"Research Article"

Cognitive Analysis of Human Resource Competency Development in the Context of the Fourth Industrial Revolution

Habib Zare Ahmadabadi[1], Seyed Heydar Mirfakhraldini [2]*
Fatemeh Zamzam[3], Somayeh Sadat Amirhosseini[4]

(Received:2023.05.15 - Accepted:2023.09.09)

Abstract

Currently, the world is living in the era of the fourth industrial revolution. Although this era provides many opportunities for companies and organizations due to technological advances, it also presents many challenges. One of these challenges is the need for a set of new competencies that occur due to the transformation of the nature of jobs through digitalization in Industry 4.0. Hence, the purpose of the current research is to identify the skills needed in Industry 4.0 and provide a cognitive analysis of it. This research is classified as applied research and employs an exploratory mix method approach regarding data collection. The statistical population for this research includes experts in the steel industry (middle to upper managers). A sample of 10 experts from this sector were selected to complete the questionnaire, using a purposeful sampling method. Then, using the opinions of 10 experts of the steel industry in Yazd province, the collected data have been analyzed through the methods of intuitive fuzzy TOPSIS and intuitive fuzzy cognitive map. The competencies of Industry 4.0 in the steel industry were prioritized through intuitive fuzzy TOPSIS and the relationships between measures to improve competencies were explained using the intuitive fuzzy cognitive mapping method. The obtained findings indicate that the index of willingness of managers and owners of companies to move towards intelligentization and the creation of smart factories is more central than other measures, and as a result, more attention should be paid to it. Also, in the prioritization of competencies, it was found that customer-oriented competency has the highest priority.

Key Words: Industry 4.0, intuitive fuzzy TOPSIS, human resources competencies, Fourth Industrial Revolution, intuitive fuzzy cognitive map

1. Associate Professor, Faculty Member of Management Department, Yazd University, Yazd, Iran,
*. Corresponding author: Zarehabib@yazd.ac.ir
2. Professor, Faculty Member of Management Department, Yazd University, Yazd, Iran
3. Ph.D. in Industrial Management, Yazd University, Yazd, Iran
4. Master Student of Industrial Management, Yazd University, Yazd, Iran

1.Introduction

The world we are in now has gone through stages of progress and has reached a new stage of evolution, innovation and transformation. Today, this intelligent development is known as the Fourth Industrial Revolution. Organizations should identify the benefits of Industry 4.0 and train their human resources to deal with technological advances. This development not only requires the development of technical skills but also emphasizes the importance of developing human resources to maintain the organizational performance. Improving human resources at behavioral, organizational and technological levels will be required during implementation process. Due to the fourth industrial revolution and automation and advanced systems, the previous skills and competences of the employees will no longer be effective and appropriate. Therefore, the managers of the organizations should look for employees who have new competencies that are suitable for Industry 4.0 to guarantee the success of their organization. In this regard, the purpose of the current research is to identify and rank the required human resource competencies in line with the fourth industrial revolution and determine how to achieve these competencies in the steel industry of Yazd province in the form of measures/policies. In addition, it is necessary to prioritize these competencies for use in the field of recruiting and hiring employees of organizations, which, in turn, helps policymakers to plan the movement in the direction of the fourth industrial revolution.

2. Literature Review

The vital and pervasive role of human resources in organizations is evident to all. Caregiver competencies are extremely important in any organization and determine the success of that organization. This is especially evident during the fourth industrial revolution. Although researchers have focused on the technical and economic aspects of this revolution in the past studies, less attention is paid in research to the role of human resources (Gupta et al., 2021). The following provides a summary of studies conducted in the field of human resources. In their research, Hecklau et al. (2016) first collected a comprehensive list of

competencies required to work in the digital world, and then, depicted all the competencies identified in the image, and finally discussed the merits of the model as an applied strategy. Kazankoglu and Özkan Ozen (2018) presented a competency model for Industry 4.0 workforce in their research. In another research, Jerman et al. (2018) contributed to the body of knowledge about Industry 4.0 phenomena by collecting the skills needed in smart factories in the future. Vrchota et al. (2019), in their research emphasized the assumptions of human capital and its readiness for Industry 4.0 in the Czech Republic. Also, Sapper et al. (2021), in their research, stated that competencies, such as willingness to learn, understanding the comprehensive process, interdisciplinarity, and communication skills are of great importance. Kipper et al. (2021) showed in a research that the main competencies needed include leadership skills, self-organization, creativity, problem solving, teamwork, etc.

Finally, in the review of the literature and the background of the research in the field of competencies needed by human resources in the fourth industrial revolution, 60 competencies of human resources in the fourth industrial revolution and 19 measures to improve these competencies were identified.

3. Methodology

Given that the current research aims to identify the required competencies of human resources in the context of the fourth industrial revolution and to examine the current situation and the significance of these competencies in the steel industry of Yazd province, it is exploratory in nature, with a practical purpose and employs a mixed-methods approach for data collection. Also, in terms of the time horizon, it is one-time because it was done only at a specific time and will not be repeated during other time periods. The statistical population of the research includes all academic experts and managers in the field of industrial logistics 4.0 in the steel industry, who participated in completing the questionnaire using the purposeful sampling method. The research methodology is as follows: first, in order to access the researches and articles conducted in the investigated field, two databases,

scopus and google scholar, have been searched in two bases of the combination of keywords (competenc* OR "necessary skills" OR abilities AND "Industry 4.0" AND "Human Resources"). The title, abstract and keywords of the articles were used as the criteria for entering the articles into the research. The exclusion criteria of the articles were also performed in three stages by screening the title, abstract and the entire text of the article. In general, researchers look at the issue of introducing variables and indicators that represent the competencies of human resources in Industry 4.0 (not their research methods). In total, 117 articles were found in the scopus database and 70 articles in the google scholar database. After searching and removing duplicate entries across two databases, 76 items were identified as appropriate and relevant. In the following stage, after analyzing the content of the studies by examining their titles, abstracts and full texts, the cases with irrelevant and incomplete content and duplicates were removed. Finally, 12 articles with most relevant and specialized content on Industry 4.0 competencies were used in order to extract competencies. Then, based on the identified indicators, a questionnaire was compiled and administered to collect the opinions of steel industry experts. Furthermore, with the help of intuitive fuzzy TOPSIS method, human resources competencies were prioritized in line with Industry 4.0 in the steel industry. Also, through the intuitive fuzzy cognitive map, the roadmap for the improvement of industry 4.0 competencies in the steel industry was developed.

4. Result

In the first step of the current research, by reviewing the related literature and research background, a total of 60 competencies of human resources were identified in line with the fourth industrial revolution, as well as 19 measures to improve these competencies. Following this, 19 identified measures were compiled in the form of a questionnaire and given to 10 experts of steel industry in Yazd province. Then, in Excel software, the steps of the fuzzy cognitive mapping method were implemented on the data obtained from this questionnaire. After establishing the final success matrix (FMS), the data from this matrix was input into the FCMappear software and subsequently, using the

software pajek, the mapping between concepts was created. Next, in order to improve the skills in this industry, a road map was prepared by developing a scenario.

In the next step, 60 extracted competencies were compiled in the form of a questionnaire and given to 10 steel industry experts in Yazd province. They were asked to rate the importance of each of these competencies in a five-point range from very high (9), to high (7) and to very low (1). Finally, according to the opinion of the experts, the competencies were prioritized using the intuitive fuzzy TOPSIS method, among the 60 competencies, customer orientation with a relative coefficient of 0.772 , process understanding/management index with a relative coefficient of 0.661, IT skills index with a relative coefficient of 0.66, leadership skills with a coefficient of 0.633 and understanding of information technology security with a relative coefficient of 0.629, were identified as the top five competencies of human resources in line with the industrial revolution 4.0. Other competencies were identified and assigned to subsequent priority levels based on the investigation.

5. Discussion

Considering the examination of the important measures to improve the competencies of human resources in line with the fourth industrial revolution in the mentioned scenarios and the top competencies of the TOPSIS method, it can be found that the competencies of understanding the security of information technology and IT skills, which are among the most important competencies, are effective in solving security issues such as data hacking or cyber security for the adoption and deployment of Industry 4.0. Also, having appropriate skills of current knowledge, programming knowledge and the ability to process and analyze data leads to the inclination of companies, in particular, the personnel related to technology management to develop technology instead of buying technology. On the other hand, it also leads to the growth and stabilization of the company's R&D unit in the fields of computer science and sciences related to Industry 4.0. Additionally, the influence of the competences of motivation and willingness to learn, adaptability, ability to compromise and cooperate, belief and trust in new technologies can be

emphasized to conduct educational programs and seminars in the field of digitization and automation. Furthermore, the acceptance of employees in relation to the changes related to the digitization process and the application of technologies related to Industry 4.0 at the company level should not be overlooked.

In conclusion, the obtained results suggest that to attract and hire human resources with the competencies of Industry 4.0, the steel industry needs to consider candidates' technical or professional competencies along with their methodological, social and personal characteristics during the recruitment process. Also, with the aim of improving the skills of Industry 4.0 of the workforce working in the steel industry, it is recommended that the managers and specialists of this industry provide training opportunities and workshops to acquire these skills.

((مقاله پژوهشی))

تحلیل شناختی توسعه شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی چهارم

حبیب زارع احمدآبادی*[۱]،سید حیدر میرفخرالدینی[۲]، فاطمه زمزم[۳]، سمیه‌السادات امیرحسینی [۴]

(دریافت:۱۴۰۲/۰۲/۲۵ – پذیرش نهایی : ۱۴۰۲/۰۶/۱۸)

چکیده

هم‌اکنون جهان در عصر انقلاب صنعتی چهارم به سر می‌برد، اگرچه این عصر به‌سبب پیشرفت‌های تکنولوژیکی فرصت‌های بسیاری را برای بنگاه‌ها و سازمان‌ها فراهم می‌کند، اما با این وجود چالش‌های زیادی را نیز با خود به همراه دارد. یکی از این چالش‌ها نیاز به مجموعه شایستگی‌های جدیدی است که به سبب تحول ماهیت مشاغل از طریق دیجتالی شدن در صنعت ۴,۰ رخ می‌دهد. بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی شایستگی‌های مورد نیاز نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ و ارائه نقشه راه ارتقاء این شایستگی‌ها در راستای انقلاب صنعتی می‌باشد. پژوهش حاضر در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد و همچنین از منظر گردآوری داده‌ها از نوع آمیخته اکتشافی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش شامل خبرگان صنعت فولاد (مدیران رده میانی به بالا) می‌باشد، به‌عنوان نمونه از تعداد ۱۰ نفر از خبرگان این صنعت به‌منظور تکمیلِ پرسشنامه تدوین شده، کمک گرفته شده است که روش نمونه‌گیری؛ نمونه‌گیری هدفمند بوده است. سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی شهودی شایستگی‌های استخراج‌شده اولویت‌بندی و در نهایت روابط بین اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌ها با استفاده از روش نقشه شناختی فازی شهودی تبیین شد. یافته‌های بدست آمده حاکی از آن است که شاخص تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها برای حرکت به سمت هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند نسبت به سایر اقدامات از مرکزیت بیشتری برخوردار است، که در نتیجه می‌بایست توجه بیشتری به آن نمود. همچنین در اولویت‌بندی شایستگی‌ها مشخص شد که شایستگی مشتری‌مداری دارای بالاترین اولویت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انقلاب صنعتی چهارم، تاپسیس فازی شهودی، شایستگی‌های نیروی انسانی، صنعت ۴,۰، نقشه شناختی فازی شهودی

