

ORIGINAL RESEARCH PAPER

## Presenting a Business Intelligence Dashboard to Analyze the State of Safety Risks by the Predictive Risk Index (PRI) in a Pharmaceutical Company

Atefeh Ahmadabadi, Shokooh Khaloo, Reza Saeedi, Reza Gholamnia\*

Department of Health, Safety and Environmental Management, School of Public Health and Safety  
Workplace Health Promotion Research Center Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 12-12-2023

Accepted: 16-3-2025

### ABSTRACT

**Introduction:** One of the most critical factors supporting industry managers and decision-makers in adapting to changes is the Business Intelligence (BI) dashboard. Dashboards, enriched with indicators, reports, and charts, enable managers to monitor industry performance at any given time.

**Material and Methods:** To evaluate safety status and prevent future accidents, risk factors within the industry were assessed using the RI risk index. In this study, the index was calculated through a geometric averaging relationship. Additionally, the ARIMA (2,0,0) time series model was applied, converting the average daily Risk Index into the Predicted Risk Index.

**Results:** Based on the occurrence of accidents, when the trend of the Risk Predictor Index is below 3, it is considered a safe zone in that industry. When the index trend is between 3 and 4, it represents a warning zone. If the index exceeds 4, there is a high probability of accidents, categorizing it as an action zone. According to the presented dashboard and zoning, the industry manager can conclude that 33% of risks are in the action area, 24% of the risks are in the warning area and 43% of the identified risks are in the safe area.

**Conclusion:** The results of this study demonstrated that leveraging business intelligence for prioritization can enhance decision-making and analytical processes for senior organizational managers.

**Keywords:** Business intelligence, risk predictor index, dashboard, pharmaceutical company

### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ahmadabadi A, Khaloo Sh, Saeedi R, Gholamnia R. Presenting a Business Intelligence Dashboard to Analyze the State of Safety Risks by the Predictive Risk Index (PRI) in a Pharmaceutical Company. *J Health Saf Work.* 2025; 15(1): 105-124.

## 1. INTRODUCTION

In today's competitive landscape, data analysis has become a critical differentiator among organizations. The heightened competition demands that managers make faster and more accurate decisions than ever before. Simultaneously, occupational risks in industries can result in

significant costs, including financial losses and even fatalities. To mitigate such risks, industries are increasingly adopting tools like forward-looking indicators to prevent accidents.

A dashboard is a powerful tool that incorporates forward-looking and retrospective indicators, as well as reports and graphs, to dynamically display performance metrics in real-time. Enhancements,

\* Corresponding Author Email: [gholamnia@sbru.ac.ir](mailto:gholamnia@sbru.ac.ir)

such as the development of professional dashboards, have improved accessibility, usability, and the reliability of industry data.

The pharmaceutical industry, being one of the most vital and high-risk sectors, faces significant repercussions from accidents, including financial losses and harm to individuals. Accordingly, leveraging tools like the Risk Prediction Index (PRI) and creating reports such as risk management dashboards—tailored to the specific conditions of each industry—allows for more effective and reliable decision-making. This approach prioritizes comprehensive and accessible management.

The objective of the current study was to introduce a business intelligence dashboard designed to analyze safety risks using the Predictive Risk Index (PRI) in a pharmaceutical company.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The architecture of the business intelligence system consisted of three general processes:

1. Information Collection
2. Information Processing
3. Information Distribution

In the first stage, after stationing in the industry to assess the safety of each sector, risks arising from unsafe practices and conditions were individually identified, collected, and recorded.

In the second stage, the risk index and key performance indicators were defined and calculated to evaluate the safety of the identified risks.

In the third stage, the risk index for each hazard was converted into the average daily risk index. Using a time series model and incorporating the synergy of incidents and quasi-incidents

that occurred during the study period, the Risk Predictor Index (PRI) was modeled.

Finally, to assist managers in decision-making, a system named “Arshad” was developed to analyze the industry’s safety status. Using Power BI software, a dashboard was created to zone the industry into three categories: Safe, Warning, and Action zones.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

In order to determine the trend and predict the risk index, the ARIMA (2,0,0) model was used. The average risk index chart was drawn according to the days of the study (light gray chart); then using the ARIMA(2,0,0) model, the risk predictor index was drawn (white chart). After determining the days of the accident and the quasi-accident that occurred during the study period in the graph, it can be concluded that if the risk predictor index is lower than 3, it is considered a safe area in that industry, and if the trend of the risk predictor index is between 3 and 4, it is a warning area, and if it is higher than 4, it is a warning area, where actions and the possibility of accidents are very high.

In this study, two consecutive observations were used to determine the trend of the Risk Predictor Index according to time series theory. However, this number could vary under different conditions and observations. In the study conducted by Chen and Yang, 15 consecutive observations were used to calculate the moving average. Their research demonstrated that the Risk Predictor Index could effectively predict incidents occurring near its peak values.

In the present study, as most events occurred when the average risk index ranged between 4 and 5, the number 4 was determined as the boundary

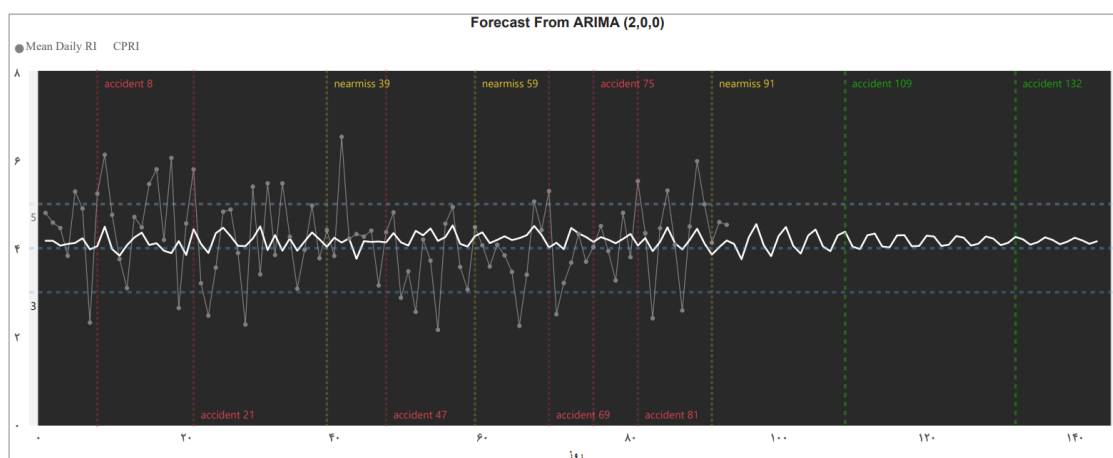


Fig. 1: ARIMA (2,0,0)

for the action area. In contrast, Dr. Nazari et al.'s study observed risk predictors ranging between 5 and 6, with areas above 5 classified as action areas.

The results of this study confirmed that utilizing business intelligence tools for prioritization could significantly enhance decision-making and analytical capabilities for senior managers. Similarly, Nakhil et al. demonstrated through industrial safety data analysis that dashboards are valuable for assessing data to support decision-making. Moreover, combining business intelligence with machine learning creates "safety intelligence," which can greatly reduce losses in industries (Fig. 1).

#### **4. CONCLUSIONS**

Based on the identified risks and their calculated risk index, 33% of the risks were categorized within the action area, 24% in the warning area, and 43% in the safe area. Analyzing risks across various units and stations revealed that the technical and engineering unit at the facility station reported the highest number of active risk cases, followed by the warehouse unit with 51 and the laboratory unit with 45. Consequently, these three units require thorough investigation to determine corrective actions and prevent future accidents.

