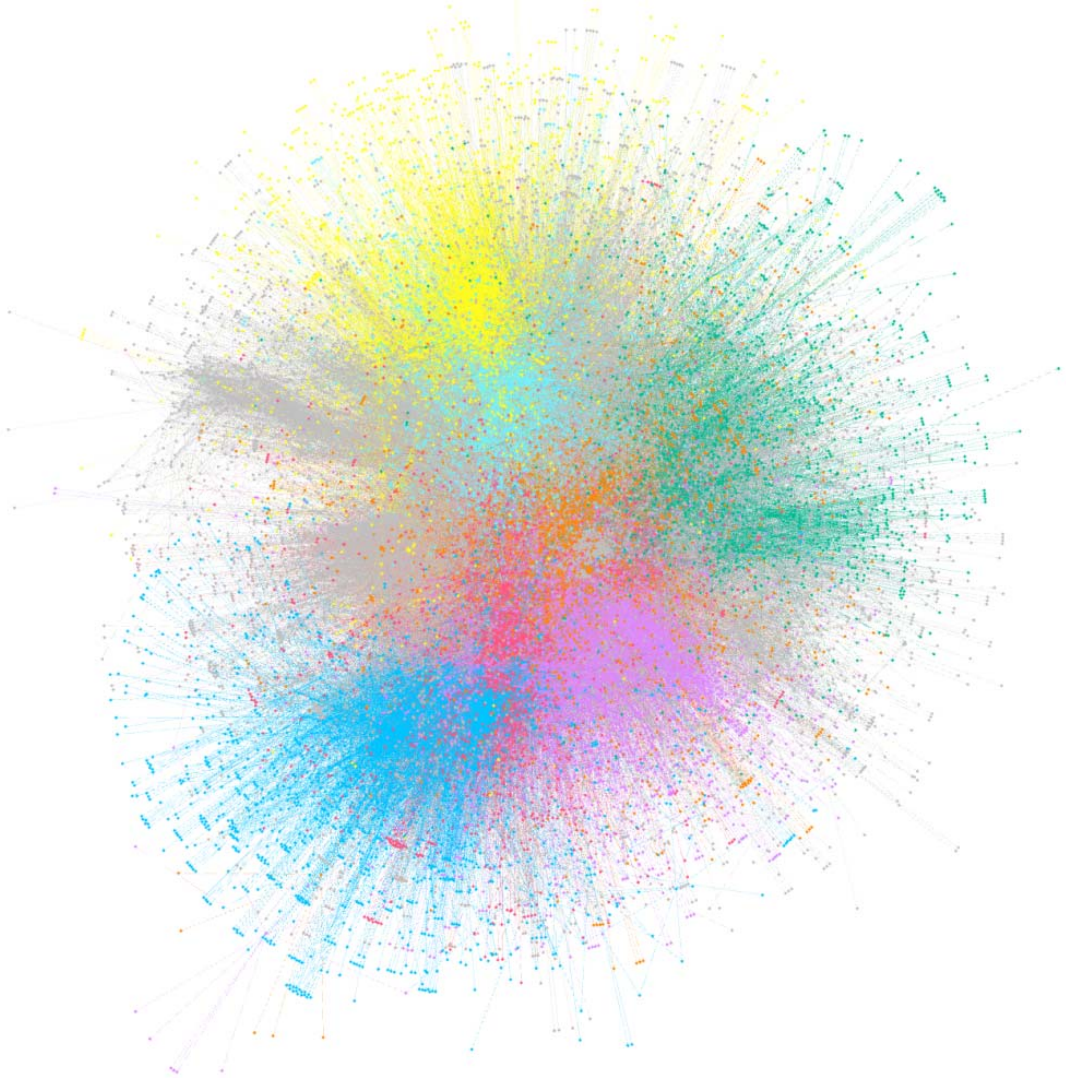
در شکل ۷، نمونه واقعی از کوتاه‌ترین مسیر شبکه مورد بررسی نشان داده شده است. همان طور که در شکل ملاحظه می‌شود، اگر گره داروساز را به‌عنوان مبدأ در نظر بگیریم و الگوریتم دایجسترا را برای محاسبهٔ کوتاه‌ترین مسیر استفاده کنیم، گره پزشک عمومی به‌عنوان شبیه‌ترین گره یافت می‌شود. بنابراین اگر کسی که شغل داروسازی دارد و بخواهد شغل دیگری را که مهارت‌های مشابهی با شغل فعلی خودش دارد، انتخاب کند، بهترین گزینه برای او شغل پزشک عمومی است. شمای کلی شبکه به‌دست آمده نیز در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۷. نمونه‌ای از کوتاه‌ترین مسیر بین شغل‌ها

یکی دیگر از کاربردهایی که در شبکه پیشنهادی این تحقیق، مورد بررسی قرار می‌دهیم، موضوع رتبه‌بندی مهارت‌ها و شناسایی مرتبط‌ترین مهارت‌های هر گروه شغلی است. با استفاده از شبکه، ابتدا رتبه‌بندی مهارت‌ها را برای گروه شغلی سطح چهار تعیین می‌کنیم و بر اساس آن، رتبه‌بندی برای سایر گروه‌ها را نیز انجام می‌دهیم. برای مشاغل سطح چهارم چالشی که در پیدا کردن مرتبط‌ترین مهارت‌ها داشتیم این بود که اگر صرفاً تعداد تکرار یک مهارت را مبنای

اهمیت آن در نظر بگیریم، ممکن است مهارت‌های عمومی و مشترکی که برای اکثر شغل‌ها مورد نیاز هستند، به‌عنوان مهارت‌های مهم شناسایی شوند (برای مثال کار گروهی)؛ در حالی که ما به‌دنبال یافتن مهم‌ترین مهارت‌های تخصصی هر شغل هستیم.



شکل ۸. نمونه‌ای از کوتاه‌ترین مسیر بین شغل‌ها

در این تحقیق برای اینکه بتوانیم مهارت‌های عمومی و تخصصی را شناسایی کنیم، از معیار وزن‌دهی «فراوانی اصطلاح ـ معکوس فراوانی متن»[1] که به اختصار (TF-IDF) نامیده می‌شود، استفاده کردیم. از روش TF-IDF برای ارزیابی اهمیت یک کلمه در متن استفاده و بر اساس دو مفهوم کلیدی تعریف می‌شود:

۱. فراوانی کلمه: تعداد دفعاتی که یک کلمه در یک متن خاص ظاهر می‌شود.