۱. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران(نویسنده مسؤول) Zarehabib@yazd.ac.ir
۲. استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران mirfakhr@yazd.ac.ir
۳. دانش‌آموخته دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران Fateme.zmzm@stu.yazd.ac.ir
۴. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران amirhosseini.somayeh@stu.yazd.ac.ir

مقدمه

جهانی که هم‌اکنون در آن قرار داریم، مراحلی از پیشرفت را طی نموده و به مرحله جدیدی از تکامل، نوآوری و تحول رسیده است. امروزه این تحول هوشمند را تحت عنوان انقلاب صنعتی چهارم معرفی می‌کنند. در این عصر، ساختارها از توان دیجیتالی استفاده می‌نمایند و سیستم‌های هوشمند و خودکار را طراحی می‌کنند که در این سیستم‌ها به جای نیروی انسانی؛ ارتباطات هوشمند و ابزار هوشمند، اداره‌کننده خواهند بود (جنتر[1]، ۲۰۱۶). به بیان دیگر احتیاج به نیروی انسانی به روش سنتی به علت ماشین‌های پیشرفته که می‌توانند بین یکدیگر ارتباط برقرار نموده و خود را کنترل نمایند، کاهش می‌یابد. بنابراین، این وضعیت سبب تحول قابل توجهی در پروفایل‌های شغلی می‌شود. در حقیقت این تحول، انقلاب صنعتی جدید است که انواع جدیدی از تعاملات بین کارکنان و ماشین‌ها را ممکن می‌سازد (رومرو[2] و همکاران، ۲۰۱۶). با وجود این که در انقلاب صنعتی چهارم، احتیاج به وجود و حضور انسان همچنان احساس می‌شود اما وجود اشخاص متخصص با مهارت‌ها و ویژگی‌های به‌خصوص در این تحول و جریان جدید در اولویت قرار دارد (هکلاو[3] و همکاران، ۲۰۱۶). نقش انسان‌ها در حال تغییر است، به این دلیل که آن‌ها به طور گسترده‌ای در تعامل با ماشین‌ها و ربات‌ها هستند و مجازی‌سازی فرآیندهای کسب‌وکار موجب می‌شود که امکان ردیابی تغییرات وجود داشته باشد (کوویتکوسکا[4] و همکارن، ۲۰۲۱). در حقیقت، منابع مورد نیاز سازمان‌ها برای رسیدن به تحول دیجیتال، شامل منابع ملموس (زیرساخت فناوری اطلاعات)، منابع نامشهود (دانش، مشتری مداری و هم افزایی) و منابع انسانی (مهارت های فنی و مدیریت) می‌باشد (نیکلاس آگوستین[5] و همکاران، ۲۰۲۱). سازمان‌ها باید منافع صنعت ۴,۰ را مورد شناسایی قرار دهند و منابع انسانی خود را برای مقابله با پیشرفت‌های فناوری آموزش دهند (نام[6]، ۲۰۱۹). این تحول نه تنها مستلزم توسعه شایستگی‌های فنی می‌باشد، بلکه توسعه مهارت‌های نرم در چهارچوب یادگیری، نوآوری و تفکر تحلیلی انتقادی نیز ضروری می‌باشد (جرمن[7] و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین توسعه نیروی انسانی برای حفظ عملکرد سازمان مهم می‌باشد و ارتقاء نیروی انسانی در سطوح رفتاری، سازمانی و فناوری در طول اجرا مورد نیاز خواهد بود (کومار[8] و همکاران، ۲۰۲۰). همانطور که مشخص است در نتیجه‌ی

1. Gentner
2. Romero
3. Hecklau
4. Kwiotkowska
5. Nicolás-Agustín
6. Nam
7. Jerman
8. Kumar

انقلاب صنعتی چهارم و خودکارسازی و پیشرفته شدن سیستم‌ها؛ مهارت‌ها و شایستگی‌های قبلی و گذشته‌ی کارکنان دیگر کارا و مناسب نخواهد بود؛ بنابراین مدیران سازمان‌ها باید به دنبال کارکنانی باشند که شایستگی‌های جدید و متناسب با صنعت ۴,۰ را دارا باشند تا بتوانند موفقیت سازمان خود را تضمین نمایند. با توجه به این حقیقت، هدف از انجام این پژوهش، شناسایی شایستگی‌های مورد نیاز نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی چهارم و تعیین چگونگی دستیابی به این شایستگی‌ها در صنعت فولاد استان یزد در قالب اقدامات/ سیاست‌ها می‌باشد. علاوه بر آن، اولویت‌بندی این شایستگی‌ها برای استفاده در حوزه جذب و استخدام کارکنان سازمان‌ها، ضروری می‌باشد، و همچنین به سیاست‌گذاران برای برنامه‌ریزی حرکت در مسیر انقلاب صنعتی چهارم کمک می‌کند. به همین منظور این پژوهش، درصدد پاسخ به سؤالات ذیل می‌باشد:

۱- شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی ۴,۰ کدامند؟
۲- اولویت‌بندی شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی ۴,۰ در صنعت فولاد چگونه است؟
۳- نقشه راه ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی ۴,۰ در صنعت فولاد چگونه است؟

نقش موثر و گسترده نیروی انسانی در سازمان‌ها بر کسی پوشیده نمی‌باشد. شایستگی‌های نیروی انسانی در هر سازمانی تا حد بسیاری از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد و تعیین‌کننده موفقیت آن سازمان است، این موضوع به خصوص در دروه انقلاب صنعتی چهارم قابل مشاهده می‌باشد. در واقع، پژوهشگران در مطالعات پیشین، به طور عمده بر جنبه‌های فنی و اقتصادی انقلاب صنعتی چهارم تاکید داشته‌اند و توسعه تحقیقات انسانی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌است (گوپتا[1] و همکاران، ۲۰۲۱). از نظر طیف وسیعی از نویسندگان و پژوهشگران، شایستگی شامل نگرش، انگیزه، مهارت‌ها، توانایی‌ها و دانش مورد نیاز کارکنان برای مقابله با وظایف و چالش‌های مرتبط با شغل برای رسیدن به موفقیت تجاری می‌باشد (هکلاو و همکاران، ۲۰۱۶). در ادامه به خلاصه‌ای از مطالعات مرتبط اشاره می‌گردد.

هکلاو و همکاران[2] (۲۰۱۶)، در پژوهش خود ابتدا فهرست جامعی از شایستگی‌های ضروری برای کار در دنیای دیجیتالی جمع‌آوری و سپس همه‌ی شایستگی‌های شناسایی‌شده را در نمودار

1. Gupta
2. Hecklau et al

راداری به تصویر درآورده‌اند و در نهایت یک استراتژی کاربردی کلی برای مدل شایستگی را مورد بحث قرار داده‌اند (هکلاو و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین پریفتی و همکاران[1] (۲۰۱۷)، مدل شایستگی را پیشنهاد می‌دهند که می‌تواند در عمل توسط شرکت‌ها و دانشگاه‌ها مورد استفاده قرار بگیرد (پریفتی و همکاران، ۲۰۱۷). هکلاو و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهش خود فهرست جامعی از شایستگی‌های خوشه‌بندی‌شده برای رسیدن به موفقیت تجاری در یک محیط دیجیتالی را جمع‌آوری کرده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که، توسعه بیشتر و فعالیت‌های تحقیقاتی باید بر انعطاف‌پذیری و ادغام شایستگی‌های شغلی خاص تمرکز داشته باشد (هکلاو و همکاران، ۲۰۱۷). کازانکوغلو و اوزکان اوزن[2] (۲۰۱۸)، در پژوهش خود یک مدل شایستگی برای نیروی کار صنعت ۴ ارائه دادند (کازانکوغلو و اوزکان اوزن، ۲۰۱۸). در پژوهشی جرمن و همکاران[3] (۲۰۱۸)، با جمع‌آوری شایستگی‌های مورد نیاز در کارخانه‌های هوشمند در آینده، به مجموعه دانش درباره پدیده‌های صنعت ۴،۰ کمک نمودند (جرمن و همکاران، ۲۰۱۸). ورچوتا و همکاران[4] (۲۰۱۹)، در پژوهش خود بر مفروضات سرمایه انسانی و آمادگی آن برای صنعت ۴،۰ در جمهوری چک تأکید کردند (ورچوتا و همکاران، ۲۰۱۹). ساپر و همکاران[5] (۲۰۲۱)، در پژوهش خود بیان نمودند که شایستگی‌های تمایل به یادگیری، درک فرآیند جامع، میان رشته‌ای بودن و مهارت‌های ارتباطی اهمیت بیشماری پیدا خواهند کرد و در حوزه‌های تخصصی تدارکات و تولید، تمایل به صلاحیت‌های بالاتر و کسب شایستگی فناوری اطلاعات و درک فرآیند وجود دارد (ساپر و همکاران، ۲۰۲۱). یافته‌های پژوهش کیپر و همکاران[6] (۲۰۲۱) نشان داد که شایستگی‌های اصلی مورد نیاز شامل مهارت‌های رهبری، خودسازماندهی، خلاقیت، حل مسئله، کار گروهی و... می‌باشند (کیپر و همکاران، ۲۰۲۱). دیلینگر و همکاران[7] (۲۰۲۲)، درصدد این بوده‌اند که نیازهای در حال تغییر برای کارکنان را در زمینه ناب ۴،۰ به تصویر بکشند و آن‌ها را با استفاده از یک مدل شایستگی ارائه نمایند. در نتیجه؛ مدل شایستگی به دست آمده، مبنایی اساسی برای تعریف الزامات شایستگی برای کارکنان، قابل مقایسه کردن آن‌ها و توسعه بیشتر آن‌ها فراهم می‌آورد (دیلینگر و همکاران، ۲۰۲۲).

درنهایت براساس مرور مطالعات انجام شده در زمینه شایستگی‌های انقلاب صنعتی چهارم، ۶۰ شایستگی نیروی انسانی در راستای صنعت ۴،۰ به‌منظور بررسی و مطالعه به روی آن‌ها استخراج و

1. Prifti et al
2. Kazancoglu & Ozkan-Ozen
3. Jerman et al
4. Vrchota et al
5. Sapper et al
6. Kipper et al
7. Dillinger et al

جمع‌بندی شده‌اند و همچنین ۱۹ اقدام جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ طبق مرور ادبیات و نظر خبره شناسایی گردید. به منظور پاسخ به سوال‌های پژوهش، پرسشنامه‌ای براساس شاخص‌های شناسایی شده تدوین شده و در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد تا از طریق روش‌های تاپسیس فازی شهودی و نقشه شناختی فازی شهودی مورد تجزیه وتحلیل قرار گیرد.

هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی شایستگی‌های مورد نیاز نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ و ارائه نقشه راه ارتقاء این شایستگی‌ها در راستای انقلاب صنعتی می‌باشد. پژوهش حاضر در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد و همچنین از منظر گردآوری داده‌ها از نوع آمیخته اکتشافی می‌باشد.

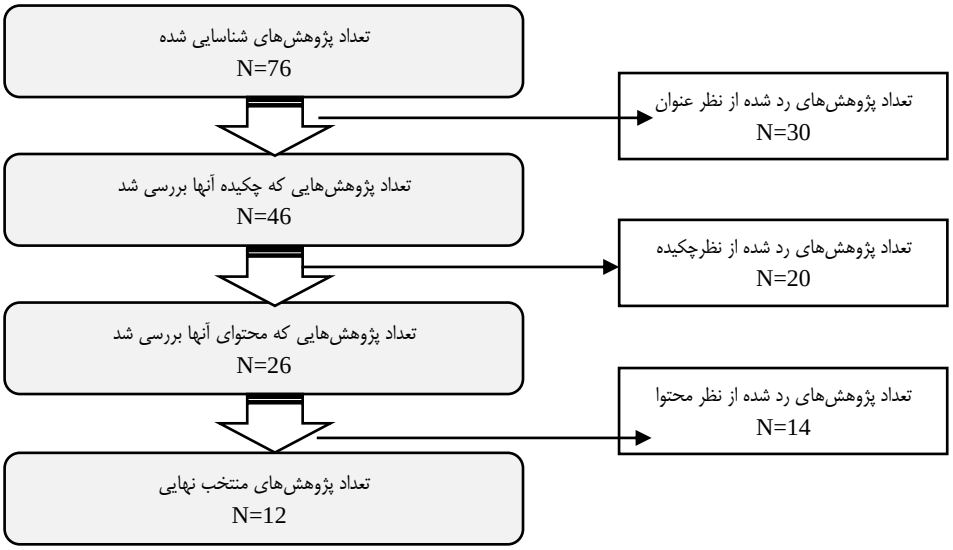
ابزار و روش

پژوهش حاضر از آنجایی که درصدد شناسایی شایستگی‌های موردنیاز نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی چهارم و بررسی اهمیت و وضعیت موجود این شایستگی‌ها را در صنعت فولاد استان یزد می‌باشد، از حیث هدف کاربردی و از منظر گردآوری داده‌ها از نوع آمیخته اکتشافی می‌باشد. همچنین از لحاظ افق زمانی، تک مقطعی است زیرا تنها در یک مقطع زمانی مشخص صورت گرفته و طی دوره‌های زمانی دیگر، تکرار نخواهد شد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی خبرگان دانشگاهی و مدیران حوزه انقلات صنعتی ۴,۰ در صنعت فولاد می‌باشد که با استفاده از روش نمونه‌گیری هدفمند ۱۰نفر از خبرگان این صنعت در تکمیل پرسشنامه مشارکت نمودند. روش‌شناسی انجام پژوهش بدین صورت است که ابتدا به منظور دسترسی به پژوهش‌ها و مقالات انجام شده در زمینه مورد بررسی، به جستجو در دو پایگاه داده scopus و google scholar پرداخته شده است. در دو پایگاه از ترکیب کلید واژه‌های:

(competenc* OR "necessary skills" OR abilities AND "Industry 4.0" AND "Human Resources")

در عنوان، چکیده و کلیدواژه‌های مقالات به عنوان معیارهای ورود مقالات به پژوهش استفاده شد. معیارهای خروج مقالات نیز در سه مرحله به‌ترتیب با غربال‌گری عنوان، چکیده و کل متن مقاله انجام شد و در صورتی که مقاله از جهت موضوع و مسأله تحقیق مرتبط با بحث توسعه مهارت‌ها و شایستگی‌های مرتبط با آن باشد مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گرفت. بصورت کلی نگاه محققین به مسأله معرفی متغیرها و شاخص‌هایی است که معرف شایستگی‌های نیروی انسانی در صنعت ۴,۰ می‌باشد (نه روش تحقیق آن‌ها)، در مجموع در پایگاه scopus ، ۱۱۷ و در پایگاه google scholar نیز ۷۰ مقاله یافت شد که پس از بررسی در مجموع سرچ و حذف موارد تکراری در دو پایگاه ۷۶

مورد از آن‌ها مناسب و مرتبط بودند. در ادامه پس از تحلیل محتوای مطالعات در طی فرآیند بررسی عنوان، چکیده و محتوای متن آن‌ها، مواردی که دارای مطالب غیرمرتبط و ناقص بوده و موارد تکراری حذف و پالایش شدند(مطابق شکل (۱)). و در نهایت ۱۲ مقاله که مطالب مرتبط و تخصصی‌تری را در حوزه شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ دارا بودند به‌منظور استخراج شایستگی‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۱).



شکل ۱: خلاصه‌ای از نتایج جستجو و انتخاب منابع مناسب

Figure 1. A schematic summary of the search results and selected resources

در پژوهش حاضر جهت استخراج متغیرها پس از تحلیل محتوای مطالعات انتخاب شده؛ مدل‌ها، چارچوب‌های مفهومی و فرضیه‌هایی موجود در مقالات مرتبط مبنا قرار گرفته و از دورن آن‌ها لیست متغیرها استخراج گردید و پس از حذف و پالایش مواردی که دارای همپوشانی بودند متغیرها ابتدا در دو سطح ابعاد و شایستگی‌های مورد نیاز و سپس هم در سطح مولفه‌هایِ معرف اقدامات دسته‌بندی شدند. در نهایت خروجی عوامل مستخرج از فرایند کدگذاری مطابق جداول ۱ و ۲ می‌باشد.

جدول ۱: شایستگی‌های مورد نیاز نیروی انسانی در صنعت ٤,٠

Table 1: Required competencies of human resources in Industry ٤,٠

ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code	ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code
شایستگی‌های فنی/ حرفه‌ای	دانش روز	Hecklau et al., 2016; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	C1	شایستگی‌های اجتماعی	توانایی‌های زبانی	Hecklau et al., 2016; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021	C31
	مهارت‌های فنی	Hecklau et al., 2016; Jerman et al. 2018; Simic Nedelko &, 2019; Hernandez-deMenendez et al., 2020	C2		مهارت‌های ارتباطی	Hecklau et al., 2016, Hecklau et al., 2017; Simic Nedelko &, 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Prifti et al., 2017; Sapper et al., 2021	C32
	درک/ مدیریت فرآیند	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Jerman et al., 2018; Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Simic Nedelko &, 2019; Hernandez-de, Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021	C3		مهارت‌های شبکه سازی	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	C33
	مهارت‌های رسانه‌ای	Hecklau et al., 2016; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021	C4		توانایی کار تیمی	Hecklau et al., 2016; Erol et al., 2016; Prifti et al., 2017; ,Jerman et al., 2018; Simic Nedelko &, 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C34
	درک امنیت فناوری اطلاعات	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Jerman et al., 2018; Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Vrchota et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C5		توانایی سازش و همکاری	Hecklau et al., 2016; Erol et al., 2016; Prifti et al., 2017; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C35

کد Code	منبع reference	شایستگی‌ها competencies	ابعاد Dimentions	کد Code	منبع reference	شایستگی‌ها competencies	ابعاد Dimentions
C36	Hecklau et al., 2016; Jerman et al., 2018; ,Simic & Nedelko 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	توانایی انتقال دانش		C6	Prifti et al., 2017; Simic Nedelko &; 2019	مذاکره	
C37	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021	مهارت‌های رهبری		C7	,Nedelko & Simic 2019; Vrchota et al., 2019; Sapper et al., 2021	مهارت های IT	
C38	Simic Nedelko &; 2019	اعمال نفوذ		C8	Simic Nedelko &, 2019;	دانش زبان‌های خارجی	
C39	Sapper et al., 2021	مهارت‌های هماهنگی		C9	Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Sapper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	برخورد/ تعامل با رابطهای مدرن/ انسان و ربات	
C40	Sapper et al., 2021;	اصطلاحات تخصصی فنی		C10	,Erol et al., 2016; Vrchota et al., 2019; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021;	توانایی پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها	
C41		مدیریت تعارض		C11	Vrchota et al., 2019; ,Sapper et al., 2021	دانش برنامه نویسی	

ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code	ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code
	یادگیری ماشین/ هوش مصنوعی	Sapper et al., 2021	C12	شایستگی‌های شخصی	انعطاف پذیری	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; Jerman et al., 2018; Kazancoglu & Ozkan-Simic & Ozen, 2018; ; Nedelko, ۲۰۱۹ Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021	C42
	مشتری مداری	Prifti et al., 2017; Sapper et al., 2021	C13		تحمل ابهام	Hecklau et al., 2016; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021	C43
	دانش آمار	Vrchota et al., 2019; Sapper et al., 2021	C14		انگیزه/ تمایل به یادگیری	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Jerman et al., 2018; ; Nedelko & Simic 2019; Vrchota et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C44
	دانش ارگونومتری	Prifti et al., 2017; Vrchota et al., 2019	C15		توانایی کار تحت فشار و استرس/ تاب‌آوری	Hecklau et al., 2016; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021	C45
	آگاهی قانونی	Prifti et al., 2017; Vrchota et al., 2019	C16		ذهنیت پایدار	Hecklau et al., 2016; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	C46
	درک تشابهات عملکرد فناوری‌های جدید	Jerman et al., 2018	C17		تفکر تحلیلی	Simic Nedelko &, 2019;	C47

ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	کد Code	منبع reference	ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	کد Code	منبع reference
شایستگی‌های روش شناختی	خلاقیت	C18	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; ,Prifti et al., 2017; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022		اعتماد به‌نفس	C48	Simic Nedelko &, 2019;
	تفکر کارآفرینی	C19	Hecklau et al., 2016; Prifti et al., 2017; Hernandez-de-Menendez et al., 2020		عیب یابی	C49	Simic Nedelko &, 2019;
	حل مشکل	C20	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; Jerman et al., 2018; Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022		دقت/ قابلیت اطمینان	C50	Simic Nedelko &, 2019;
	حل تعارض	C21	Hecklau et al., 2016; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020		مدیریت خود و یکدیگر	C51	Prifti et al., 2017; Simic Nedelko &, 2019; Vrchota et al., 2019; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022
	تصمیم گیری	C22	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; ,Prifti et al., 2017; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021		خود سازماندهی	C52	Prifti et al., 2017; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021

ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code	ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code
	مهارت‌های تحلیلی	Hecklau et al., 2016; Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; ,Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C23		خود ابتکاری	Sapper et al., 2021	C53
	مهارت‌های تحقیق	Hecklau et al., 2016; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	C24		مسئولیت پذیری	Prifti et al., 2017; Sapper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C54
	دانش فناورانه	Sapper et al., 2021	C25		اعتقاد/ اعتماد به فناوری های جدید	Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Vrchota et al., 2019	C55
	قابلیت نوآوری	Prifti et al., 2017; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C26		سازگاری/ گشودگی برای تغییر	Prifti et al., 2017; Vrchota et al., 2019; Dillinger et al., 2022	C56
	تطبیق پذیری	Sapper et al., 2021	C27		نگرش راه حل محور	Erol et al., 2016	C57
	مدیریت پروژه	Hecklau et al., 2016; Prifti et al., 2017	C28		تعیین موفقیت آمیز خط تقسیم بین اطلاعات مهم و کم‌اهمیت	Jerman et al., 2018	C58
	توانایی تفکر و عمل میان رشته‌ای	Hecklau et al., 2017; Prifti et al., 2017; Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	C29		خود ارزیابی	Kipper et al., 2021	C59

ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code	ابعاد Dimentions	شایستگی‌ها competencies	منبع reference	کد Code
شایستگی‌های اجتماعی	مهارت‌های بین فرهنگی	Hecklau et al., 2016; Prifti et al., 2017; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	C30		ظرفیت ارائه و دریافت بازخورد	Kipper et al., 2021	C60

جدول ۲: اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌های صنعت ٤,۰ نیروی انسانی

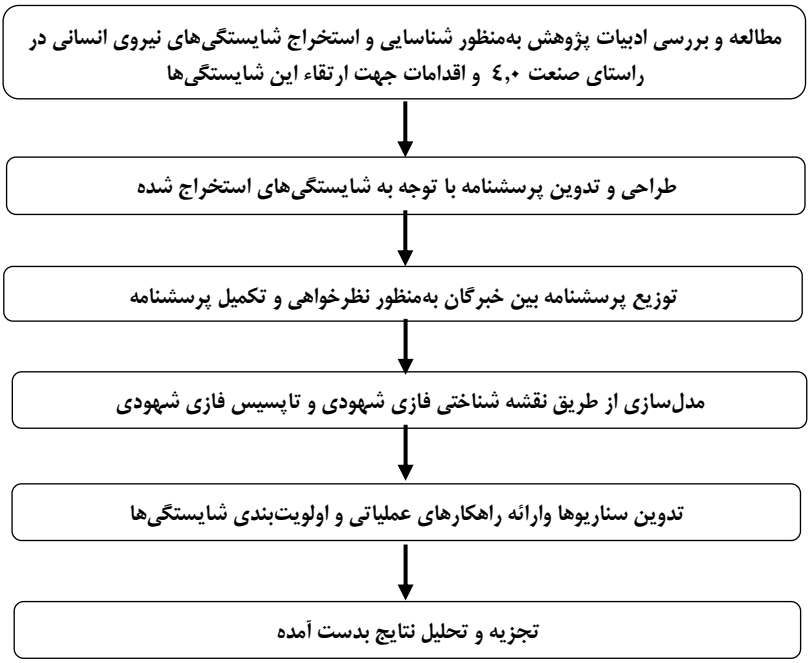
Table2: Measures to improve the competences of Industry ٤,۰ human resources

مؤلفه‌ها elements	منبع reference	کد Code	مؤلفه‌ها elements	منبع reference	کد Code
تمایل دولت/بنگاه در پیاده‌سازی صنعت	Vrchota et al., 2019; Hecklau et al., 2016; Hecklau Simicet al., 2017; ; Nedelko,۲۰۱۹ & Kipper et al., 2021	1V	تمایل بنگاه‌ها و به ویژه پرسنل مرتبط با مدیریت فناوری به توسعه فناوری به جای خرید فناوری	Prifti et al., 2017; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	11V
دسترسی بنگاه‌ها به کارشناسان و کارکنان متخصص در حوزه شکوفایی استعدادها	Vrchota et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	2V	وجود مسائل امنیتی همچون سرقت داده یا امنیت سایبری برای پذیرش و استقرار صنعت ۴,۰	Sapper et al., 2021; Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018	12V
حمایت بنگاه‌ها از اختراعات و تجاری‌سازی آن‌ها	Prifti et al., 2017; Vrchota et al., 2019; Hecklau et al., 2017; Kipper et al., 2021	3V	عدم تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها به پذیرش صنعت ۴,۰ به دلایل ترس از سودآوری و ریسک سرمایه‌گذاری	, Simic & Nedelko 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	13V
رقابت بین بنگاه‌ها برای حرکت به سمت صنعت ۴,۰	Vrchota et al., 2019; Hecklau et Simic & al., 2017; , 2019; Nedelko Kipper et al., 2021	4V	رشد و تثبیت واحد R&D بنگاه در حوزه‌های علوم کامپیوتر و علوم مرتبط با صنعت ۴,۰	Hecklau et al., 2017; Erol et al., 2016	14V
برگزاری برنامه‌ها/ سمینارهای آموزشی در زمینه دیجیتالی شدن و اتوماسیون	Simic & Nedelko, 2019; Vrchota et al., 2019; Hecklau et al., 2017; Jerman et al., 2018; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	5V	سطح دسترسی و سرعت اینترنت در بنگاه	Vrchota et al., 2019; Hecklau et al., 2017	15V
دسترسی بنگاه به نیروی انسانی متخصص و مرتبط با	Vrchota et al., 2019; Jerman et al., 2018;	6V	سرمایه‌گذاری لازم، جهت اجرای صنعت ۴,۰	Vrchota et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et	16V

کد Code	منبع reference	مؤلفه‌ها elements	کد Code	منبع reference	مؤلفه‌ها elements
	al., 2020			Hernandez-de-Menendez et al., 2020	صنعت ۴,۰
17V	Hecklau et al., 2016; Erol et al., 2016; Prifti et al., 2017; Jerman et al., 2018; Simic & Nedelko. 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021; Kipper et al., 2021; Dillinger et al., 2022	انجام کار تیمی در راستای فعالیت‌های مرتبط با صنعت ۴,۰	7V	Sapper et al., 2021;Vrchota et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Dillinger et al., 2022	استراتژی‌های بنگاه‌ها برای ترویج، سرمایه‌گذاری و ایجاد آگاهی در مورد صنعت ۴,۰
18V	Prifti et al., 2017; Hecklau et al., 2017; Simic & Nedelko, 2019, Vrchota et al., 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Kipper et al., 2021,	ارتباط بنگاه با دانشگاه در راستای تامین اطلاعات بخش مشاوره‌ی تخصصی و تحقیق و توسعه برای دستیابی به شایستگی‌ها در راستای انقلاب صنعتی چهارم	8V	Simic & Nedelko, 2019; Hecklau et al., 2017; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	ظرفیت تقاضای بازار داخل برای پذیرش و رشد صنعت ۴,۰ از سوی بنگاه‌ها
19V	Simic & Nedelko, 2019; Hernandez-de-Menendez et al., 2020; Sapper et al., 2021	پذیرش کارکنان در رابطه با تغییرات مرتبط با روند دیجیتالی شدن و به‌کارگیری فناوری‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ در سطح بنگاه	9V	Vrchota et al., 2019; Hecklau et al., 2017; Hernandez-de-Menendez et al., 2020	فعالیت بنگاه‌ها در سطح ملی و بین المللی برای استقرار و گسترده نمودن صنعت ۴,۰
			10V	Simic & Nedelko, 2019; Vrchota et al., 2019; Erol et al., 2016; Hecklau et al., 2017	تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها برای حرکت به سمت هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند

سپس براساس شاخص‌های شناسایی شده، پرسشنامه‌ای تدوین شده و از طریق آن نظرات خبرگان صنعت فولاد جمع‌آوری شده و در ادامه به کمک روش تاپسیس فازی شهودی، شایستگی-های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ در صنعت فولاد اولویت‌بندی شدند. همچنین از طریق

نقشه شناختی فازی شهودی، نقشه راه اتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴٫۰ در صنعت فولاد تدوین شد. شکل (۲) مراحل انجام پژوهش را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۲: مراحل انجام پژوهش
Figure 2: Research steps

در پژوهش حاضر، جهت بررسی کنترل کیفیت مدل (دسته‌بندی ۶۰ شایستگی در ۴ بُعد)، از شاخص کاپا استفاده شد. بدین طریق که خبره دیگری که متخصص حوزه مدیریت و صنعت ۴.۰ بود، بدون اطلاع از نحوه ادغام مفاهیم و شایستگی‌های ایجاد شده توسط پژوهشگر، اقدام به گروه-بندی مفاهیم می‌کند. سپس گروه‌های ارائه شده توسط پژوهشگر با گروه‌های ارائه شده توسط خبره، مقایسه می‌شود. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، پژوهشگر ۴ گروه و خبره دیگر ۵ گروه ایجاد کرده‌اند که از این تعداد، ۳ گروه مشترک هستند. طبق محاسبات صورت گرفته، مقدار شاخص کاپا برابر است با ۰/۴۸، که در سطح توافق مناسب قرار می‌گیرد و نتیجتاً، پایایی مدل تائید می‌شود.

جدول ۳: مقایسه بین گروه های پیشنهادی نویسندگان حاضر و تخصص

Table 3: The comparison between groups suggested by the present authors and the expert

		نظر پژوهشگر Authors' opinion		
		بله Yes	خیر No	مجموع کدگذار اول Aggregate of codification 1
نظر خبره Authors' opinion	بله Yes	A=3	B=1	4
	خیر No	C=2	D=0	2
	مجموع کدگذار دوم Aggregate of codification 2	5	1	N=6

$$\text{توافقات مشاهده شده} = \frac{A+D}{N} = \frac{4}{7} = 0.5$$

$$\text{توافقات شانسی} = \frac{A+B}{N} \times \frac{A+C}{N} \times \frac{C+D}{N} \times \frac{B+D}{N} = \frac{4}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{2}{6} \times \frac{1}{6} = 0.03086$$

$$\text{مقدار شاخص کاپا} = \frac{\text{توافقات مشاهده شده} - \text{توافقات شانسی}}{1 - \text{توافقات شانسی}} = \frac{0.5 - 0.03086}{1 - 0.03086} = ۰,٤٨٤$$

به‌منظور ارزیابی روایی پرسشنامه طبق روایی صوری عمل شده است، طرح ابتدایی پرسشنامه در اختیار اساتید و خبرگان دانشگاهی قرار گرفته و کفایت تعداد و محتوای سؤالات برای سنجش همه ابعاد چارچوب مفهومی تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. همچنین جهت بررسی پایایی پرسشنامه ضریب آلفای کرونباخ برای پرسشنامه با استفاده از نرم‌افزار SPSS16، محاسبه شد که این مقدار برای همه ابعاد پرسش‌نامه طبق جدول (۴) بالای ۰,۷۰ به‌دست آمد و این نشان‌دهنده پایایی بالای پرسشنامه می‌باشد.