## ارائه داشبورد هوش تجاری جهت تجزیه و تحلیل وضعیت مخاطرات ایمنی با به کارگیری شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک (PRI) در یک شرکت داروسازی

عاطفه احمدآبادی، شکوه سادات خالو، رضا سعیدی، رضا غلام‌نیا\*

گروه سلامت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) دانشکده بهداشت و ایمنی علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

### چکیده

**مقدمه:** یکی از مهم‌ترین عواملی که می‌تواند به مدیران و تصمیم‌گیران صنایع در پاسخ به تغییرات کمک کند، داشبورد هوش تجاری (Business Intelligence) است. داشبوردها ابزاری هستند غنی از شاخص‌ها، گزارش‌ها و نمودارها تا مدیران با استناد به آن بتوانند در هر لحظه عملکرد صنعت خود را بررسی نمایند.

**روش کار:** جهت ارزیابی وضعیت ایمنی و پیشگیری از حوادث آتی، این امکان دارد که با استفاده از شاخص ریسک RI که خود از طریق یک رابطه میانگین‌گیری هندسی به دست می‌آید آن را برای هر مخاطره شناسایی شده در صنعت محاسبه نمود و پس از آن با استفاده از مدل سری زمانی که در این مطالعه از مدل  $ARIMA(2,0,0)$  استفاده گردیده میانگین شاخص ریسک روزانه به شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک PRI تبدیل گردید.

**یافته‌ها:** با توجه بر این موضوع که حوادث و شبه‌حوادث به وقوع پیوسته، هنگامی که روند شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک پایین‌تر از عدد ۳ باشد ناحیه ایمن در آن صنعت به حساب می‌آید و هنگامی که روند شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک بین عدد ۳ الی ۴ باشد ناحیه هشدار و هنگامی که بالاتر از ۴ باشد احتمال وقوع حوادث خیلی زیاد ناحیه در نتیجه ناحیه اقدام می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** مدیر صنعت با توجه به داشبورد ارائه شده و ناحیه‌بندی صورت‌گرفته، می‌تواند نتیجه بگیرد که ۳۳٪ مخاطرات در ناحیه اقدام، ۲۴٪ مخاطرات در ناحیه هشدار و ۴۳٪ مخاطرات شناسایی شده در ناحیه ایمن قرار دارد.

**کلمات کلیدی:** هوش تجاری، شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک، داشبورد، شرکت داروسازی

امروزه فضای رقابتی شدیدی در صنایع حاکم شده است؛ لذا مدیران ارشد و مدیران میانی سازمان‌ها باید سریع‌تر و درست‌تر از قبل تصمیم بگیرند. لازمه چنین آماری، وجود ابزارهای کارا و مؤثری نظیر داشبوردهای مدیریتی ضرورت دارد (۱). داشبوردهای مدیریتی، که به عنوان بخشی از سیستم‌های هوش تجاری Business Intelligence شناخته می‌شوند، در واقع هوش تجاری نرم‌افزارهای نوینی هستند که به سازمان‌ها در غنی‌سازی اهداف با استفاده از اطلاعات و تجزیه و تحلیل آن‌ها کمک می‌کنند (۲). هوش تجاری یک فلسفه مدیریتی و ابزاری جهت کمک به سازمان‌ها برای مدیریت و بهینه‌سازی اطلاعات کسب‌وکار باهدف اتخاذ تصمیمات کارآ در محیط کسب‌وکار می‌باشد (۳).

از طرف دیگر هیچ‌یک از صنایع مایل نیستند که در محیط کاری آن‌ها حادثه‌های به وقوع بپیوندند و در این راستا از ابزارهای متفاوتی استفاده می‌نمایند (۴). یکی از ابزارهای مهم در این زمینه، مدل‌های تحلیل و پیش‌بینی حوادث و استفاده از شاخص‌های آینده‌نگر است که می‌توانند تصمیم‌گیری را تسهیل بخشند (۵). صنایع داروسازی که جز صنایع فرایندی است، دارای مخاطرات متعددی بوده و این مخاطرات می‌تواند پیامدهای فاجعه‌بار جبران‌ناپذیری را به دنبال داشته باشند (۶). در صنایع داروسازی خطرات خیلی اوقات ریز و کوچک دیده می‌شوند و همین خطرات دیده نشده باعث بروز حوادث و شرایط اضطراری در کارخانه می‌شود. در صنایع داروسازی خطرات خیلی اوقات ریز و کوچک دیده می‌شوند و همین خطرات دیده نشده باعث بروز حوادث و شرایط اضطراری در کارخانه می‌شود در سال ۱۳۹۶ انفجار و حریق که در بخش خشک کن رخ داد، ۳ نفر مصدوم با درجه سوختگی شدید در پی داشت و دلیل وقوع این حادثه تجمع گازهای ناشی از حلال‌های انبار شده به خصوص گاز استون بوده است (۷). همچنین یکی دیگر از حوادث مرگبار در سال‌های اخیر که به علت وقوع آتش‌سوزی ناشی از جرقه جوشکاری رخ داده مربوط به کارخانه کیلو تیانه هویشی در منطقه

شاندونگ چین است که سبب مرگ ۱۰ نفر از کارگران شده است. از دیگر حوادث می‌توان به انفجار کارخانه داروسازی آر تی هند به علت واکنش نیتراسیون دو ماده شیمیایی که منجر به مرگ ۵ نفر و مصدومیت بیش از ۱۸ نفر شده اشاره نمود (۸).

همچنین در عصر کلان داده، سازمان‌های بزرگی چون صنایع فرایندی، داروسازی و دیگر صنایع با داده‌های ایمنی و اطلاعات اضافه روبرو هستند اگر اطلاعات ایمنی مرتبط به‌روز، دقیق، قابل اعتماد و قابل اجرا نباشد ارزشی ندارند. لذا می‌توان اطلاعات ایمنی جمع‌آوری شده را پردازش کرد تا مرتبط‌ترین، دقیق‌ترین، مفیدترین و عملی‌ترین دانش ایمنی را برای مدیران و تصمیم‌گیران با استفاده از هوش تجاری و تهیه گزارش‌هایی همچون داشبورد با استفاده از شاخص‌های کلیدی عملکردی و آینده‌نگر فراهم کرد (۹). نخستین بار هانا پیتر لاهن در سال ۱۹۵۸ هوش تجاری را توانایی دریافتن روابط میان واقعیت داده‌ها تعریف کرد به نحوی که راهنمای عمل به سمت یک هدف که همان ارزیابی عملکرد می‌تواند باشد را فراهم می‌کند (۱۰). پیشرفته‌ترین کاربرد هوش تجاری در حقیقت همان تحلیل آماری و داده‌کاوی است که شامل رفتار ریاضی و آماری داده‌ها برای تحلیل همبستگی، تحلیل روند، آزمون فرضیه، و تحلیل پیش‌بینانه است (۱۱).

داشبورد یک ابزار است که شامل شاخص‌ها، گزارش‌ها و نمودارها است و به‌صورت پویا عمل می‌کند. داشبورد اطلاعات کلیدی را در یک نمایشگر مرتب و قابل فهم جمع‌آوری می‌کند و مدیران را در اتخاذ تصمیمات بهتر و مؤثرتر یاری می‌کند. هوش تجاری (Business Intelligence) و داشبورد ابزارهایی هستند که به مدیران و تصمیم‌گیران سازمان‌ها کمک می‌کنند تا به تغییرات واکنش نشان دهند (۱۲). استفاده از منطق هوش تجاری و مدیریت عملکرد، باعث ایجاد مجموعه‌های از مؤلفه‌ها می‌شود که برای یک واکنش سریع و قابل قبول در برابر تغییرات، وجودشان، لازم است (۱۳). تهیه گزارش از ارزیابی مناسب عملکرد ایمنی در هر صنعت جهت مدیریت مؤثر ایمنی عملیات با استفاده از روشی که بتواند اعمال و

در سازمان‌های بزرگ، رایگان نبودن نرم‌افزارهای سازمانی می‌باشد (۱۸).

مطالعه صورت‌گرفته توسط Maaz S Maniar و همکاران در سال ۲۰۲۰ داده‌های حوادث صنعت داروسازی را از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۹ که سبب مرگ ۱۰۸ انسان شده است بررسی نمودند. بیشترین تلفات در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ رخ داده است که تحت تأثیر آن ۱۹ کشته در یک حادثه در سال ۲۰۱۸ و ۱۰ کشته در یک حادثه در سال ۲۰۱۹ بوده است این درحالی است که بسیاری از حوادث ثبت رسمی نشده لذا می‌توان با شناخت بیشتر و پیش بینی این صنعت با استفاده از شاخص‌ها وقوع حوادث به حداقل برسانند (۸).