۲. معکوس فراوانی در متون: معکوس تعداد دفعاتی که کلمه در مجموعه متون دیده شود.

بنابراین، TF-IDF یک کلمه را در یک متن خاص، بر اساس فراوانی آن کلمه در همان متن و نادر بودن آن در کل

1. Term Frequency–Inverse Document Frequency

مجموعه متون ارزیابی می‌کند. به‌طور کلی از TF-IDF برای اختصاص وزن به کلمات در مجموعه‌ای از متون استفاده می‌شود. زمانی یک کلمه مهم‌تر در نظر گرفته می‌شود که (i) به‌طور مکرر در متن مشاهده شود؛ اما (ii) به‌طور مکرر در متون مختلف در مجموعه دیده نشود (رابطه ۲).

$$IDF(t,d) = \log\left(\frac{N}{df_t + 1}\right)$$ رابطه ۲)

$$TF - IDF(t,d) = tf_{t,d} \times IDF(t,d)$$

که در آن، $tf_{t,d}$ نشان‌دهندهٔ فراوانی کلمهٔ t در d است؛ df_t نیز تعداد متونی است که t را در بردارند و N نشان‌دهندهٔ تعداد کل متون در مجموعه است. در این تحقیق، الگوی وزن‌دهی TF-IDF را از «اصطلاحات در متون» به «مهارت‌های مرتبط با مشاغل» انتقال می‌دهیم.

TF-IDF از دو قسمت تشکیل شده است:

- TF فرکانس یک کلمه (مهارت) استفاده شده در یک متن (شغل)
- IDF: معکوس فراوانی یک کلمه (مهارت) در تعدادی از متون (شغل‌ها)

بنابراین، کلمات (مهارت‌های) پُرکاربرد، نمره IDF پایین‌تری خواهند داشت. برای مدل مبتنی بر TF-IDF، «مهارت‌های شناسایی شده در آگهی‌های شغلی» را به‌عنوان «کلمه» در نظر می‌گیریم و «مجموعه‌ای از آگهی‌های شغلی متعلق به یک گروه ISCO» را به‌عنوان «متون» مدل‌سازی می‌کنیم. تعداد مهارت‌ها (فراوانی کلمه را مدل می‌کنند)، مربوط به تعداد دفعاتی است که یک مهارت در یک آگهی شغلی مرتبط با کدISCO مشخص پیدا می‌شود. در شکل ۹ مهارت‌های برتر گروه‌های اصلی شغلی نشان داده شده است.

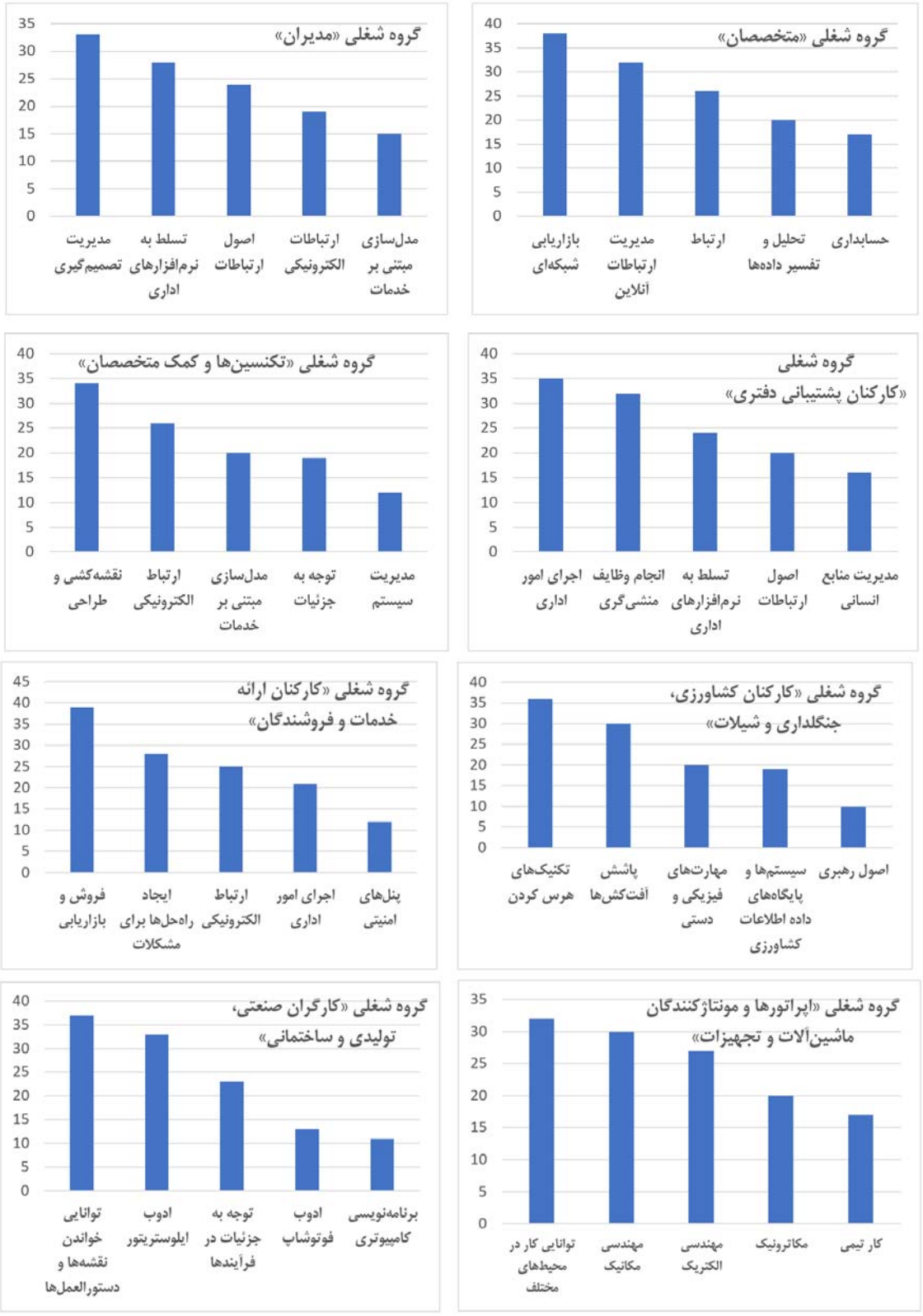
مشابه کاری که در شکل ۹ انجام شده است، مهم‌ترین مهارت‌های گروه‌های شغلی سطوح دو، سه و چهار را نیز محاسبه کردیم. در شکل ۱۰، سه مورد از مهم‌ترین مهارت‌های چندین سطح از گروه ISCO «متخصصان» نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، هرچه در این سلسه مراتب پایین‌تر برویم، مهارت‌ها تخصصی‌تر می‌شوند؛ به همین دلیل، این مهارت‌ها بیشتر در گروه‌های سطح چهار مشاهده می‌شوند.