جدول ٤: نتایج آلفای کرونباخ

Table 4: Cronbach's alpha results

ابعاد Dimensions	تعداد گویه Number of item	آلفای کرونباخ Cronbach's alpha
اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌ها	19	0.923
شایستگی‌های فنی/حرفه‌ای	17	0.925
شایستگی‌های روش‌شناختی	12	0.969
شایستگی‌های اجتماعی	12	0.918
شایستگی‌های شخصی	19	0.966
کل سؤالات پرسشنامه	60	0.981

نقشه شناختی فازی شهودی (FCM)

نقشه شناختی فازی شهودی همانند نقشه‌های شناختی سنتی، از تعدادی گره تشکیل می‌شود که نشان‌دهنده مفاهیم متغیر هستند. یک نقشه شناختی فازی با n مفهوم از طریق یک ماتریس n×n نمایش داده می‌شود. به طور معمول، رابطه علیت بین دو مفهوم به‌وسیله‌ی تابع غیرخطی e(ci,cj) شرح داده می‌شود که درواقع نشان‌دهنده میزان تأثیر ci را بر cj می‌باشد. به همین منظور، اشنایدر، کندل و چو[1] (۱۹۹۸)، روشی را برای تولید خودکار نقشه شناختی فازی طراحی کردند. پس از آن‌ها، رودریگز–ریپیسو[2] (۲۰۰۷)، مدل اشنایدر را توسعه دادند تا نقشه شناختی فازی پیشرفته را براساس چهار ماتریس گسترش دهند. این چهار ماتریس عبارتند از: ۱) ماتریس موفقیت اولیه، ۲) ماتریس موفقیت فازی شده، ۳) ماتریس موفقیت قدرت رابطه و ۴) ماتریس موفقیت نهایی (میرغفوری[3] و همکاران، ۲۰۱۸). نقشه شناختی فازی شهودی در طی پنج گام ایجاد می‌شود که به شرح زیر می‌باشد (پرونومو[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

گام ۱– تشکیل ماتریس اولیه موفقیت (IMS)[5]: ماتریس اولیه موفقیت یک ماتریس[n×m] است که هر عنصر یا درایه در این ماتریس (A_{ij}) نشان‌دهنده اهمیتی می‌باشد که متخصص j برای شاخص یا مفهوم i بر اساس دیدگاه خود قائل است.

گام ۲– تشکیل ماتریس فازی شهودی موفقیت (IFZMS)[6]: در این گام ماتریس فازی شده‌ی موفقیت نیز یک ماتریس [n×m] می‌باشد که در آن [μij(x), νij(x), πij(x)] نشان‌دهنده میزان اهمیت فازی شهودی است که به‌واسطه‌ی متخصص j به شاخص یا مفهوم i داده شده است.

گام ۳– تشکیل ماتریس قدرت روابط (SMSR)[7]: ماتریس قدرت روابط یک ماتریس [n×n] است که هر عنصر یا درایه در این ماتریس نمایانگر رابطه‌ی بین مفهوم i با مفهوم j می‌باشد و با S_{ij} نمایش داده می‌شود و مقدار S_{ij} در دامنهٔ [1 ,1-] قرار می‌گیرد. در حقیقت S_{ij} بیانگر میزان شباهت بین مفهوم i و j می‌باشد. و این مقدار از طریق محاسبه فاصلهٔ اقلیدوسی نرمال شده (طبق رابطه زیر) تعیین می‌شود.

1. Schneider, Kendall and Chu
2. Rodriguez-Repiso
3. Mirghafoori
4. Purnomo
5. Intuitive Matrix of Success
6. Intuitive Fuzzy Matrix of Success
7. Relationship Strength of Matrix of Success

$$d(A,B)=\sqrt{\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}\left(\left(\mu_A(X_i)-\mu_B(X_i)\right)^2+\left(\nu_A(X_i)-\nu_B(X_i)\right)^2+\left(\pi_A(X_i)-\pi_B(X_i)\right)^2\right)}$$

در نتیجه همبستگی یا شباهت میان دو مفهوم، (S_{ij}) به کمک رابطه ذیل محاسبه می‌شود.

$$S_{ij}=1-d_{ij}$$

سه رابطه‌ی احتمالی میان دو مفهوم **i** و **j** بر اساس S_{ij} وجود دارد که به شرح زیر می‌باشند (Mirghafoori et al., 2018):

اگر $S_{ij}>0$ باشد، میان مفاهیم i و j رابطه‌ی مستقیم وجود دارد، اگر $S_{ij}<0$ باشد، میان مفاهیم i و j رابطه‌ی معکوس (منفی) وجود دارد و اگر $S_{ij}=0$ باشد، هیچ رابطه‌ای میان مفاهیم i و j وجود ندارد.

گام ۴- تشکیل ماتریس موفقیت نهایی (FMS)[1]: برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و تبدیل SRMS به ماتریس نهایی موفقیت به یک نظر کارشناسی جهت حذف داده‌های گمراه‌کننده و غیرمرتبط احتیاج است که برای تفکیک آن دسته از عناصر فازی شهودی به‌کار می‌روند که نشان‌دهنده روابط علی میان مفاهیم هستند (اسماعیل‌زاده[2] و همکاران، ۲۰۲۱).

گام ۵- نمایش گرافیکی نقشه شناختی فازی شهودی: در نمایش گرافیکی ماتریس نهایی موفقیت، یک نقشه شناختی فازی شهودی هدفمند برای مفاهیم ترسیم می‌شود (مهرگان و سیدکلالی[3]، ۲۰۱۲).

تاپسیس فازی شهودی[4]

روش اولویت‌بندی بر اساس نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS)، ارائه شده توسط هوانگ و یون[5] (۱۹۸۱)، یکی از روش‌های معروف برای مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد (روغنیان و مجیبیان[6]، ۲۰۱۲). چن برای اولین‌بار در سال ۲۰۰۰ در مقاله‌ای تحت عنوان «بسط روش تاپسیس به تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی» از تکنیک تاپسیس با رویکرد فازی استفاده نموده است (چن[7]، ۲۰۰۰). طبق نظر شرح زیر می‌باشد (رویین‌دق[8] و همکاران، ۲۰۲۰):

1. Final Matrix of Success
2. Esmailzadeh
3. Mehrgan & Seyed Kalali
4. Intuitive Fuzzy TOPSIS
5. Hwang & yoon
6. Roganian, & Mujibian
7. Chen
8. Rouyendegh

گام ۱– تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری: در این گام ماتریس تصمیم‌گیری با توجه به تعداد گزینه‌ها و تعداد شاخص‌ها و مقادیر ارزیابی‌شده گزینه‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف، تشکیل می‌شود.

گام ۲– تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی شهودی: به‌منظور تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری فوق به ماتریس تصمیم‌گیری فازی شهودی باید از متغیرهای کلامی یا اعداد فازی استفاده نمود.

گام ۳– تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری موزون (S): در این گام با ضرب وزن شاخص‌ها در ماتریس تصمیم‌گیری، ماتریس موزون فازی شهودی طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$S = R \times W$$

$$R \otimes W=\left(\mu_{\tilde{j}}^{'}.\ v_{\tilde{j}}^{'}\right)=\left\{\left(x,\mu_{\tilde{j}}\times\mu_{j},v_{ij}+v_{j}-v_{\tilde{j}}\times v_{j}\right)\right\}$$

گام ۴– تعیین جواب ایده‌آل مثبت فازی شهودی (A^{+}) و ایده‌آل منفی فازی شهودی (A^{-}) شاخص‌ها: اساس روش تاپسیس، محاسبه‌ی میزان فاصله‌ی گزینه‌ها از ایده‌آل مثبت و منفی می‌باشد. جواب ایده‌آل مثبت فازی شهودی شامل بهترین مقادیر در هر شاخص و جواب ایده‌آل منفی فازی شهودی شامل بدترین مقادیر در هر شاخص می‌باشد.

$$A^{+}=\left(r_1^{*},r_2^{*},\ldots,r_n^{*}\right),\ r_j^{*}=\left(\mu_j^{*},\ v_j^{*},\ \pi_j^{*}\right),\ j=1,\ 2,\ \ldots,\ n$$
$$A^{-}=\left(r_1^{-},r_2^{-},\ldots,r_n^{-}\right),\ r_j^{-}=\left(\mu_j^{-},\ v_j^{-},\ \pi_j^{-}\right),\ j=1,\ 2,\ \ldots,\ n$$

جایی که داریم:

$$\mu_j^{*}=\left\{\left(\max_i\{\mu_{ij}^{'}\}j\in J_1\right),\ \left(\min_i\{\mu_{ij}^{'}\}j\in J_2\right)\right\}$$
$$v_j^{*}=\left\{\left(\min_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_1\right),\left(\max_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_2\right)\right\},$$
$$\pi_j^{*}=\left\{\left(1-\max_i\{\mu_{ij}^{'}\}-\min_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_1\right),\left(1-\min_i\{\mu_{ij}^{'}\}-\max_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_2\right),\right\},$$
$$\mu_j^{-}=\left\{\left(\min_i\{\mu_{ij}^{'}\}j\in J_1\right),\left(\max_i\{\mu_{ij}^{'}\}j\in J_2\right)\ \right\},$$
$$v_j^{-}=\left\{\left(\max_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_1\right),\left(\min_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_2\right)\right\}$$
$$\pi_j^{-}=\left\{\left(1-\min_i\{\mu_{ij}^{'}\}-\max_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_1\right),\left(1-\max_i\{\mu_{ij}^{'}\}-\min_i\{v_{ij}^{'}\}j\in J_2\right),\right\}.$$

گام ۵– محاسبه فاصله گزینه‌ها از مقادیر راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی فازی: در حقیقت روش تاپسیس، گزینه‌ها را براساس میزان نزدیکی به ایده‌آل مثبت و دوری نسبت به ایده‌آل منفی رتبه‌بندی می‌نماید.

$$S_i^+ = \sqrt{\frac{1}{2n}\sum_{j=1}^{n}\left[\left(\mu'_{ij}-\mu'^{*}_{j}\right)^2+\left(v'_{ij}-v'^{*}_{j}\right)^2+\left(\pi'_{ij}-\pi'^{*}_{j}\right)^2\right]}$$

$$S_i^- = \sqrt{\frac{1}{2n}\sum_{j=1}^{n}\left[\left(\mu'_{ij}-\mu'^{-}_{j}\right)^2+\left(v'_{ij}-v'^{-}_{j}\right)^2+\left(\pi'_{ij}-\pi'^{-}_{j}\right)^2\right]}$$

گام۶- محاسبه ضریب نزدیکی نسبی گزینه‌ها به مقدار ایده‌آل: در این گام از طریق رابطه ذیل، ضریب نزدیکی هر کدام از گزینه‌ها نسبت به راه‌حل ایده‌آل محاسبه می‌گردد.