نخستین بار Chen و همکارش در سال ۲۰۰۴ به معرفی شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک و کاربرد آن در صنعت پتروشیمی پرداختند آنان مشاهده پیوسته و منظم اعمال و شرایط نایمن در این صنعت یک پایگاه داده از رویدادهای غیر ایمن را مورد بررسی قرار دادند و با حوادث ثبت‌شده مقایسه کردند و مشخص نمودند شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک با موفقیت می‌تواند یک نشانگر هشداردهنده برای نظارت بر عملکرد ایمنی فعلی در کارخانه باشد (۱۹).

بعدها در صنعت فولادسازی در سال ۱۳۹۳ نظری و همکاران برای ارزیابی وضعیت ایمنی صنعت فولاد با استفاده از شاخص ریسک معرفی شده توسط Chen و همکارش مطالعه انجام دادند در آن با استفاده از بازرسی و مشاهده محیط کاری ۳۵۰ مورد اعمال و شرایط نایمن موجود در محیط کاری را شناسایی و با استفاده از شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک نشان دادند متخصصان ایمنی قادر خواهند بود با استفاده از اطلاعات واکنشی ناشی از رویدادها نسبت به کاهش حوادث و پیامدهای ناشی از آن اقدامات موثرتری داشته باشند (۲۰). جهانگیری و همکاران در سال ۱۳۹۵ خطرات موجود در صنعت فولاد را با استفاده از شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک ارزیابی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که بیشترین خطرات شناسایی شده (۴۸ خطر) در ناحیه اقدام قرار گرفته و

شرایط نایمن را به‌عنوان علل اصلی وقوع رویدادها در نظر بگیرد بسیار حائز اهمیت است (۱۴). صنایع داروسازی که جز صنایع فرایندی است، دارای مخاطرات متعددی بوده و این مخاطرات می‌تواند پیامدهای فاجعه‌بار جبران‌ناپذیری را به دنبال داشته باشند (۱۵). از همین جهت می‌توان با اقدامات صحیح، نظارت و برنامه‌ریزی درست از بسیاری از این حوادث ناخواسته پیشگیری نمود (۱۶).

سازمان‌هایی می‌توانند در رقابت باقی بمانند که توانایی دریافت و تحلیل و توزیع اطلاعات با سرعت و دقت مناسب داشته باشند و از آنجایی که هوش تجاری امکان فراهم کردن اطلاعات به روز و به موقع را برای یادگیری هر چه بهتر سازمان‌ها فراهم می‌کند بر یادگیری سازمانی می‌تواند تاثیرگذار باشد. سازمان‌هایی با مدیریت قدیمی که از هوش تجاری استفاده نمی‌کنند در تصمیم‌گیری‌ها معمولاً با مشکلات مختلفی روبرو هستند از جمله داشتن داده‌های حجیم، پیچیدگی تحصیل آنها و عدم توانایی پیگیری فرآیندها و نتایج تصمیمات گرفته شده و لذا تصمیمات اشتباه در این سازمان‌ها نتایج خود را به طور روشن نشان نمی‌دهد (۱۷).

از جمله مزایا استفاده از نرم‌افزار هوش تجاری جهت ساخت داشبورد مدیریتی در مقایسه با دیگر نرم‌افزارهای ساخت داشبورد می‌توان به تسلط داشتن همه‌جانبه به داده‌ها، جامع بودن تصاویر و نمودارهای بصری و فراخوانی نمودارهای پیشرفته و تحلیلی، سهولت در استفاده، همکاری بین بخش‌های مختلف یک سازمان، دسترسی سریع کاربران در همه جا حتی با استفاده از تلفن همراه، امنیت بالا شبکه جهت محافظت از داده‌های ورودی، ارتباط راحت و سریع بین منابع داده‌ها، همگام‌سازی بی‌عیب و نقص و فراخوانی نرم‌افزارهایی همچون پایتون و R به محیط نرم‌افزار جهت محاسبات آماری پیشرفته و ایجاد ارتباطات پیشرفته و حل مسئله نام برد. درحالی که دیگر نرم‌افزار ساخت داشبورد قابلیت محاسبات پیشرفته و ایجاد دسترسی برای تلفن همراه توسط تلفن همراه و همچنین ایجاد امنیت شبکه ندارند. یکی از معایب استفاده از این هوش تجاری و نرم‌افزارهای آن در صورت پیاده‌سازی

## روش کار

هوش تجاری از طریق مؤلفه های زیر داده را به اطلاعات و سپس به سمت دانش مورد نیاز سازمانها هدایت می کند:

۱. انبار داده که عبارت است از مجموعه ای از داده های یکپارچه، که از منابع داخلی و خارجی جمع آوری شده و داده های مرتبط را از مخزنی که برای تصمیم گیری موجود است، جمع می کند<sup>۲</sup>. داده کاوی که فرآیند کشف الگوها، روابط بین داده ها و تمایلات از طریق بررسی حجم وسیعی از اطلاعاتی است<sup>۳</sup>. فرآیند خلاصه و انتقال و بارگذاری ETL مجموعه ای از عملیات است که در آن داده از چندین پایگاه داده سیستم استخراج می شود، به فرمت مورد نظر انتقال می یابد و در پایگاه داده هدف بارگذاری می شود و در نهایت تکنولوژی OLAP<sup>۴</sup> که با بهره گیری از محاسبات پیچیده به کاربران این امکان را می دهد که حجم وسیع از اطلاعات را جستجو و آنالیز کنند. ابزارهای OLAP ترکیبی از رابط کاربری گرافیکی و روش های پردازش است، که نتایج بصری همانند داشبورد متفاوتی را در دیدگاه کاربران ایجاد می کند<sup>(۲۳)</sup>.

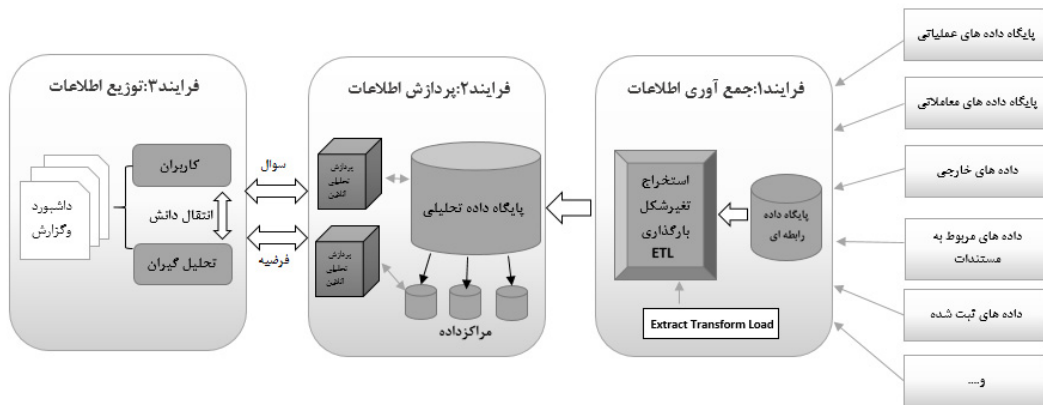
معماری هوش تجاری که متشکل از ۳ فرآیند کلی مطابق شکل ۱ می باشد لذا می توان مراحل انجام مطالعه را در سه مرحله اصلی ۱ جمع آوری اطلاعات ۲ پردازش اطلاعات ۳ توزیع اطلاعات خلاصه نمود<sup>(۲۴)</sup>.