برای اعتبارسنجی شبکه به‌دست‌آمده، از الگوریتم پیش‌بینی یال اتصال ترجیحی[1] (لیبن نوول و کلینبرگ[2]، ۲۰۰۳) استفاده کردیم. این روش، مجموعه‌ای از گره‌ها (مثلاً گره v و گره u) را می‌گیرد و نزدیکی[3] (C) بین دو گره را این‌گونه محاسبه می‌کند:

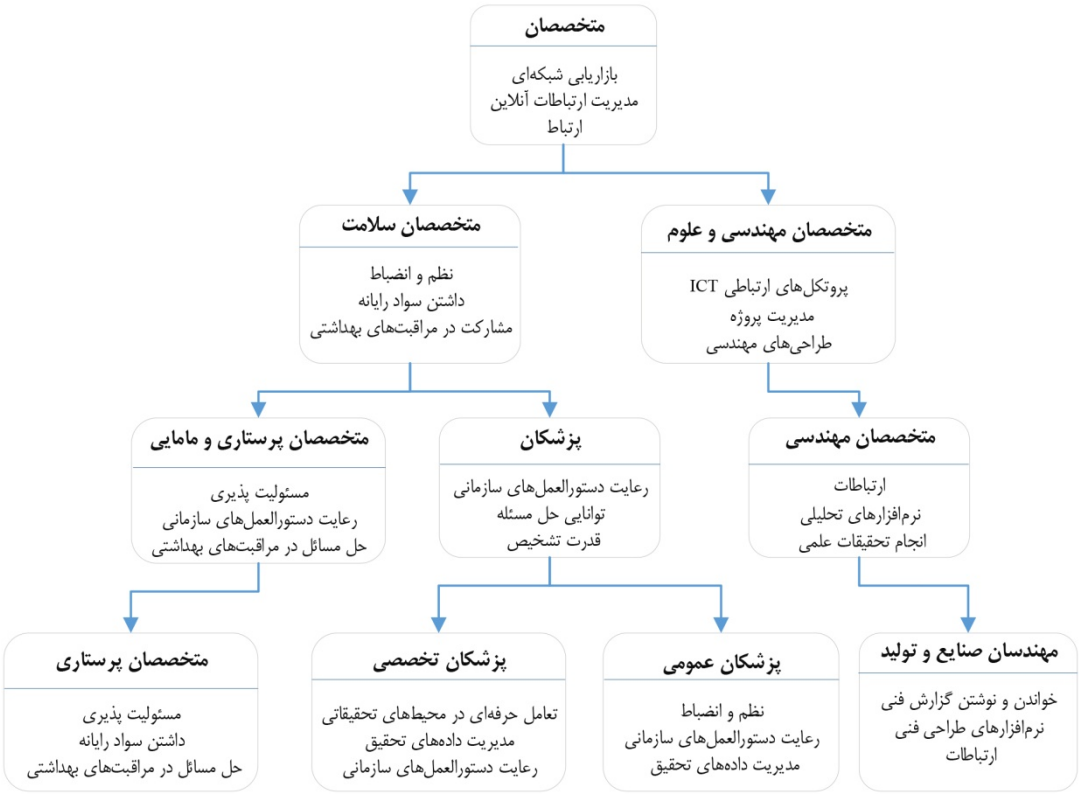
$$C(u,v) = |\Gamma(u)| \times |\Gamma(v)|$$ رابطه ۳)

که در آن $\Gamma(u)$ همسایه‌های u را نشان می‌دهد. از این رو، هر چه احتمال اتصال گره‌ها بیشتر باشد، امتیاز بالاتری دریافت می‌کنند. در واقع اگر هر دو گره تعداد زیادی همسایه داشته باشند، گره‌ها ممکن است به‌عنوان یک هاب عمل کنند. در شبکه‌ها این هاب‌ها شانس بیشتری برای اتصال دارند.

1. Preferential Attachment
2. Liben-Nowell & Kleinberg
3. Closeness



شکل ۹. مهم‌ترین مهارت‌های گروه شغلی اصلی



شکل ۱۰. مهم‌ترین مهارت‌های گروه شغلی متخصصان و تعدادی از زیرشاخه‌های آن

برای محاسبه تمام امتیازها، شبکه خود را به‌صورت یک ماتریس نمایش می‌دهیم که در آن، هر گره به‌عنوان یک ردیف و یک ستون نشان داده می‌شود. در سلول تقاطع دو گره u و v، اتصال ترجیحی آن‌ها را ذخیره می‌کنیم. شایان ذکر است که این ماتریس متقارن است؛ زیرا مقادیر ردیف u و ستون v برابر با مقادیر ردیف v و ستون u است. به‌منظور نرمال‌سازی، هر امتیاز را بر حداکثر امتیاز نزدیکی تقسیم می‌کنیم تا همه مقادیر بین ۰ و ۱ قرار گیرند. این امتیاز نزدیکی نرمال شده را به‌عنوان احتمال ارتباط گره‌های مربوطه در نظر می‌گیریم.

برای شبکه طراحی شده، ابتدا داده‌ها را به مجموعه‌های آموزش[1]، آزمون[2] و اعتبارسنجی[3] تقسیم کردیم. بدین منظور، ۵۵درصد از تمام یال‌ها را برای آموزش الگوریتم پیش‌بینی یال و ۳۰درصد را برای آزمون انتخاب کردیم و ۱۵درصد را برای اعتبارسنجی باقی گذاشتیم. به‌طور کلی ۱۲۳۸۵۵ یال داشتیم که با تقسیم‌بندی مذکور تعداد ۶۸۱۲۰ یال برای آموزش، ۳۷۱۵۷ یال برای آزمون و ۱۸۵۷۸ یال برای اعتبارسنجی در نظر گرفته شدند.