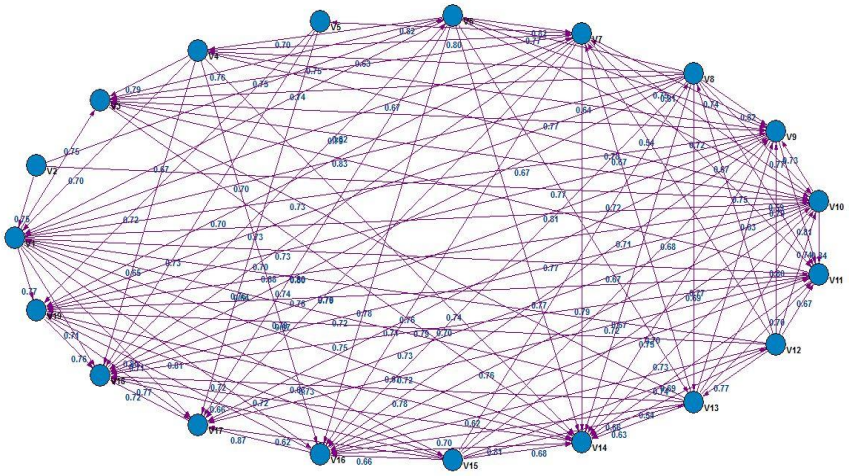
$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad , \text{and } 0 \le C_i^* \le 1$$

گام ۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها: درنهایت در گام آخر گزینه‌ها بر اساس ترتیب نزولی $\mathbf{C_i^*}$ رتبه‌بندی می‌شوند. به این صورت که، بهترین گزینه دارای بیشترین مقدار $\mathbf{C_i^*}$ و بدترین گزینه دارای کمترین مقدار $\mathbf{C_i^*}$ می‌باشد.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

تحلیل نگاشت فازی اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰

در این قسمت از پژوهش ابتدا اقدامات به‌دست آمده از بخش‌های قبل در قالب پرسشنامه تدوین شده و در اختیار ۱۰ نفر از خبرگان صنعت فولاد استان یزد قرار گرفت. سپس در نرم‌افزار Excel گام‌های روش نقشه شناختی فازی بر روی داده‌های به‌دست‌آمده از این پرسش‌نامه اجرا گردید و درنهایت پس از مشخص نمودن ماتریس موفقیت نهایی (FMS)، داده‌های این ماتریس به نرم‌افزار FCMappear وارد و درنهایت با استفاده از نرم‌افزار pajek، نگاشت میان مفاهیم ترسیم می‌شود. شکل (۳) نقشه گرافیکی IFCM را برای اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ در صنعت فولاد نمایش می‌دهد.



شکل ۳: نقشه گرافیکی IFCM اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ٤,۰ در صنعت فولاد

Figure 3: IFCM graphic map for Actions to promote human resources competencies in line with the Fourth Industrial Revolution in the steel industry

همچنین بعد از ادغام نظرات خبرگان، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از عوامل در نرم‌افزار FCMappear تجزیه‌وتحلیل می‌گردند. این موارد به شرح جدول (۵) می‌باشد.

جدول ۵: شاخص‌های نقشه شناختی فازی

Table 5: Fuzzy cognitive map indicators

عوامل Factors	تأثیرگذاری Outdegree	تأثیرپذیری Indegree	مرکزیت Centrality	عوامل Factors	تأثیرگذاری Outdegree	تأثیرپذیری Indegree	مرکزیت Centrality
1V	7.98	4.15	12.13	**11V**	3.8	6.76	10.56
2V	2.28	0	2.28	**12V**	6.48	0.69	7.17
3V	1.56	6.17	7.73	**13V**	6.13	2.79	8.92
4V	5.9	1.33	7.23	**14V**	0.72	10.07	10.79
5V	2.21	0.82	3.03	**15V**	6.95	0.73	7.67
6V	7.44	2.31	9.75	**16V**	3.89	6.5	10.39
7V	6.8	4.24	11.04	**17V**	1.44	7.42	8.86
8V	8.79	1.38	10.18	**18V**	0.79	9.33	10.12
9V	3.78	7.81	11.59	**19V**	2.31	7.47	9.79
10V	6.87	6.61	13.03	**-**	-	-	-

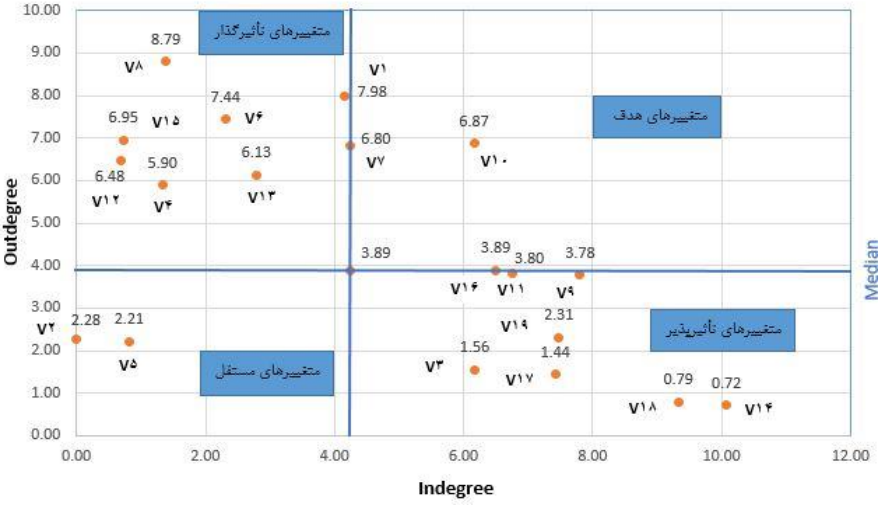
در ادامه جهت ارتقاء شایستگی‌ها در این صنعت نقشه راه با تدوین سناریو تدوین می‌گردد.

پس از تبیین و ترسیم نقشه شناختی فازی شهودیِ اقدامات جهت شایستگی‌های نیروی انسانی، مبادرت به تحلیل و نحوه توسعه مهارت‌های انسانی در راستای انقلاب صنعتی چهارم گردید و سناریوهای محتمل‌تر بررسی و تحلیل شدند. نقشه شناختی فازی شهودی ارائه شده می‌تواند به عنوان مبنای ارائه سناریوهایی جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در صنعت فولاد استان یزد باشد. هنگام تدوین سناریوها باید به این نکته توجه کرد که با چه سناریویی می‌توان به تغییر در رفتار متغیرهایی رسید که بیشترین میزان تأثیر را بر ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی دارند یعنی به این سؤال پاسخ داد که چه کار باید کرد تا متغیرهایی که محرک بهبود و ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی هستند تغییر کنند.

بنابراین در تدوین سناریو رو به جلو، متغیری که دارای بیشترین مرکزیت و تأثیرپذیری در بین ۱۹ عوامل جدول ۴ است، انتخاب می‌شود و تأثیرگذاری آن به روی متغیر دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به این که متغیر V۱۰ یک متغیر تعادلی است و بالاترین مرکزیت را دارا است، از اینجا به بعد تأثیرگذاری این متغیر بررسی می‌شود، متغیر V۱۰ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۱ و سپس این متغیر بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۳ دارد. طبق همین روند V۳ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۴ و پس از آن V۱۴ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۸ در ادامه V۱۸ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۶ دارد و V۶ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۷ دارد در ادامه V۷ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۵ و پس از آن V۵ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۷ دارد و درنهایت V۱۷ به روی هیچ متغیری تأثیرگذار نمی‌باشد. به‌طور خلاصه برطبق این سناریو بر اثر تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها به هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند، مجموعه اقداماتی تأثیرگذار به‌طور متوالی صورت می‌گیرد. به این معنا که بر اثر تمایل مدیران، بنگاه نیز به‌سمت توسعه فناوری‌ها به جای خرید آن‌ها تمایل پیدا می‌کند و به‌دنبال آن از اختراعات و تجاری‌سازی آن‌ها حمایت صورت می‌گیرد که این خود موجب رشد و تثبیت واحد R&D بنگاه در حوزه‌ی صنعت ۴,۰ می‌شود و همچنین فرصت ارتباط بنگاه با دانشگاه را در راستای تأمین اطلاعات برای تحقیق و توسعه به منظور دستیابی به شایستگی‌های صنعت ۴,۰ فراهم می‌آورد و به دنبال آن بنگاه به نیروی انسانی متخصص در صنعت ۴,۰ دسترسی پیدا می‌کند و استراتژی‌هایی برای ترویج و ایجاد آگاهی در مورد صنعت ۴,۰ در نظر می‌گیرد که برای عملی کردن این استراتژی‌ها، به برگزاری برنامه‌ها و سمینارهای آموزشی و انجام کار تیمی در راستای فعالیت‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ می‌پردازد. همچنین در تدوین سناریو رو به عقب، نیز متغیری که دارای بیشترین مرکزیت و تأثیرپذیری در بین ۱۹ عوامل جدول ۴ است، انتخاب می‌شود و سپس به همین ترتیب به عقب بازمی‌گردد تا به متغیری دست یابد که بیشترین تأثیرگذاری را داشته باشد. با توجه به این توضیحات، ابتدا متغیر V۱۰

که دارای بیشترین مرکزیت و تأثیرپذیری می‌باشد برای شروع سناریوسازی رو به عقب انتخاب می‌شود. در ادامه با حرکت رو به عقب؛ متغیری که بیشترین تأثیرگذاری را روی V۱۰ داشته، متغییر V۱۳ بوده است و سپس V۱۲ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۳ داشته و پس از آن V۱۵ بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۲ درنهایت به متغیر V۱ که بیشترین تأثیرگذاری را به روی V۱۵ داشته، می‌رسیم و دیگر هیچ متغیری به روی خود V۱ تأثیرگذار نبوده است. در حقیقت این سناریو با توجه به متغیرهای دولت، دسترسی اینترنت، مسائل امنیتی، ریسک سرمایه‌گذاری و تمایل مدیران و مالکان، محیط بیرونی بنگاه را نشان می‌دهد. به‌طور خلاصه بر طبق این سناریو مشخص می‌شود برای این که مدیران و مالکان بنگاه‌ها به هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند تمایل پیدا کنند، می‌بایست یک‌سری عوامل تأثیرگذار همچون ریسک سرمایه‌گذاری، مسائل امنیتی، سطح دسترسی به اینترنت و تمایل دولت را به عنوان موانع این مسیر پشت سر بگذارند.