در مرحله جمع آوری اطلاعات معمولاً داده ها در پایگاه های داده های مربوطه ذخیره و پاک سازی می شوند منظور از پاک سازی فرآیند تبدیل داده ها به اطلاعات مفید می باشد. جهت پردازش اطلاعات می توان از زبان DAX<sup>۳</sup> که یکی از ابزارهای قدرتمند در دنیای هوش تجاری است که به کاربران اجازه می دهد تحلیل های پیچیده ای را در، Power BI، Power Pivot و Excel و SQL انجام دهند. DAX از توابع و فرمول هایی تشکیل شده است

1. Load Transformation Extraction
2. Processing Analytical line-On
3. Data Analysis Expressions
4. Server Analysis Services

نیازمند اقدامات سریع می باشد لذا اقدامات جدی بایستی در خصوص مقابله با این خطرات در نظر گرفته شود<sup>(۲۱)</sup>. نخال و همکاران مطالعه ای در سال ۲۰۲۱ تحت عنوان بررسی داده های ایمنی صنعتی شغلی و عملیاتی از طریق هوش تجاری و یادگیری ماشین انجام دادند که در آن بر اساس پایگاه بزرگ داده حوادث از داده، گزارشی توسط داشبورد هوش تجاری تهیه کردند و نتایج مطالعه نشان داد که توصیف تصویری (داشبورد) برای تجزیه و تحلیل داده های موجود جهت تصمیم گیری و پشتیبانی کمک کننده است و ترکیب هوش تجاری و راه حل های یادگیری ماشین باعث ایجاد هوش ایمنی جهت کاهش ضرر و زیان در صنایع می شود<sup>(۲۲)</sup>.

صنعت داروسازی یکی از صنایع حیاتی و با ریسک بالاست که در صورت وقوع حوادث، می تواند به خسارات مالی و آسیب به انسان ها منجر شود. تولید داروها نقش مهمی در رشد اقتصادی دارد و کیفیت بالای محصولات تولیدی نیز برای مدیران این صنایع بسیار اهمیت دارد؛ لذا می توان با استفاده از شاخص پیش بینی کننده ریسک داشبوردی تهیه کرد که نقاط بحرانی را شناسایی و پیش بینی می کند و با پیشگیری و کنترل مناسب، مدیران می توانند از وقوع آن ها جلوگیری کنند. حفاظت از داده ها جنبه مهمی از صنعت داروسازی در سراسر جهان است. از مراحل مختلف چرخه عمر محصول شامل نوآوری تا خروج محصول همچنین قسمت های مختلف تولید و تجهیزات و پرسنل در بخش های دولتی و... تمامی آنها شامل اطلاعات محرمانه ای می باشند لذا در این مطالعه به منظور حفظ اطلاعات و الزامات قانونی موجود جهت پیاده سازی و طراحی داشبورد هوش تجاری از ذکر نام صنعت مورد مطالعه و در دسترس قرار دادن اطلاعات جلوگیری شد و مطالعه با هدف طراحی و ارائه یک داشبورد هوش تجاری با استفاده از شاخص پیش بینی کننده ریسک (PRI) برای شناسایی و ارزیابی وضعیت خطرات ایمنی در صنعت داروسازی انجام گردید.



شکل ۱: معماری هوش تجاری

**تعیین ناحیه و ایستگاه بندی صنعت**  
در این مرحله واحدها و ایستگاه‌های مختلف کاری در صنعت، توسط گروه متخصص به شرح جدول ۱ مشخص گردید.

**شناسایی مخاطرات و شاخص‌های کلیدی عملکردی**  
با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۰.۹۵ و خطا ۰.۰۵٪ تعداد ۹۸۷ نمونه از اعمال و شرایط نا ایمن به عنوان حجم مورد نیاز به تحلیل آماری محاسبه شد. در این مرحله مخاطرات موجود در تمامی ایستگاه‌های کاری که می‌تواند منجر به حوادث و شبه‌حوادث شوند در بازه زمانی ۹۳ روز شناسایی گردید. و برای هر مخاطره شناسایی شده مطابق شاخص ریسک RI که برای اولین بار توسط چن و همکارش ارائه شد از حاصل ضرب ۴ پارامتر بدست می‌آید  $(RI = \sqrt[3]{PL * RN * FE * PD})$ . پارامترهای شاخص ریسک به شرح جدول ۲ می‌باشد که برای هر مخاطره شناسایی شده امتیاز آن توسط گروه متخصص ثبت گردید (۱۹).

سپس بعد از ثبت امتیاز پارامترهای شاخص ریسک برای مخاطرات شناسایی شده، گروه متخصص بر حسب نیاز صنعت مطابق جدول ۳ و ۴ شاخص‌های کلیدی عملکردی برای هر مخاطره شناسایی شده مشخص و نوع آن ثبت شد (۱۹ و ۲۰).

که بر روی داده‌ها اعمال می‌شوند تا نتایج مورد نظر به دست آید. در مرحله توزیع اطلاعات داشبورد و نمودار مربوطه ساخت و دسترسی برای کاربران ایجاد می‌گردد (۲۴).

#### مرحله اول هوش تجاری: جمع‌آوری اطلاعات

جهت جمع‌آوری داده‌های تحقیق ابتدا گروهی متخصص متشکل از مسئول ایمنی صنعت، مدیر ایمنی و بهداشت، مسئول بهداشت حرفه‌ای و سرپرستان هر ناحیه از ایستگاه‌های کاری تشکیل شد انتخاب تیم توسط محققان و دریافت پیشنهاد از اساتید دیگر صورت گرفته همچنین برای جمع‌آوری داده‌های مطالعه و ذخیره آن جهت تجزیه و تحلیل از پایگاه داده استفاده شد س جهت طراحی و ارائه داشبورد نرم‌افزار Power BI استفاده گردید که داده‌های موجود در پایگاه داده در نرم‌افزار داده فراخوانی و ETL که شامل پاک‌سازی داده‌ها و آماده داده به شکل اطلاعات می‌باشد صورت گرفت همچنین جهت محاسبات شاخص‌های تعریف شده از زبان DAX خود نرم‌افزار استفاده شد و جهت پیش بینی حوادث برای مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار هوش تجاری که پایتون فراخوانی و مباحث مربوط به تئوری‌های سری زمانی و پیش بینی صورت گرفت.

جهت ساخت داشبورد مطابق معماری هوش تجاری مراحل ذیل انجام گرفت:

جدول ۱: معرفی واحد ها و ایستگاه های کاری صنعت دارو سازی

نام ایستگاه	علامت واحد	نام واحد	علامت اختصاری
انبار	A	انبار	A-1
		انبار ضایعات قابل فروش	A-2
آزمایشگاه	B	آزمایشگاه	B
اداری	C	تحقیق و توسعه	C-1
		اداری	C-2
آشپزخانه	D	آشپزخانه	D
تصفیه خانه آب	E	تصفیه خانه	E
فنی و مهندسی	F	برق	F-1
		مکانیک	F-2
		ساخت	F-3
		تأسیسات	F-4
تولید	G	بسته بندی نیمه جامدات	G-1
		نیمه جامدات	G-2
		قرص سازی	G-3
		آنتی بیوتیک	G-4
		بسته بندی جامدات	G-5

جدول ۲: پارامتر های شاخص ریسک

احتمال وقوع (PD)	میزان آسیب احتمالی (PL)	میزان مواجهه کاری افراد (FE)	تعداد افراد در معرض ریسک (RN)	امتیاز شاخص
بعید و غیرمحمول	صدمه جزئی	نادر	۱ الی ۲ نفر	۱
جزئی و غیرمعمول	نیاز به کمک های اولیه	بین ۵ تا ۲ سال	۳ الی ۴ نفر	۲
کم و شانسی	نیاز به اقدامات پزشکی	سالی یکبار	۵ الی ۸ نفر	۵
متوسط	نیاز به اقدامات پزشکی و استراحت	به طور ماهیانه	۹ الی ۱۲ نفر	۸
زیاد و محتمل	ازکارافتادگی دائم	به طور هفتگی	۱۳ الی ۱۵ نفر	۱۰
خیلی زیاد و حتمی	صدمه جانی	در هر شیفت	بیش از ۱۵ نفر	۱۵