در الگوریتم‌های پیش‌بینی یال، یال‌های مثبت و منفی به ارتباطات موجود و غیرموجود بین گره‌ها در شبکه اشاره دارند. یال‌های مثبت، ارتباطاتی هستند که در حال حاضر در شبکه وجود دارند و یال‌های منفی ارتباطاتی هستند که در شبکه وجود ندارند. هر جفت موجود از گره‌های شغل و مهارت را به‌عنوان نمونه مثبت در نظر می‌گیریم و کنار آن نمونه منفی (منظور یال‌هایی است که در شبکه وجود ندارند) به‌صورت تصادفی تولید می‌کنیم.

1. Train
2. Test
3. Validation

برای محاسبهٔ یال مثبت یا منفی، مقدار آستانه‌ای تعیین کردیم که بر اساس آن، پیش‌بینی‌های الگوریتم دسته‌بندی می‌شود. اگر احتمال پیش‌بینی شده توسط الگوریتم بالاتر از آستانه باشد، یال به‌عنوان مثبت در نظر گرفته می‌شود و اگر پایین‌تر باشد، به‌عنوان یال منفی تلقی می‌شود.

برای ارزیابی شبکه از سه معیار دقت[1]، پوشش[2] و امتیاز F[3] استفاده کردیم. هر کدام از این معیارها جنبه‌های مختلفی از کیفیت مدل را می‌سنجند.

رابطه ۴)
$$Precision = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Positives}$$

رابطه ۵)
$$Recall = \frac{True\ Positives}{True\ Positives + False\ Negatives}$$

رابطه ۶)
$$Fscore = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

نتایج به‌دست‌آمده از الگوریتم‌های اتصال ترجیحی (PA)، آدامیک آدار (AA)[4] و همسایگان مشترک (CN)[5] در جدول ۱ نشان داده شده است. شایان ذکر است که این نتایج با تعداد مساوی یال‌های مثبت و منفی مورد استفاده برای داده‌های آموزش و آزمون، به‌دست آمده‌اند.

جدول ۱. نتایج به‌دست آمده از الگوریتم‌های پیش‌بینی یال

	دسته	دقت	پوشش	F1
اتصال ترجیحی (PA)	منفی (۰)	۰/۹۲	۰/۸۴	۰/۸۷
	مثبت (۱)	۰/۸۴	۰/۸۸	۰/۸۵
آدامیک آدار (AA)	منفی (۰)	۰/۶۹	۰/۷۶	۰/۷۲
	مثبت (۱)	۰/۸۹	۰/۶۹	۰/۷۷
همسایگان مشترک (CN)	منفی (۰)	۰/۷۹	۰/۷۲	۰/۷۵
	مثبت (۱)	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۸۱

برای انتخاب بهترین الگوریتم، باید هر سه معیار در نظر گرفته شود و تعادل بین دقت و پوشش مورد بررسی قرار گیرد. اگر هدف کاهش تعداد پیش‌بینی‌های مثبت کاذب باشد، دقت بیشتر اهمیت دارد. اگر بخواهیم اطمینان حاصل کنیم که تمام نمونه‌های مثبت شناسایی می‌شوند، پوشش بیشترین اهمیت را خواهد داشت. امتیاز F1 به ما کمک می‌کند تا بین این دو معیار تعادل برقرار کنیم.

1. Precision
2. Recall
3. F-score
4. Adamic–Adar
5. Common neighbors

بر اساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت اتصال ترجیحی در کلاس منفی، دقت و F1 بالاتری دارد که نشان می‌دهد این الگوریتم در شناسایی نمونه‌های منفی بسیار خوب عمل می‌کند. در کلاس مثبت، نیز پوشش بالاتری دارد که نشان‌دهندهٔ توانایی خوب آن در شناسایی نمونه‌های مثبت است.

روش آدامیک آدار در کلاس منفی دقت کمتری نسبت به PA دارد؛ اما در کلاس مثبت (۱)، دقت بالاتری را نشان می‌دهد. با این حال، پوشش آن در کلاس مثبت پایین است که به‌معنای از دست دادن برخی نمونه‌های مثبت است.

روش همسایگان مشترک نیز در هر دو کلاس دقت و پوشش تقریباً متوازن است. این الگوریتم برای موقعیت‌هایی که تعادل بین پوشش و دقت مدنظر است، مناسب به نظر می‌رسد. در مجموع، طبق نتایج به‌دست آمده، الگوریتم PA برای شناسایی قوی نمونه‌های منفی و مثبت، برای شبکه ما انتخاب بهتری است.

یکی دیگر از کاربردهای استفاده از الگوریتم‌های مذکور این است که با نگاه کردن به نتایج مثبت کاذب[1] الگوریتم، مهارت‌هایی را می‌توان شناسایی کرد که بر اساس دیتاست به اشتباه به شغل‌ها مرتبط شده‌اند. برای مثال یکی از مهارت‌هایی که به‌عنوان مثبت کاذب در نظر گرفته شده است، مهارت روان‌شناسی عمومی برای مدیران هتل است که منطقی به نظر می‌رسد.

به‌منظور بررسی و ارزیابی عمق و تأثیر مدل پیشنهادی، آن را با مدل‌های معتبر دیگر در حوزه پژوهش مقایسه می‌کنیم تا از این طریق نوآوری‌ها و تمایزهای آن به‌خوبی نمایان شود. البته همان طور که توضیح داده شد، باید توجه کرد که تعداد تحقیقات مشابه در این زمینه بسیار کم است و شکاف تحقیقاتی قابل توجهی در این بحث وجود دارد که این موضوع، نشان‌دهندهٔ اهمیت و ضرورت بیشتر برای پرداختن به این موضوعات است. در مجموع، مدل پیشنهادی این تحقیق که از الگوریتم‌های پیشرفته و تکنیک‌های نوین تحلیل داده‌های چندبعدی بهره می‌برد، امکان شناسایی پیچیدگی‌ها و الگوهای پنهان در بازار کار را به شکلی دقیق‌تر فراهم می‌آورد. این مدل نسبت به کارهای پیشین مانند تحقیقات اوفیرو و همکاران (۲۰۲۳) و دگروت و همکاران (۲۰۲۱) که بیشتر بر تحلیل‌های تک‌بُعدی تکیه دارند، پیشرفت چشمگیری را نشان می‌دهد. مدل ما با ادغام داده‌های چندسطحی، می‌تواند تعاملات میان مشاغل و مهارت‌ها را با دقت بیشتری تحلیل کند و به پیش‌بینی‌هایی برسد که عمق بیشتری از تحلیل و درک بازار کار را ارائه می‌دهد. همچنین، باید توجه شود که با وجود پیشرفت‌های چشمگیر، این مدل نیز چالش‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد؛ مانند نیاز به داده‌های بسیار باکیفیت و محاسبات پیچیده‌تر که می‌تواند بر هزینه‌ها و زمان اجرای تحلیل تأثیر بگذارد. این مدل در مقایسه با رویکردهای پیشین، فرصت‌های جدیدی را برای فهم بهتر و عمیق‌تر بازار کار فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تحلیل شبکه به‌عنوان رویکردی قدرتمند و چند وجهی در عرصهٔ تحقیقاتی، توانسته است توجه ویژه‌ای از جامعه محققان را به خود جلب کند. این علاقه به‌دلیل توانایی بی‌نظیر تحلیل شبکه در بررسی و تحلیل ارتباطات پیچیده بین اجزای مختلف یک سیستم است. با استفاده از این رویکرد، محققان می‌توانند نحوهٔ تعامل و ارتباط بین عناصر را شناسایی و الگوهای معناداری را در ساختارهای شبکه‌ای کشف کنند.