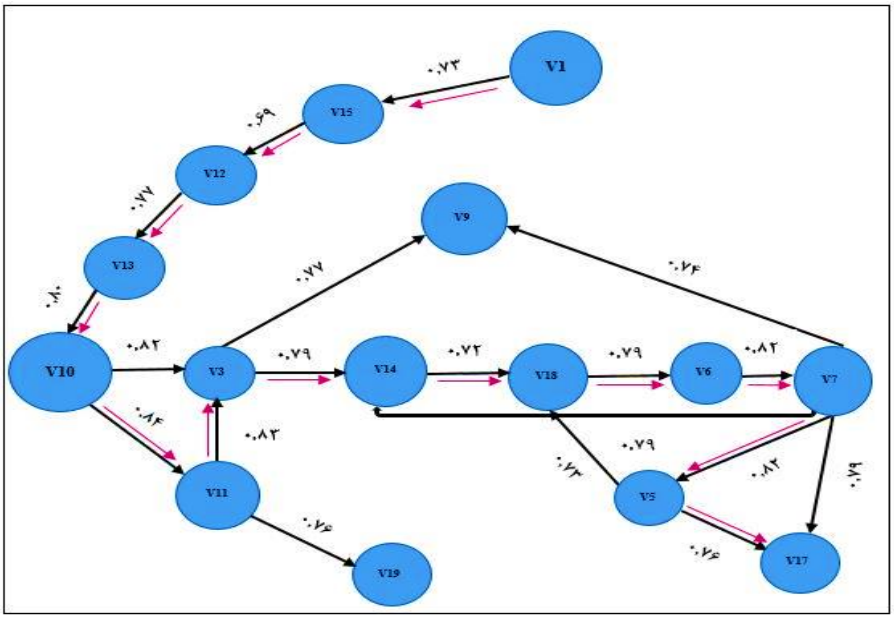
برطبق روند کلی مسیر این دو سناریو، متغیرهای مهمی وجود دارند که خود آن‌ها دارای بیشترین مرکزیت هستند که عبارتند از: V۱۰، V۱، V۱۱، V۱۴، V۱۸، V۶، V۷، V۱۷. برای این که این مسیر بهتر درک شود و ارتباط سایر متغیرها در شکل‌دهی رفتار متغیرهایی که بالاترین مرکزیت را دارند مورد بررسی قرار گیرد، در شکل (۴) روابط کامل‌تری از متغیرها را می‌توان مشاهده نمود.



شکل٤ : نمودار تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

Figure 4: Impact and impactability diagram

باتوجه به نمودار فوق مشخص می‌شود که برخی از متغیرها، متغیرهای تأثیرگذار مهم، تأثیرپذیر مهم، متغیرهای تعادلی یا هدف و متغیرهای مستقل هستند. در حقیقت این متغیرها بخش مهم‌تر و اصلی نمودار روابط علی بین متغیرها را شکل می‌دهند که به‌صورت شکل (۵) می‌باشد.



شکل ۵: مسیر سناریوی اول و دوم

Figure 5: The route of the first and second scenario

سناریوهایی که قبلاً ذکر شد در شکل (۴) این مسیر قرمز رنگ را به وجود می‌آورد، اما غیر از آن متغیرهای دیگری هم وجود دارند که مهم هستند مانند: V۹ (فعالیت بنگاه‌ها در سطح ملی و بین المللی برای استقرار و گسترده نمودن صنعت ۴,۰) و V۱۹ (پذیرش کارکنان در رابطه با تغییرات مرتبط با روند دیجیتالی شدن و به کارگیری فناوری‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ در سطح بنگاه) که متغیرهای کلیدی هستند و باید به آن‌ها نیز توجه شود.

رتبه‌بندی شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ٤,٠

در این بخش داده‌های بدست آمده از پرسشنامه بعد از پیاده‌سازی در نرم‌افزار Excel محاسبات طبق روش تاپسیس فازی شهودی صورت گرفت و فاصله هر گزینه از ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه شد و درنهایت، ضریب نزدیکی نسبی تعیین شد و شایستگی‌ها مطابق جدول (۶) اولویت‌بندی می‌شوند.

جدول ٦: فاصله شاخص‌ها از ایده‌آل مثبت و منفی، ضریب نزدیکی نسبی و اولویت‌بندی شایستگی‌ها

Table 6: distance of indicators from positive and negative ideal, relative closeness coefficient and prioritization of competencies

شاخص‌ها/Criteria	C13	C3	C7	C5	C54	C44	C6	C2	C20	C50	C1	C11
فاصله از ایده‌ال مثبت Distance from the positive ideal	0.16	0.225	0.246	0.255	0.249	0.26	0.272	0.315	0.3	0.267	0.305	0.339
فاصله از ایده‌آل منفی Distance from the positive ideal	0.544	0.44	0.480	0.439	0.422	0.424	0.44	0.44	0.419	0.366	0.391	0.408
ضریب نزدیکی نسبی Relative closeness Index	0.772	0.661	0.660	0.633	0.629	0.620	0.618	0.583	0.582	0.578	0.562	0.546
رتبه/Rank	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
شاخص‌ها/Criteria	C45	**C48**	**C29**	**C18**	**C40**	**C14**	**C28**	**C30**	**C21**	**C31**	**C34**	**C17**
فاصله از ایده‌ال مثبت Distance from the positive ideal	0.321	0.344	0.34	0.359	0.355	0.395	0.364	0.347	0.358	0.381	0.342	0.377
فاصله از ایده‌آل منفی Distance from the positive ideal	0.331	0.364	0.361	0.37	0.366	0.395	0.358	0.341	0.35	0.369	0.323	0.353
ضریب نزدیکی نسبی Relative closeness Index	0.515	0.515	0.515	0.508	0.507	0.5	0.496	0.495	0.494	0.492	0.486	0.483
رتبه/Rank	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
شاخص‌ها/Criteria	C25	**C8**	**C57**	**C15**	**C39**	**C41**	**C19**	**C37**	**C32**	**C43**	**C26**	**C24**
فاصله از ایده‌ال مثبت Distance from the positive ideal	0.406	0.374	0.383	0.445	0.395	0.404	0436	0.436	0.399	0.416	0.429	0.455
فاصله از ایده‌آل منفی Distance from the positive ideal	0.343	0.308	0.297	0.335	0.294	0.299	0.31	0.304	0.273	0.269	0.277	0.293
ضریب نزدیکی نسبی Relative closeness Index	0.458	0.445 1	0.437	0.429	0.426	0.425	0.416	0.411	0.407	0.393	0.392	0.392
رتبه/Rank	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52

شاخص‌ها/Criteria	C51	C27	C10	C22	C49	C55	C35	C52
فاصله از ایده‌آل مثبت Distance from the positive ideal	0.321	0.303	0.319	0.346	0.335	0.34	0.317	0.313
فاصله از ایده‌آل منفی Distance from the positive ideal	0.384	0.361	0.372	0.402	0.383	0.387	0.347	0.341
ضریب نزدیکی نسبی Relative closeness Index	0.545	0.543	0.539	0.538	0.534	0.532	0.522	0.521
رتبه/Rank	13	14	15	16	17	18	19	20
شاخص‌ها/Criteria	**C23**	**C4**	**C42**	**C16**	**C58**	**C56**	**C36**	**C59**
فاصله از ایده‌آل مثبت Distance from the positive ideal	0.366	0.345	0.337	0.372	0.364	0.365	0.375	0.389
فاصله از ایده‌آل منفی Distance from the positive ideal	0.341	0.315	0.305	0.336	0.326	0.315	0.321	0.331
ضریب نزدیکی نسبی Relative closeness Index	0.482	0.477	0.478	0.475	0.473	0.463	0.461	0.460
رتبه/Rank	33	34	35	36	37	38	39	40
شاخص‌ها/Criteria	**C47**	**C60**	**C38**	**C46**	**C9**	**C33**	**C12**	**C53**
فاصله از ایده‌آل مثبت Distance from the positive ideal	0.416	0.453	0.438	0.436	0.479	0.454	0.481	0.461
فاصله از ایده‌آل منفی Distance from the positive ideal	0.253	0.27	0.252	0.25	0.273	0.246	0.252	0.216
ضریب نزدیکی نسبی Relative closeness Index	0.379	0.37	0.36	0.365	0.363	0.351	0.344	0.461
رتبه/Rank	53	54	55	56	57	58	59	60

با توجه به بررسی اقدامات مهم جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ در سناریوهای ذکر شده و شایستگی‌های برتر روش تاپسیس می‌توان دریافت که شایستگی‌های درک امنیت فناوری اطلاعات و مهارت‌های IT که جزء مهم‌ترین شایستگی‌ها می‌باشند، برای حل مسائل امنیتی همچون سرقت داده یا امنیت سایبری برای پذیرش و استقرار صنعت ۴,۰ تأثیرگذار هستند. همچنین برخورداری مناسب از شایستگی‌های دانش روز، دانش برنامه‌نویسی و توانایی پردازش و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها منجر به متمایل شدن بنگاه‌ها و به‌ویژه پرسنل مرتبط با مدیریت فناوری به توسعه فناوری به جای خرید فناوری می‌شود و از طرف دیگر رشد و تثبیت واحد R&D بنگاه در حوزه‌های علوم کامپیوتر و علوم مرتبط با صنعت ۴,۰ را نیز به دنبال دارد. در آخر می‌توان به تأثیر شایستگی‌های انگیزه و تمایل به

یادگیری، تطبیق‌پذیری، توانایی سازش و همکاری، اعتقاد و اعتماد به فناوری‌های جدید برای اقدام جهت برگزاری برنامه‌ها و سمینارهای آموزشی در زمینه دیجیتالی شدن و اتوماسیون و همچنین پذیرش کارکنان در رابطه با تغییرات مرتبط با روند دیجیتالی شدن و به کارگیری فناوری‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ در سطح بنگاه اشاره نمود.

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر ابتدا با بررسی و مرور ادبیات، ۶۰ شایستگی‌ها نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ و ۱۹ مورد اقدامات جهت ارتقاء این شایستگی‌ها استخراج و شناسایی شدند. سپس جهت تدوین نقشه راه ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی ۴,۰، روش نقشه شناختی فازی شهودی مورد استفاده قرار گرفت، که درواقع این نقشه گرافیکی روابط میان شاخص‌ها و شدت آن روابط را نشان می‌دهد. برطبق جدول (۴) شاخص V۱۰ (تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها برای حرکت به سمت هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند) دارای بیشترین درجه مرکزیت می‌باشد؛ بنابراین تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها برای حرکت به سمت هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند به‌عنوان اهداف اصلی مدل ترسیم شده محسوب می‌شود، به این معنی که این شاخص به‌عنوان مهم‌ترین عامل برای اقدامات جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ در صنعت فولاد به‌حساب می‌آید. درنهایت به اولویت‌بندی شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴.۰ در صنعت فولاد از طریق روش تاپسیس فازی شهودی پرداخته شده است. با توجه به جدول (۵) مشاهده می‌شود که در اولویت‌بندی معیارها، شاخص مشتری‌مداری با ضریب نسبی ۰/۷۷۲، شاخص درک/ مدیریت فرآیند با ضریب نسبی ۰/۶۶۱، شاخص مهارت‌های IT با ضریب نسبی ۰/۶۶، مهارت رهبری باضریب ۰,۶۳۳ و درک امنیت فناوری اطلاعات با ضریب نسبی ۰,۶۲۹، به‌عنوان پنج شایستگی برتر نیروی انسانی در راستای انقلاب صنعتی ۴,۰ شناسایی شدند سایر شایستگی‌ها با توجه به بررسی انجام شده در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند که در جدول (۵) نمایش داده شده‌اند. از آنجایی که این شایستگی‌ها هرسه جزو شایستگی‌های فنی یا حرفه‌ای می‌باشند و بالاترین اولویت‌بندی را در صنعت فولاد کسب کرده‌اند، بنابراین مشخص می‌شود که شایستگی‌های فنی یا حرفه‌ای کارکنان نسبت به سایر شایستگی‌ها صنعت فولاد در اولویت بالاتری قرار دارد.