جدول ۳: سطح مهارت افراد و نوع علل ریشه ای احتمالی ناشی از وقوع مخاطرات شناسایی شده در مدت مطالعه

سطح مهارت افراد	نوع علل ریشه ای احتمالی
ماهر	محیط
معمولی	خطای انسانی
غیرماهر	مواد
کارآموز	روش های کاری
متخصص	مدیریت

جدول ۴: نوع عضو آسیب دیده احتمالی / نوع آسیب احتمالی / نوع حادثه احتمالی و نوع علل مشارکتی احتمالی ناشی از وقوع مخاطرات شناسایی شده در مدت مطالعه

نوع عضو آسیب دیده احتمالی	نوع آسیب احتمالی	نوع حادثه احتمالی	نوع علل مشارکتی احتمالی
گوش	بدون آسیب	مرگبار	صدا
چشم	زخم باز	به سختی جلوگیری می شود	روشنایی
صورت	سوختگی	خسارت به تجهیزات	استرس/خستگی افراد
دست	برق گرفتگی	خسارت به ساختمان	عدم رعایت مقررات
ریه	مسمومیت	ناتوانایی جسمی کوچک	نقص فنی تجهیز
ستون فقرات	شکستگی عضو	ناتوانایی کامل جسمی	وضعیت محل حادثه
پا	بریدگی	زمان از دست رفته	عدم استفاده از PPE
کل بدن	کشیدگی / گرفتگی عضلات	کمک های اولیه	عدم آموزش

گردیده است بارها در مطالعات مختلف و صنایع مختلف مورد استفاده و نتیجه قابل قبول داشته است (۱۹).

#### محاسبه شاخص ریسک و شاخص های کلیدی عملکردی

در این مرحله مخاطرات موجود در تمامی ایستگاه های کاری که می تواند منجر به حوادث و شبه حوادث شوند در بازه زمانی ۹۳ روز شناسایی گردید و برای هر مخاطره شناسایی شده مطابق شاخص ریسک RI که برای اولین بار توسط چن و همکارش ارائه شد از حاصل ضرب ۴ پارامتر بدست می آید  $(RI = \sqrt[3]{PL * RN * FE * PD})$ . پارامترهای شاخص ریسک به شرح جدول ۲ می باشد که برای هر مخاطره شناسایی شده امتیاز آن توسط گروه متخصص ثبت گردید (۱۹).

#### تبدیل شاخص ریسک به شاخص پیش بینی کننده ریسک

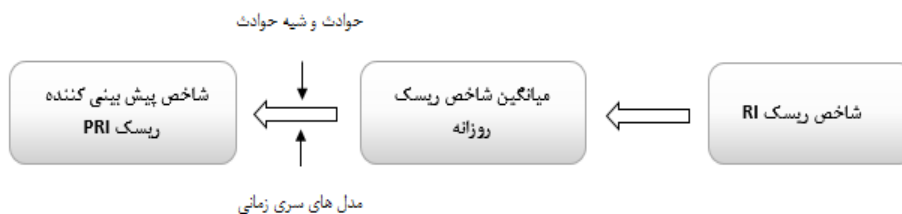
در بازه زمانی ۹۳ روز، مطالعه علاوه بر ثبت مخاطرات ناشی از اعمال و شرایط نایمن، جهت تبدیل شاخص ریسک RI به شاخص پیش بینی کننده ریسک PRI رویدادها و شبه حوادث رخ داده نیز ثبت شد. ابتدا شاخص ریسک به میانگین شاخص ریسک در هر روز مطالعه تبدیل شد سپس با استفاده از مدل های سری زمانی که در این مطالعه از مدل  $ARIMA(2,0,0)$  استفاده گردید که در ادامه توضیح داده می شود و هم افزایی رویدادهای به وقوع پیوسته روند شاخص پیش بینی کننده PRI بدست آمد (شکل ۲).

#### مرحله دوم هوش تجاری: پردازش اطلاعات

در این مرحله به طور کلی شاخص ریسک و شاخص های کلیدی تعریف شده بر اساس داده های جمع آوری شده توسط نرم افزار Power BI محاسبه شد. همچنین انتخاب مرتبه و نوع مدل سری زمانی جهت تعیین روند شاخص پیش بینی کننده ریسک انجام گردید.

به منظور بررسی روایی شاخص های کلیدی عملکردی جهت جمع آوری داده ها در اختیار کارشناسان و صاحب نظران قرار داده شده و نظرات اصلاحی آنها مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین به تایید گروه محترم تحقیق نیز رسیده است.

در این تحقیق برای بررسی میزان اعتبار از ضریب پایایی یا همان ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. بر اساس این ضریب مقدار صفر عدم پایایی و ضریب پایایی ۱ معرف پایایی عالی است که البته به ندرت دیده می شود. اگر مقدار آلفا بین ۵ تا ۷ باشد پایایی متوسط و قابل قبول است و مقدار بیشتر از ۷ اعتبار مطلوب را نشان می دهد (۲۵). نتیجه حاصل از تجزیه و تحلیل پایایی رد این مطالعه با مقدار آلفای کرونباخ ۰,۶۳ تخمین زده شد که به ۷ نزدیک بوده و مورد تایید قرار گرفته است. بنابر این شاخص های کلیدی عملکردی و داده های جمع آوری شده ناشی از پرسش از کارشناسان صنعت و تیم تحقیق از اعتبار و روایی قابل قبول برخوردار است. همچنین شاخص ریسک که توسط Chen معرفی



شکل ۲: نحوه تبدیل شاخص ریسک به شاخص پیش بینی کننده

### انتخاب مدل سری زمانی

برای انتخاب بهترین مدل سری زمانی جهت تبدیل شاخص ریسک به شاخص پیش بینی کننده ریسک باید ۵ گام اصلی را طی نمود:

#### بررسی ایستایی داده‌ها

گام اول در انتخاب مدل سری زمانی بررسی ایستایی داده‌های سری زمانی است، هنگامی امکان پیش‌بینی برای سری زمانی وجود دارد که داده‌ها به صورت ایستا درآمده باشد. ایستایی سری زمانی به معنای آن است که میانگین و واریانس داده‌ها به زمان وابسته نباشند. جهت بررسی ایستایی داده ابتدا روند یا شیب خط داده‌ها به دست آمد هنگامی که شیب خط صفر (افقی) باشد، داده‌ها فاقد مؤلفه روند بوده و ایستا است که در این مطالعه با توجه به شیب خط داده‌ها که نزدیک به صفر است می‌توان نتیجه گرفت داده‌ها ایستا هستند در شکل ۶ داشبورد اولین نمودار نمایش داده شده است (۲۶).

همچنین یکی دیگر از روش‌های بررسی ایستایی بودن داده‌ها استفاده از آزمون دیکی فولر می‌باشد با توجه به اینکه در آزمون دیکی فولر، فرض  $H_0$  نا ایستا بودن داده‌ها و فرض  $H_1$  ایستا بودن داده‌ها می‌باشد (مقدار  $\alpha$  را برابر با ۰.۵٪ در نظر گرفته شده است) در نتیجه با توجه به رابطه ذیل فرض نا ایستا بودن داده رد می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت داده‌ها ایستا هستند. لازم به ذکر می‌باشد که محاسبه آزمون توسط فراخوانی پایتون در نرم افزار Power BI صورت گرفته است.

$$P \text{ value} = ۳.۲۱۷۴۷۱۵۴۸۹۴۳۷۷۶e-۱۶$$

$$\leq ۰.۰۵$$

### بررسی نرمال بودن داده‌ها

گام دوم بررسی نرمال بودن داده‌ها و بررسی وجود یا عدم وجود داده‌های پرت می‌باشد که از طریق رسم نمودار QQ plot صورت گرفت. نرمال بودن داده‌ها به این دلیل اهمیت دارد که تئوری سری‌های زمانی بر اساس نرمال بودن داده‌ها توسعه یافته است و در صورتی که داده‌ها نرمال نباشند بایستی با استفاده از روش‌های مختلف میانگین‌گیری و تفاضل آن‌ها را نرمال نمود. در نمودار QQ plot اگر نقاط تقریباً روی یک خط مستقیم قرار گیرند، نشان می‌دهد که داده‌ها به طور معمول توزیع شده‌اند و داده پرت وجود نداشته است (۲۷).