1. False positives

در طول سال‌های اخیر، تحقیقات فراوانی با استفاده از تحلیل شبکه در حوزه‌های متنوعی، از علوم طبیعی گرفته تا علوم اجتماعی انجام شده است که انعطاف‌پذیری و کاربرد گستردهٔ این ابزار تحلیلی حکایت می‌کند؛ به‌ویژه، در حوزهٔ مطالعات اجتماعی و منابع انسانی، کاربرد تحلیل شبکه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. این تکنیک به محققان امکان می‌دهد تا ساختارهای اجتماعی، شبکه‌های حرفه‌ای و دینامیک‌های تعاملی را با دقت بیشتری بررسی کنند، ارتباطات کلیدی را شناسایی کنند و به درک عمیق‌تری از چگونگی تأثیر این ارتباطات بر عملکرد کلی سیستم‌ها دست یابند.

با وجود پیشرفت‌هایی که تاکنون حاصل شده است، همچنان موانع و چالش‌های زیادی در این حوزه به چشم می‌خورد. بیشتر پژوهش‌های انجام شده تا به حال، به بررسی شبکه‌ها از دیدگاه تک‌بعدی محدود بوده‌اند. از آنجا که مدل‌سازی چندبُعدی از تلفیق اطلاعات متنوع برای ایجاد دیدگاهی جامع استفاده می‌کند، پتانسیل آن برای ارائه بینش‌های جدید در این حوزه بسیار است. علاوه‌براین، یافته‌های تحقیقات فعلی، بیشتر بر داده‌های خارجی متمرکزند و لازم است تا برای کاربرد در هر کشوری، پژوهش‌هایی متناسب با داده‌های محلی آن کشور انجام گیرد. متأسفانه، تا به این لحظه، تحقیق مشابهی در ایران، در این زمینه انجام نشده است.

در این پژوهش، مدلی نوآورانه مبتنی بر تحلیل شبکهٔ چندحالته ارائه شد که هدف آن، بررسی ارتباطات و پیش‌بینی تحولات آینده بازار کار بود. این مدل از طریق تحلیل داده‌های پیچیده و شناسایی الگوهای ارتباطی بین عناصر مختلف بازار کار، فرصتی برای درک عمیق‌تر ساختار و دینامیک‌های بازار کار فراهم آورده است.

یافته‌های به‌دست آمده از اجرای این مدل نشان می‌دهد که تحلیل شبکهٔ چند حالته، می‌تواند به‌طور چشمگیری در پیش‌بینی تغییرات و تحولات آیندهٔ بازار کار مؤثر باشد. قابلیت ویژهٔ این مدل، شناسایی ارتباطات کلیدی و الگوهای پنهان در بازار کار است که امکان سازگاری بهتر و سریع‌تر با تغییرات را فراهم می‌کند و به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا با استفاده از داده‌های پیش‌بینی، استراتژی‌های مؤثرتری برای مدیریت منابع انسانی و توسعهٔ بازار کار طراحی کنند.

علاوه‌براین، مدل معرفی شده توانایی خود را در کمک به تحلیلگران بازار کار، برای شناسایی فرصت‌های شغلی پایدار و ارزیابی مهارت‌های مورد نیاز برای مشاغل آینده به اثبات رسانده است. این امر می‌تواند به تقویت ظرفیت‌های بازار کار و افزایش انعطاف‌پذیری در برابر تحولات اقتصادی و تکنولوژیکی کمک کند.

در نهایت، مدل نوآورانه ارائه شده در این پژوهش، نه‌تنها به پیش‌بینی تحولات آیندهٔ بازار کار کمک می‌کند، بلکه برای مواجهه با چالش‌های پیش رو نیز راه‌کارهای عملی ارائه می‌دهد. استفاده از این مدل می‌تواند به سیاست‌گذاران، مدیران بازار کار و تحلیلگران اجتماعی کمک کند تا با درک بهتری از پیچیدگی‌های بازار کار، استراتژی‌های مؤثرتری برای تقویت ظرفیت‌های بازار کار و بهینه‌سازی منابع انسانی طراحی کنند.

در این راستا، پژوهش حاضر پیشنهاد می‌کند که تحلیل شبکهٔ چندحالته به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای تحلیل و پیش‌بینی بازار کار در نظر گرفته شود تا بتوان با استفاده از داده‌های عمیق و پیشرفته، به توسعهٔ پایدار اقتصادی و اجتماعی کمک کرد. نتایج این پژوهش اطلاعات ارزشمندی را برای سیاست‌گذاران، کارفرمایان و افراد فراهم می‌کند تا درک بهتری از وضعیت پویای بازار کار داشته باشند و پیرو آن، بتوانند تصمیم‌های آگاهانه‌تری بگیرند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش توصیه می‌شود که اقدامات عملی و مؤثری برای ارتقای فرایندهای مدیریت منابع انسانی و توسعهٔ بازار کار اتخاذ شود. در این راستا، چندین راه‌کار کاربردی به شرح زیر پیشنهاد شده است:

- **ارزیابی مداوم نیازهای بازار کار:** برای درک بهتر و واکنش سریع به تغییرات در نیازهای بازار کار، توصیه می‌شود که سیستم‌های مداوم پایش بازار کار ایجاد شود. برای این کار می‌توان از مدل تحلیل شبکهٔ چند حالتهٔ ارائه شده در این پژوهش استفاده کرد. این سیستم‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که نه‌تنها تغییرات فوری در تقاضای مهارت‌ها و شغل‌ها را شناسایی کنند، بلکه به‌صورت خودکار و مداوم، این داده‌ها را با استفاده از الگوریتم‌ها و ابزارهای تحلیلی پیشرفته مدل به‌روزرسانی کنند (کلوچارد، ۲۰۲۲). استفاده از این مدل در سیستم‌های پایش، به کارفرمایان امکان می‌دهد تا با استفاده از داده‌های زمان واقعی و دقیق، به‌سرعت به نیازهای جدید بازار پاسخ دهند و استراتژی‌های منابع انسانی خود را بر اساس این اطلاعات تنظیم کنند. این سیستم‌های پایش، نه‌تنها به تطبیق بهتر نیروی کار با نیازهای فعلی کمک می‌کنند، بلکه به سازمان‌ها اجازه می‌دهند تا استراتژی‌های آموزشی و توسعه‌ای خود را بر اساس پیش‌بینی‌های دقیق و علمی تنظیم کنند.
- **برنامه‌های آموزشی هدفمند:** برای توسعهٔ مهارت‌های مورد نیاز در بازار کار مدرن، برنامه‌های آموزشی هدفمند باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که هم پاسخ‌گوی نیازهای فوری بازار باشند و هم انعطاف‌پذیری لازم برای سازگاری با تحولات آینده را داشته باشند (خوسا و عاطف، ۲۰۱۸). برای تقویت این برنامه‌ها، توصیه می‌شود که از مدل چند حالته تحلیل شبکهٔ ارائه شده در این پژوهش استفاده شود. استفاده از این مدل می‌تواند به تعیین دقیق‌تر نیازهای مهارتی در بازار کار کمک کند. مدل پیشنهادی پژوهش حاضر این اطمینان را ایجاد می‌کند که برنامه های آموزشی با تقاضاهای واقعی بازار هم‌خوانی دارند. این مدل با شناسایی الگوهای پیچیده و تغییرات در تقاضاهای مهارتی، به طراحان دوره‌های آموزشی امکان می‌دهد تا محتوای آموزشی خود را به‌روز و مطابق با جدیدترین نیازهای بازار تنظیم کنند.
- **همکاری‌های استراتژیک بین صنعت و آموزش:** برای تقویت این همکاری‌ها و افزایش دقت و هدفمندی دوره‌های آموزشی، توصیه می‌شود از مدل تحلیل شبکه چند حالته ارائه شده در این پژوهش استفاده شود. این مدل با شناسایی دقیق نیازهای مهارتی فعلی و آتی بازار کار، می‌تواند به مؤسسه‌های آموزشی و بخش‌های تجاری کمک کند تا دوره‌های آموزشی خود را به‌طور مؤثری بر اساس این نیازهای مشخص شده تنظیم کنند. این امر به‌طور خاص، می‌تواند به تعیین سرفصل‌های آموزشی و محتوای دوره‌ها کمک کند تا مسئولان مطمئن شوند که آموزش‌ها با تقاضاهای واقعی و مداوم بازار کار هم‌خوانی دارند (لی و همکاران، ۲۰۲۰). استفاده از این مدل در طراحی برنامه‌های آموزشی، می‌تواند همکاری بین صنعت و آموزش را به سطح جدیدی برساند، جایی که دوره‌های آموزشی نه‌تنها علمی و تئوریک، بلکه کاملاً کاربردی و منطبق بر داده‌های پیشرفته تحلیلی باشند. این امر در نهایت، به فارغ‌التحصیلان کمک می‌کند تا با مهارت‌هایی وارد بازار کار شوند که به‌طور مستقیم پاسخ‌گوی نیازهای فوری و آینده‌نگر کارفرمایان هستند و به‌طور کلی به بهبود سطح کارایی و نوآوری در صنایع مختلف کمک می‌کند.
- **تقویت ارتباطات بین‌بخشی:** برای تقویت ارتباطات بین‌بخشی و فراهم آوردن بسترهایی برای تبادل نظر و تجربه بین کارفرمایان و کارجویان، پیشنهاد می‌شود که از مدل ارائه شده در این پژوهش استفاده شود. این مدل می‌تواند به درک متقابل بهتر نیازها و انتظارهای هر دو طرف کمک کند؛ زیرا امکان شناسایی و

تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر داده‌های مربوط به تقاضاهای بازار کار و نیازهای کارجویان را فراهم می‌آورد. استفاده از این مدل در توسعهٔ پلتفرم های تعاملی، به ایجاد محیط ارتباطی دو طرفه کمک می‌کند که در آن کارفرمایان و کارجویان به‌طور مستقیم تجربه‌ها، نظرها و انتظارهای خود را مطرح می کنند. این پلتفرم ها باید امکان برقراری ارتباطات سازنده را فراهم آورند و به هر دو طرف اجازه دهند تا با شفافیت و اثربخشی بیشتری در فرایندهای استخدام و توسعه حرفه‌ای شرکت کنند (جیابلی و همکاران، ۲۰۲۱).