در مقایسه با تحقیقات گذشته، ساپر و همکاران (۲۰۲۱)، به این نتیجه رسیدند که شایستگی‌های مهارت‌های ارتباطی، میان رشته‌ای بودن، درک فرآیند جامع و تمایل به یادگیری اهمیت بسیاری پیدا خواهند کرد و همچنین در حوزه‌های تخصصی تولید و لجستیک، تمایل به کسب شایستگی فناوری اطلاعات و درک فرآیند وجود دارد که نتایج این پژوهش تاییدی بر نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. از طرف

دیگر جرمن و همکاران (۲۰۱۸)، حل خلاقانه مسئله، دیدن تصویر بزرگ، توانایی حل چالش‌های پیچیده و تعهد به یادگیری مادام‌العمر را به عنوان شایستگی‌های آینده مورد شناسایی قرار دادند که در پژوهش حاضر نیز تمایل به یادگیری یکی از شایستگی‌های مهم نیروی انسانی شناسایی شد. کازانکوغلو و اوزکان اوزن (۲۰۱۸)، به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین شایستگی‌ها تفکر در فرآیند همپوشانی، توانایی مقابله با پیچیدگی و حل مسئله و انعطاف‌پذیری برای انطباق با نقش‌ها و محیط‌های کاری جدید می‌باشد در پژوهش حاضر نیز شایستگی حل مشکل به عنوان یکی از مهم‌ترین شایستگی‌های نیروی انسانی شناسایی شد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌شود که با هدف جذب و استخدام نیروی انسانی برخوردار از شایستگی‌های لازم در راستای صنعت ۴,۰، صنعت فولاد لازم است علاوه بر در نظر گرفتن شایستگی-های فنی یا حرفه‌ای، به شایستگی‌های روش‌شناختی، اجتماعی و شخصی افراد نیز توجه بیشتری داشته باشد و در حوزه‌ی جذب آن‌ها را مدنظر قرار دهد. همچنین با هدف ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی شاغل در صنعت فولاد در راستای صنعت ۴,۰؛ توصیه می‌شود که مدیران و متخصصان این صنعت، فرصت‌های آموزشی و کارگاه‌های کسب این شایستگی‌ها را فراهم نمایند.

برطبق تحلیل نتایج سناریوهای صورت گرفته به اهمیت تمایل مدیران و مالکان بنگاه‌ها برای حرکت به سمت هوشمندسازی و ایجاد کارخانه‌های هوشمند به‌عنوان یکی از اقدامات اصلی جهت ارتقاء شایستگی‌های نیروی انسانی در راستای صنعت ۴,۰ در صنعت فولاد پی برده شد. با توجه به مجموعه عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر بر این عامل که در سناریوهای ذکر شده شرح داده شد، پیشنهاد می‌شود که:

- زیرساخت‌های امنیت فناوری اطلاعات در صنعت فولاد توسعه داده شود؛
- سطح دسترسی و سرعت اینترنت بهبود یابد،
- فرصت‌های سرمایه‌گذاری مناسبی در صنعت ۴,۰ برای مالکان بنگاه‌ها فراهم شود تا مدیران بنگاه‌ها برای حرکت به سمت هوشمندسازی تمایل پیدا کنند.
- برگزاری برنامه‌ها و سمینارهای آموزشی به‌منظور ایجاد آگاهی و یادگیری، و انجام کار تیمی در راستای فعالیت‌های مرتبط با صنعت ۴,۰ به‌منظور پذیرش کارکنان.
- فعالیت بنگاه‌ها در سطح ملی و بین‌المللی برای استقرار و گسترده نمودن صنعت ۰.۴
- افزایش ظرفیت بازار داخلی بنگاه‌ها و تعامل و همکاری با بنگاه‌های خارجی.

در ادامه باتوجه به محدویت‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی موضوعات ذیل مورد بررسی قرار گیرند:

- با توجه به اینکه در پژوهش حاضر جهت استخراج شایستگی‌های نیروی انسانی از روش کتابخانه‌ای استفاده شده است پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های آتی جهت استخراج شایستگی‌ها از روش‌های کیفی نظیر مصاحبه‌پژوهی استفاده شود.
- یکی از محدودیت‌های پژوهش حاضر جمع‌آوری نظر خبرگان به‌صورت کیفی با استفاده از ابزار پرسش‌نامه می‌باشد بنابراین با توجه به این محدودیت و اهمیت این موضوع پیشنهاد می‌شود دولت یک مجموعه الزامات قانونی تعریف کند که نهادها مجبور شوند بانک اطلاعاتی مرتبط با رفتارهای صعنت ۴,۰ برای پرسنل خود تعریف کنند.
- در پژوهش حاضر با توجه به وجود محدودیت در جمع‌آوری داده‌های کمی، از روش‌های کیفی جهت این امر استفاده شده‌است در صورتی‌که بتوان در طول زمان شاخص‌های دقیق‌تر و کمی‌تری تعریف کرد و بانک‌های اطلاعاتی در درون بنگاه‌ها شکل گیرد در پژوهش‌های آتی جهت بررسی نحوه تأثیر متقابل هرکدام از اقدامات جهت رسیدن به شایستگی‌های صنعت ۴,۰، استفاده از سایر روش‌های نظیر پویایی سیستم و یا حتی رویکردهای شبیه‌سازی بهتر جواب می‌دهد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافع ندارند.

References

Chen, C.-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems, 114(1), 1-9. **doi:10.1016/S0165-0114(97)00377-1.**

Dillinger, F., Bernhard, O., & Reinhart, G. (2022). Competence Requirements in Manufacturing Companies in the Context of Lean 4.0. Procedia Cirp, 106, 58-63. **doi:10.1016/j.procir.2022.02.155**

Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. Procedia Cirp, 54, 13-18 **doi:10.1016/j.procir.2016.03.162**

Esmailzadeh, Jalilian, & Sobek Ro. (2021). Application of intuitive fuzzy recognition mapping to analyze knowledge assessment scenarios (case study: faculty members of management fields in public universities of Yazd province). Educational Measurement and Evaluation Studies, 11(36), 54-70. [In Persian].**doi:10.22034/EMES.2021.251557**

Gentner, S. (2016). Industry 4.0: reality, future or just science fiction? How to convince today's management to invest in tomorrow's future! Successful strategies for industry 4.0 and manufacturing IT. CHIMIA International Journal for Chemistry, 70(9), 628-633. **doi:10.2533/chimia.2016.628**

Gupta, A., Singh, R. K., & Gupta, S. (2021). Developing human resource for the digitization of logistics operations: readiness index framework. International Journal of Manpower, 43 No. 2, pp. 355-379 . **doi:10.1108/IJM-03-2021-0175**

Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. Procedia Cirp, 54, 1-6. **doi:10.1016/j.procir.2016.05.102**

Hecklau, F., Orth, R., Kidschun, F., & Kohl, H. (2017). Human resources management: Meta-study-analysis of future competences in Industry 4.0. Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management & Organizational Learning.

Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for industry 4.0. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 14(4), 1511-1524. **doi:10.1007/s12008-020-00716-2**

Jerman, A., Pejić Bach, M., & Bertoncelj, A. (2018). A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. Machines, 6(3), 41. **doi:10.3390/machines6030041**

Jerman, A., Pejić Bach, M., & Aleksić, A. (2020). Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. Systems Research and Behavioral Science, 37(2), 388-402. **doi:10.1002/sres.2657**

Kazancoglu, Y., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2018). Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. Journal of enterprise information management, 31 No. 6, pp. 891-907. https://dspace.yasar.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12742/7589

Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. Technology in Society, 64, 101454. **doi:10.1016/j.techsoc.2020.101454**

Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. Journal of cleaner production, 275, 124063. **doi:10.1016/j.jclepro.2020.124063**

Kwiotkowska, A., Gajdzik, B., Wolniak, R., Vveinhardt, J., & Gębczyńska, M. (2021). Leadership competencies in making Industry 4.0 effective: The case of Polish heat and power industry. Energies, 14(14), 1-21. **doi:10.3390/en14144338**

Mehrgan, & Seyed Kalali. (2012). Investigating the relationship between the factors affecting the resignation of ICT scientists in Iran's mobile communications industry using the methodology of fuzzy cognitive maps. Public Management Research, 18(5), 25-44. [In Persian], 10.22111/JMR.2013.1018

Mirghafoori, S. H., Sharifabadi, A. M., & Takalo, S. K. (2018). Development of causal model of sustainable hospital supply chain management using the Intuitionistic Fuzzy Cognitive Map (IFCM) method. Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)., 11(3), 588-605. [In Persian], 10.3926/jiem.2517

Nam, T. (2019). Technology usage, expected job sustainability, and perceived job insecurity. Technological Forecasting and Social Change, 138, 155-165. **doi:10.1016/j.techfore.2018.08.017**

Nicolás-Agustín, Á., Jiménez-Jiménez, D., & Maeso-Fernandez, F. (2021). The role of human resource practices in the implementation of digital transformation. International Journal of Manpower, 43 No. 2, pp. 395-410. **doi:10.1108/IJM-03-2021-0176**

Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krcmar, H. (2017). A Competency Model for" Industrie 4.0" Employees, 46-60.

Roganian, & Mujibian. (2012). Group decision making based on a new trapezoidal intuitive fuzzy TOPSIS method. Industrial Management Studies, 10(26), 35-54. [In Persian], 10.1016/j.asoc.2015.01.054

Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, Å. (2016). The operator 4.0: Human cyber-physical systems & adaptive automation

towards human-automation symbiosis work systems. IFIP international conference on advances in production management systems, 677-686.

Rouyendegh, B. D., Yildizbasi, A., & Üstünyer, P. (2020). Intuitionistic fuzzy TOPSIS method for green supplier selection problem. Soft Computing, 24(3), 2215-2228. 10.1007/s00500-019-04054-8.

Sapper, S., Kohl, M., & Fottner, J. (2021). Future Competency Requirements in Logistics Due to Industry 4.0: A Systematic Literature Review. 2021 10th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM).

Simic, M., & Nedelko, Z. (2019). Development of competence model for Industry 4.0: A theoretical approach. Economic and Social Development: Book of Proceedings, 1288-1298.

Vrchota, J., Mařiková, M., Řehoř, P., Rolínek, L., & Toušek, R. (2019). Human resources readiness for industry 4.0. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 6(1), 1-20. **doi:10.3390/joitmc6010003**