نمودار QQ مطابق شکل ۶ داشبورد نشان می‌دهد داده‌ها تقریباً به طور معمول توزیع شده‌اند زیرا داده‌ها حول خط مستقیم هستند در نتیجه می‌توان گفت داده‌ها از آزمون نرمال پیروی می‌کنند و امکان پیش‌بینی و انتخاب مدل به راحتی وجود دارد.

### نمودارهای تابع خودهمبستگی و تابع خودهمبستگی جزئی

گام سوم تعیین و شناسایی نوع و مرتبه مدل است که ابتدا بایستی بر روی نمودارهای  $ACF^1$  و  $PACF^2$  قضاوت نمود. از روی نمودار  $ACF$  مرتبه  $q$  مدل و از روی نمودار  $PACF$  مرتبه  $p$  مدل مشخص می‌شود. به طور معمول مدل‌های  $AR(p)^3$ ،  $MA(q)^4$  و  $ARIMA^5$  قابل انتخاب می‌باشند. دلیل استفاده گسترده از

1. Autocorrelation Function
2. Partial Autocorrelation Function
3. Auto Regressive
4. Moving Average
5. Auto Regressive- Moving Average

جدول ۵: ضریب آکائیک مدل های پیشنهادی جهت پیش بینی

Model	Order	AIC
AR(1)	ARIMA(1,0,0)	۲۶۴.۱۷۷
AR(2)	ARIMA(2,0,0)	۲۶۳.۹۰۸
AR(3)	ARIMA(3,0,0)	۲۶۵.۲۸۷
AR(4)	ARIMA(4,0,0)	۲۶۴.۶۵۴
AR(5)	ARIMA(5,0,0)	۲۶۵.۳۷۰
ARMA(3,1)	ARIMA(3,0,1)	۲۶۷.۰۱۱
ARMA(3,2)	ARIMA(3,0,2)	۲۶۵.۸۶۱

است، ما به دنبال مدلی با کمترین مقدار آکائیک هستیم؛ زیرا نشان دهنده تعادل بهتر بین تناسب مدل و پیچیدگی است. در این مورد، مدل  $AR(2)$  یا  $ARIMA(2,0,0)$  دارای کمترین مقدار AIC با ۲۶۳،۹۰۸ است (مقدار  $\alpha$  را برابر با ۰.۵٪ جهت استفاده از مدل برای پیش بینی در نظر گرفته شده است). در نتیجه به عنوان بهترین مدل جهت تبدیل شاخص ریسک به روند شاخص پیش بینی کننده ریسک PRI انتخاب شد. شکل ۷ داشبورد، روند میانگین روزانه شاخص ریسک و شاخص پیش بینی کننده ریسک را نشان می دهد.

#### ناحیه بندی صنعت

پس از انتخاب مدل سری زمانی و به دست آمدن روند شاخص ریسک پیش بینی کننده PRI و هم افزایی حوادث و شبه حوادث مخاطرات شناسایی شده بر اساس سه حالت ایمن، اخطار و اقدام وضعیت مخاطرات شناسایی شده رتبه بندی شد که نشان دهنده وضعیت ایمنی آن صنعت می باشد شکل ۷ وضعیت هر ایستگاه را نشان می دهد. در صورتی که شاخص ریسک هر مخاطره وضعیت امن قرار گیرد انتظار بروز حادثه نمی رود و در صورتی که در وضعیت هشدار و اقدام قرار بگیرد پتانسیل بروز حادثه در صنعت را نشان می دهد (۱۹).

#### مرحله سوم هوش تجاری توزیع اطلاعات

در این مرحله پس از جمع آوری داده های در پایگاه داده و فراخوانی داده ها در نرم افزار Power BI

این مدل ها را می توان مربوط به توانایی آنها در ایجاد همبستگی بین مقادیر زمان حال با زمان های پیشین و همچنین سادگی ساختار این مدل ها دانست (۲۶).

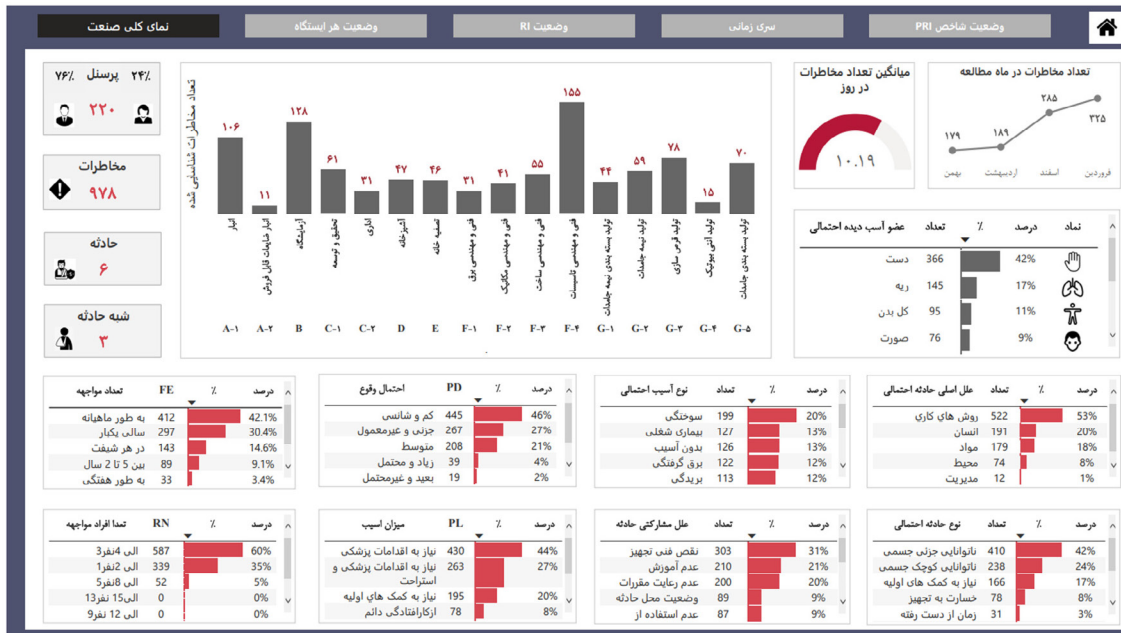
باتوجه به نمودارهای ACF و PACF مربوط به داده مطابق شکل ۶ داشبورد و می توان به این نتیجه رسید که هریک از مدل های  $ARIMA(1,0,0)$ ،  $ARIMA(2,0,0)$ ،  $ARIMA(3,0,0)$ ،  $ARIMA(4,0,0)$ ،  $ARIMA(5,0,0)$ ،  $ARIMA(3,0,1)$ ،  $ARIMA(3,0,2)$  می توانند جهت پیش بینی مناسب باشد؛ اما جهت انتخاب بهترین مدل برای پیش بینی باید ضریب آکائیک AIC هر مدل را به دست آورد.

#### بررسی معیار آکائیک AIC

گام چهارم انتخاب بهترین مدل از روی معیار آکائیک می باشد. معیار ارزیابی AIC، نمایانگر میزان اطلاعاتی است که توسط مدل از دست رفته و در نتیجه هر چه مقدار معیار ارزیابی AIC کوچک تر باشد، مدل مورد نظر نسبت به بقیه مدل ها، بهتر و مناسب تر است. از بین مدل های مناسب پیشنهاد شده در مرحله قبل، مدلی که دارای کمترین مقدار ضریب آکائیک باشد به عنوان بهترین مدل انتخاب می شود (۲۸). مقادیر ضرایب AIC برای هر مدل توسط فراخوانی نرم افزار پایتون در محیط نرم افزار Power BI محاسبه شده است و در جدول ۵ درج شده اند:

#### انتخاب بهترین مدل جهت پیش بینی

گام پنجم انتخاب بهترین مدل بر اساس مقادیر آکائیک



شکل ۳: نمای کلی مخاطرات شناسایی شده در تمامی واحدها

با ۱۰۶ مخاطره شناسایی شده بیشترین مخاطرات را به خود اختصاص داده‌اند.