- **سیستم‌های تطبیق خودکار مهارت‌ها:** برای پاسخ‌گویی به نیازهای مستمر و در حال تغییر بازار کار، توسعهٔ سیستم‌های نرم‌افزاری‌ای که قادر به تطبیق خودکار مهارت‌های فردی کارجویان با نیازهای شغلی موجود هستند، اهمیت ویژه‌ای دارد (فتچ، بهاج و قوگو ، ۲۰۲۴). این سیستم‌ها که به‌طور دوره‌ای به‌روزرسانی می‌شوند، می‌توانند به‌سرعت با تغییرات بازار کار همگام شوند و به‌صورت خودکار مهارت‌های کارجویان را با فرصت‌های شغلی مطابقت دهند. به‌منظور تقویت و افزایش دقت این سیستم‌ها، پیشنهاد می‌شود که از مدل تحلیل شبکه چند حالتهٔ ارائه شده در این پژوهش استفاده شود. استفاده از این مدل می‌تواند به سیستم‌های نرم‌افزاری کمک کند تا با دقت بیشتری مهارت‌های مورد نیاز و تغییرات در تقاضای بازار کار را تحلیل کنند. این امر به سهم خود، اجازه می‌دهد که مطابقت‌های دقیق‌تری بین مهارت‌های کارجویان و موقعیت‌های شغلی ایجاد شود و در نتیجه، فرایند یافتن شغل برای افراد و انتخاب نیروی کار برای کارفرمایان بهینه‌تر و کارآمدتر شود.
- **پیش‌بینی تحولات بازار کار با استفاده از هوش مصنوعی:** پیش‌بینی دقیق تحولات بازار کار، از طریق استفاده از تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، مستلزم به‌کارگیری مدل‌های پیش‌بینی است که به‌خوبی با داده‌ها و نیازهای متغیر بازار کار سازگارند (اوفیرو و همکاران، ۲۰۲۳). مدل چند حالته تحلیل شبکه که در این پژوهش ارائه شده است، یک ابزار بسیار مؤثر در این زمینه است و می‌تواند به کارفرمایان کمک کند تا با استفاده از داده‌های پیش‌بینی شده، استراتژی‌های منابع انسانی خود را به‌طور پیشگیرانه تنظیم کنند و به تغییرات بازار سریع‌تر و دقیق‌تر واکنش نشان دهند. استفاده از این مدل به کارفرمایان امکان می‌دهد تا نیازهای آتی بازار کار را با دقت زیاد شناسایی کنند و برنامه‌ریزی‌های مربوط به جذب، آموزش و توسعهٔ نیروی کار را متناسب با این نیازها انجام دهند. این امر هم به بهبود سازگاری سازمان با بازار در حال تغییر کمک می‌کند و هم باعث می‌شود که سازمان‌ها بتوانند به رقابتی‌ترین و کارآمدترین شکل ممکن عمل کنند.

این تدابیر نه تنها به تقویت فرایند تطابق منابع انسانی با نیازهای روز بازار کمک می‌کنند، بلکه در درازمدت، افزایش کارایی و بهره‌وری نیروی کار را به‌دنبال خواهند داشت. به‌منظور انجام این پژوهش، از طبقه‌بندی‌های بین‌المللی ISCO و برای مقداردهی اولیهٔ شبکه مذکور، از ESCO استفاده شده است که استانداردهای در دسترس، معروف و رایگانی محسوب می‌شوند. یکی از برنامه‌هایی که برای تحقیقات آتی مدنظر داریم، این است که یافته‌های این پژوهش را با سایر چارچوب‌ها، نظیر ONET بررسی و مقایسه کنیم (هوانگ و همکاران، ۲۰۲۱).

پیشنهاد دیگری که برای تحقیقات آتی داریم این است که برای غنی کردن شبکهٔ ایجاد شده از حاشیه‌نویس‌های متخصص انسانی[1] کمک گرفته شود تا تعیین کنند کدام ارتباطات مثبت کاذب، صحیح به نظر می‌رسد یا کدام مهارت‌ها برای یک گروه شغلی خاص مرتبط‌تر و مهم‌تر است. همچنین توصیه می‌شود در مطالعات آینده، از داده‌های متنوع‌تری برای به‌روزرسانی و غنی‌سازی شبکه استفاده شود. استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از منابع گوناگون، از جمله سازمان‌های دولتی، شرکت‌های خصوصی و مؤسسه‌های آموزشی، می‌تواند به تقویت دقت و جامعیت تحلیل‌های شبکه کمک کند. ادغام این داده‌ها از منابع مختلف، نه‌تنها اجازه می‌دهد که تحلیل‌های دقیق‌تری ارائه دهیم، بلکه به درک بهتر و جامع‌تر پیچیدگی‌ها و دینامیک‌های بازار کار کمک می‌کند. در نهایت اینکه تحقیقات آتی با انجام مطالعات با کاربران نهایی واقعی، می‌توانند نتایج به‌دست‌آمده در این مقاله را بررسی کنند.

منابع

حسینی، سیده مطهره و اقدسی، محمد (۱۴۰۲). مقایسه ساختار رسمی و غیررسمی در سازمان‌ها با استفاده از روش تحلیل شبکه اجتماعی. *مدیریت صنعتی*، ۱۵ (۳)، ۳۶۵-۳۸۵.

خلیلی، سید محمد؛ پویا، علیرضا؛ کاظمی، مصطفی و فکور ثقیه، امیرمحمد (۱۴۰۱). طراحی یک شبکه زنجیره تأمین بنزین پایدار و تاب‌آور تحت شرایط عدم قطعیت اختلال (مطالعه موردی: شبکه زنجیره تأمین بنزین استان خراسان رضوی). *مدیریت صنعتی*، ۱۴ (۱)، ۲۷- ۷۹.

صفاری، حمید؛ عباسی، مرتضی و قیدر خلجانی، جعفر (۱۴۰۲). طراحی شبکه در اتحاد استراتژیک تحت عدم قطعیت با رویکرد موازنه بین ریسک و عملکرد شبکه. *مدیریت صنعتی*، ۱۵ (۱)، ۱۱۲-۱۴۹.

فریدوند، محمدمهدی؛ الیاسی، مهدی و رادفر، رضا (۱۴۰۲). انتخاب مدل مناسب ضمانت اعتبار شرکت‌های فناور نوپا در ایران با استفاده از فرایند تحلیل شبکه. *مدیریت صنعتی*، ۱۵ (۴)، ۵۹۵-۶۲۰.

References

Abu-Rasheed, H., Dornhöfer, M., Weber, C., Kismihók, G., Buchmann, U. & Fathi, M. (2023, July). Building contextual knowledge graphs for personalized learning recommendations using text mining and semantic graph completion. In *2023 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)* (pp. 36-40). IEEE.

Addison, J. T., Portugal, P. & Raposo, P. S. (2023). Retrieving the Returns to Experience, Tenure, and Job Mobility from Work Histories.

Aufiero, S., De Marzo, G., Sbardella, A. & Zaccaria, A. (2023). Mapping job complexity and skills into wages. *arXiv preprint arXiv:2304.05251*.

Chala, S. & Fathi, M. (2017, March). Job seeker to vacancy matching using social network analysis. In *2017 IEEE international conference on industrial technology (ICIT)* (pp. 1250-1255). IEEE.