در صورتی که مخاطرات شناسایی شده در ایستگاه‌ها به حوادث و شبه‌حوادث تبدیل گردد از لحاظ بیشترین نوع عضو آسیب‌دیده احتمالی به ترتیب دست با ۴۲٪، ریه با ۱۷٪، کل بدن با ۱۱٪ بالاترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. از لحاظ نوع علل ریشه‌ای وقوع احتمالی حوادث ناشی از مخاطرات شناسایی شده به ترتیب سهم روش‌های کاری ۵۳٪، خطای انسانی ۲۰٪، مواد شیمیایی موجود در صنعت مربوطه ۱۸٪، محیط ۸٪ و مدیریت ۱٪ می‌باشد.

همچنین از لحاظ نوع علل مشارکتی وقوع احتمالی حوادث ناشی از مخاطرات شناسایی شده به ترتیب سهم نقص فنی تجهیزات با ۳۱٪، عدم آموزش با ۲۱٪ و ۲۰٪ به علت عدم رعایت مقررات توسط پرسنل بیشترین علل مشارکتی بوده‌اند. از لحاظ نوع آسیب احتمالی حوادث ناشی از مخاطرات شناسایی شده به ترتیب بیشترین سهم با ۲۰٪، بیماری‌های شغلی و ۱۳٪ مواردی که بدون آسیب جانی هستند فقط سبب بروز آسیب‌های مالی می‌شوند.

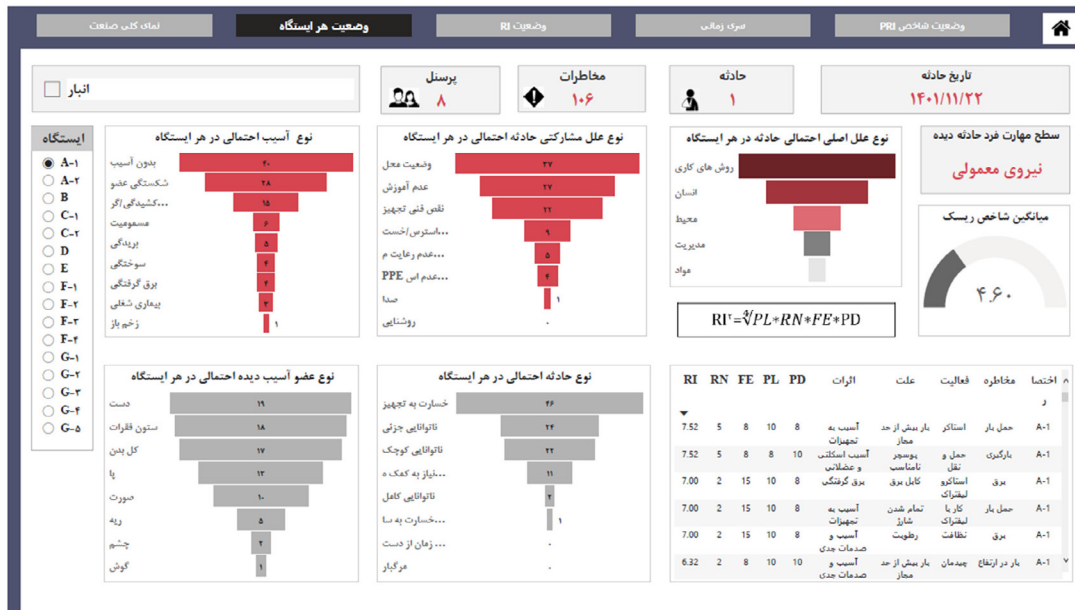
محاسبه شاخص‌های کلیدی عملکردی مطابق جداول ۲، ۳ و ۴ نمودارهای مربوطه جهت طراحی داشبورد در ۵ صفحه برای تصمیم‌گیری مدیران رسم شد.

### یافته‌ها

#### صفحه اول داشبورد: نمای کلی صنعت

صفحه اول داشبورد که نمای کلی همه ایستگاه‌های صنعت داروسازی را نشان می‌دهد در مجموع ۲۲۰ پرسنل در این صنعت مشغول به کار هستند که ۷۴٪ آن‌ها مردان و ۲۴٪ خانم‌ها تشکیل شده است در بازه زمانی ۹۳ روز در مجموع ۹۷۸ مخاطره در تمامی ایستگاه‌ها شناسایی شد و در این مدت ۶ حادثه و ۳ شبه‌حادثه به ثبت رسیده است. میانگین تعداد مخاطرات شناسایی شده در روز برابر ۱۰،۱۹ می‌باشد.

از لحاظ تعداد مخاطرات شناسایی شده در هر ایستگاه به ترتیب بیشترین تعداد مخاطرات شناسایی شده در ایستگاه فنی و مهندسی تأسیسات با علامت اختصاری F-۴ دارای ۱۵۵ مخاطره، ایستگاه آزمایشگاه با علامت اختصاری B با ۱۲۸ مخاطره، ایستگاه انبار با علامت A-۱



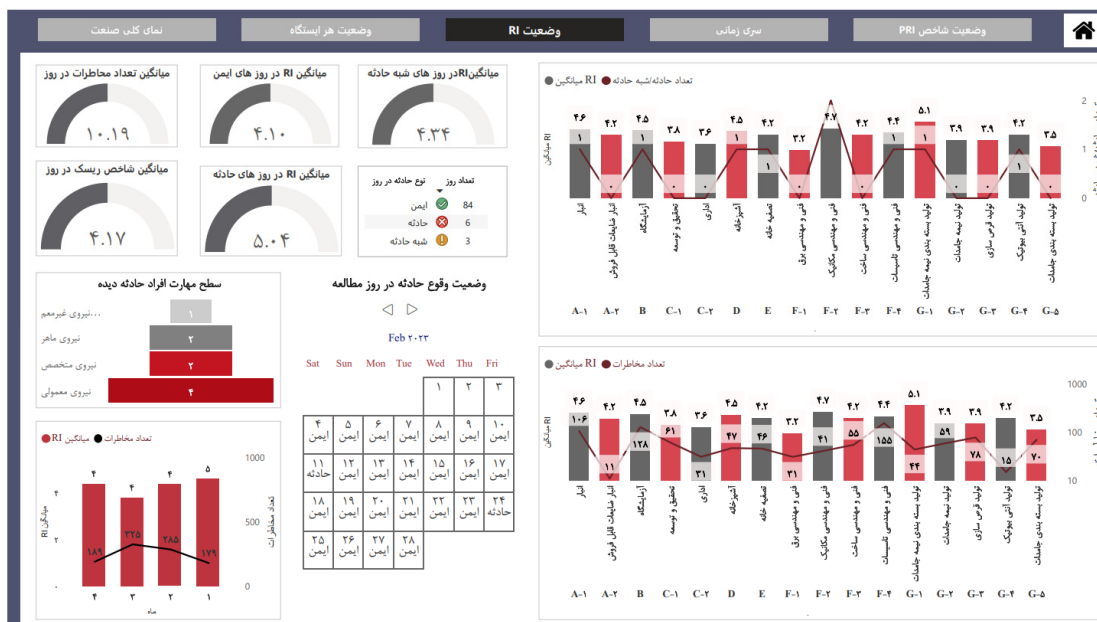
شکل ۴: وضعیت کلی مخاطرات شناسایی شده واحد انبار A-۱

گزینه فیلتر کاربر می‌تواند داده‌های مربوط به هر ایستگاه کاری را مشاهده نماید که در این مطالعه جهت نمونه، واحد انبار با علامت اختصاری A-۱ آورده شده است. ۸ نفر از پرسنل شرکت در واحد انبار مشغول به کار می‌باشند که ۱۰۶ مخاطره در این واحد شناسایی شده که ۱ حادثه در تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۲۲ توسط نیروی معمولی به ثبت رسیده است و میانگین شاخص ریسک ۴٫۶ می‌باشد و واحد انبار از نظر بیشترین نوع آسیب احتمالی در صورت تبدیل مخاطرات شناسایی شده به حوادث به ترتیب ۴۰ مورد باعث آسیب مالی، ۲۸ مورد سبب شکستگی عضو، ۱۵ مورد آسیب‌ها باعث کشیدگی و گرفتگی عضلات می‌گردد. همچنین این واحد از لحاظ بیشترین نوع علل مشارکتی احتمالی در صورت تبدیل مخاطرات شناسایی شده به حوادث ۳۷ مورد به علت وضعیت محل، ۲۷ مورد به علت عدم آموزش، ۲۲ مورد به علت نقص فنی تجهیز است. از لحاظ بیشترین عضو احتمالی آسیب‌دیده در صورت تبدیل مخاطرات شناسایی شده به حوادث به ترتیب ۱۹ مورد باعث آسیب به دست، ۱۸ مورد باعث آسیب به ستون فقرات، ۱۸ مورد باعث آسیب به کل ناحیه بدن می‌شود.