1. Human expert annotators

Clochard, A. (2022). *Using Network Analysis of Job Transitions to Inform Career Advice* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Dave, V. S., Zhang, B., Al Hasan, M., AlJadda, K. & Korayem, M. (2018, October). A combined representation learning approach for better job and skill recommendation. In *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Information and Knowledge Management* (pp. 1997-2005).

de Groot, M., Schutte, J. & Graus, D. (2021). Job posting-enriched knowledge graph for skills-based matching. *arXiv preprint arXiv:2109.02554*.

Dijkstra, E. W. (2022). A note on two problems in connexion with graphs. In *Edsger Wybe Dijkstra: His Life, Work, and Legacy* (pp. 287-290).

Faridvand, M.M., Elyasi, M. & Radfar, R. (2023). Selecting the Appropriate Credit Guarantee Model for New Technology-based Firms (NTBFs) in Iran using the Analytical Network Process (ANP). *Industrial Management Journal*, 15(4), 595-620. (*in Persian*)

Fettach, Y., Bahaj, A. & Ghogho, M. (2024). JobEdKG: An uncertain knowledge graph-based approach for recommending online courses and predicting in-demand skills based on career choices. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 131, 107779.

Giabelli, A., Malandri, L., Mercorio, F., Mezzanzanica, M. & Seveso, A. (2021). Skills2Job: A recommender system that encodes job offer embeddings on graph databases. *Applied Soft Computing*, 101, 107049.

Goyal, N., Kalra, J., Sharma, C., Mutharaju, R., Sachdeva, N. & Kumaraguru, P. (2023, May). JobXMLC: EXtreme Multi-Label Classification of Job Skills with Graph Neural Networks. In *Findings of the Association for Computational Linguistics: EACL 2023* (pp. 2136-2146).

Graham, C. M. & Lu, Y. (2023). Skills expectations in cybersecurity: semantic network analysis of job advertisements. *Journal of Computer Information Systems*, *63*(4), 937-949.

Hevey, D. (2018). Network analysis: a brief overview and tutorial. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, *6*(1), 301-328.

Hosseini, S.M. & Aghdasi, M. (2023). Comparison of Formal and Informal Structures in Organizations Using the Social Network Analysis. *Industrial Management Journal*, 15(3), 365-385. (*in Persian*)

Huang, A. Y., Fisher, T., Ding, H. & Guo, Z. (2021). A network analysis of cross-occupational skill transferability for the hospitality industry. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, *33*(12), 4215-4236.

Jia, S., Liu, X., Zhao, P., Liu, C., Sun, L. & Peng, T. (2018, December). Representation of job-skill in artificial intelligence with knowledge graph analysis. In *2018 IEEE symposium on product compliance engineering-asia (ISPCE-CN)* (pp. 1-6). IEEE.

Khalili, S.M., Pooya, A., Kazemi, M. & Fakoor Saghih, A.M. (2022). Designing a sustainable and resilient gasoline supply chain network under uncertainty (Case study: gasoline supply chain network of Khorasan Razavi province). *Industrial Management Journal*, 14(1), 27- 79. (*in Persian*)

Khan, B. S. & Niazi, M. A. (2017). Network community detection: A review and visual survey. *arXiv preprint arXiv:1708.00977*.

Khaouja, I., Mezzour, G., Carley, K. M. & Kassou, I. (2019). Building a soft skill taxonomy from job openings. *Social Network Analysis and Mining*, *9*, 1-19.

Khousa, E. A. & Atif, Y. (2018). Social network analysis to influence career development. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *9*, 601-616.

Lee, D. M. Y., Ang, D. W. X., Pua, G. M. C., Ng, L. N., Purbowo, S., Choy, E. W. J. & Shim, K. J. (2020, December). A Social Network Analysis of Jobs and Skills. In *2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 5747-5749). IEEE.

Liben-Nowell, D. & Kleinberg, J. (2003, November). The link prediction problem for social networks. In *Proceedings of the twelfth international conference on Information and knowledge management* (pp. 556-559).

Liu, L., Zhang, W., Liu, J., Shi, W. & Huang, Y. (2021, July). Learning multi-graph neural network for data-driven job skill prediction. In *2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* (pp. 1-8). IEEE.

Maghsoudi, M. (2023). Uncovering the skillsets required in computer science jobs using social network analysis. *Education and Information Technologies*, 1-22.

Maurya, A. (2018, September). Understanding job-skill relationships using big data and neural networks. In *Bloomberg Data for Good Exchange Conference*.

Rahhal, I., Carley, K. M. & Kassou, I. (2022, November). Employment Stakeholder Analysis using Social Network Analysis in Morocco. In *2022 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)* (pp. 1-7). IEEE.

Saffari, H., Abbasi, M. & Gheidar Kheljanie, J. (2023). Network Design in Strategic Alliance under Uncertainty with a Trade-off between Risk and Performance. *Industrial Management Journal*, 15(1), 112-149. (*in Persian*)

Sibarani, E. M. & Scerri, S. (2019). Generating an evolving skills network from job adverts for high-demand skillset discovery. In *Web Information Systems Engineering–WISE 2019: 20th International Conference, Hong Kong, China, January 19–22, 2020, Proceedings 20* (pp. 441-457). Springer International Publishing.

Simonet, D. V. & Castille, C. M. (2020). The search for meaningful work: A network analysis of personality and the job characteristics model. *Personality and Individual Differences*, *152*, 109569.

Sosa, S. (2022). Social network analysis. In *Encyclopedia of animal cognition and behavior* (pp. 6527-6544). Cham: Springer International Publishing.

Sun, Y., Zhuang, F., Zhu, H., Zhang, Q., He, Q. & Xiong, H. (2021). Market-oriented job skill valuation with cooperative composition neural network. *Nature communications*, *12*(1), 1992.

Van Hooft, E. A., Kammeyer-Mueller, J. D., Wanberg, C. R., Kanfer, R. & Basbug, G. (2021). Job search and employment success: A quantitative review and future research agenda. *Journal of Applied Psychology*, 106(5), 674.

Xu, T., Zhu, H., Zhu, C., Li, P. & Xiong, H. (2018, April). Measuring the popularity of job skills in recruitment market: A multi-criteria approach. In *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence* (Vol. 32, No. 1).

Yao, J., Xu, Y. & Gao, J. (2023). A Study of Reciprocal Job Recommendation for College Graduates Integrating Semantic Keyword Matching and Social Networking. *Applied Sciences*, 13(22), 12305.