از لحاظ نوع حادثه احتمالی به ترتیب ناتوانایی جزئی جسمی با ۴۲٪، ناتوانایی کوچک جسمی با ۲۴٪، نیاز به کمک‌های اولیه با ۱۷ بیشترین سهم خود را اختصاص داده‌اند. از نظر وقوع احتمال وقوع مخاطرات، ۴۶٪ مخاطرات احتمال وقوع کم و شانس دارند و ۲۷٪ مخاطرات احتمال وقوع جزئی و غیر معمولی را به خود اختصاص داده‌اند و ۲۱٪ مخاطرات احتمال وقوع آنها متوسط است.

از لحاظ میزان آسیب مخاطرات ثبت شده ۴۴٪ نیاز به اقدامات پزشکی و ۲۷٪ نیاز به اقدامات پزشکی و استراحت دارند همچنین ۲۰٪ آن‌ها نیاز به اقدامات کمک‌های اولیه دارد. از لحاظ تعداد مواجهه هر مخاطره ثبت شده ۴۲٪، ۱٪ آنها به طور ماهیانه، ۳۰٫۴٪ سالی یکبار، ۱۴٫۶٪ در هر شیفت، رخ می‌دهد از لحاظ تعداد نفراتی که مواجهه دارند با هر مخاطره ۶۰٪ مخاطرات حدود ۳ الی ۴ نفر مواجهه، ۳۵٪ مخاطرات حدود ۱ الی ۲ نفر مواجهه، ۵٪ مخاطرات حدود ۵ الی ۸ نفر مواجهه دارند.

صفحه دوم داشبورد: وضعیت مخاطرات واحد انبار A-۱ مطابق شکل ۴ در این صفحه از داشبورد با ایجاد



شکل ۵: وضعیت کلی شاخص ریسک در تمامی واحدها

برابر ۵,۰۴ بوده است که نشان دهنده آن هست که هرچه شاخص ریسک بیشتر باشد احتمال وقوع حادثه نیز بیشتر می‌گردد.

در طول مطالعه از نظر مهارت افراد در ۶ حادثه و ۳ شبه حادثه رخ داده شده به ترتیب ۴ نفر نیروی معمولی، ۲ نفر نیروی متخصص، ۲ نفر نیروی ماهر و ۱ نفر نیروی غیر معمولی سبب بروز حوادث و شبه حوادث گردیده‌اند. با مقایسه میانگین شاخص ریسک در هر ایستگاه با تعداد حوادث و شبه حوادث رخ داده در طول ۹۳ روز مطالعه همان طور که قابل مشاهده می‌باشد در ایستگاه‌هایی که شاخص ریسک بالاتری داشته‌اند حادثه نیز در آن ایستگاه به وقوع پیوسته است. شکل ۵ اولین نمودار سمت چپ قابل مشاهده است.

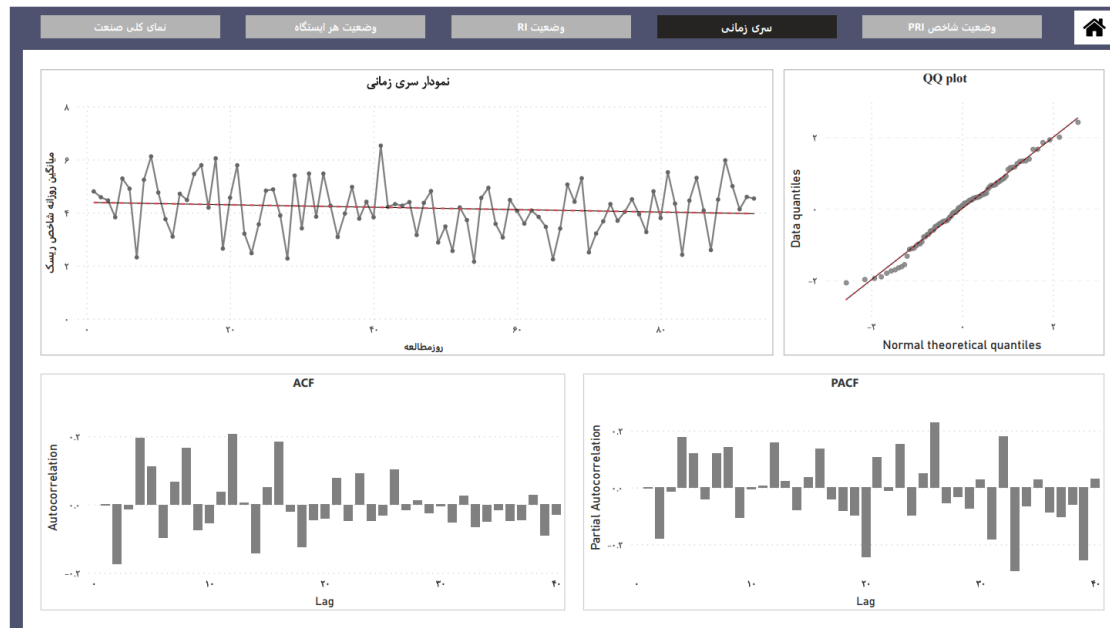
با مقایسه تعداد مخاطرات شناسایی شده در هر ایستگاه و میانگین شاخص ریسک می‌توان نتیجه گرفت واحدهایی که تعداد مخاطرات شناسایی شده کمتری دارند میانگین شاخص ریسک آن ایستگاه نیز نسبت به سایر واحدها کمتر می‌باشد. شکل ۵ دومین نمودار سمت چپ قابل مشاهده است. جهت مشخص کردن روزهای

همچنین از لحاظ بیشترین نوع حادثه احتمالی در صورت تبدیل مخاطرات شناسایی شده به حوادث ۴۶ مورد نوع حواث احتمالی باعث خسارت به تجهیز، ۲۴ مورد باعث ناتوانایی جزئی، ۲۲ مورد ناتوانایی کوچک می‌شود.

از لحاظ نوع علل اصلی حادثه احتمالی در صورت تبدیل مخاطرات شناسایی شده به حوادث ۴۸ مورد به علت روش‌های کاری، ۳۱ مورد به علت خطای انسانی نیروی کار، ۱۴ مورد به علت محیط وقوع حادثه، علل‌های اصلی بروز حوادث در این واحد هستند.

صفحه سوم داشبورد: وضعیت شاخص ریسک

صفحه پنجم داشبورد مطابق شکل ۵ جهت تحلیل وضعیت شاخص ریسک طراحی شده است که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم. میانگین تعداد مخاطرات در طول روزهای مطالعه ۱۰,۱۹ و میانگین شاخص ریسک در روزهای مطالعه ۴,۱۷ می‌باشد. در طول ۹۳ روز مطالعه به طور میانگین شاخص ریسک در روزهای بدون حادثه (ایمن) برابر ۴,۱۰ و در روزهای شبه حادثه میانگین شاخص ریسک برابر ۴,۳۴ و در طول روزهای حادثه



شکل ۶: صفحه چهارم داشبورد مربوط به نمودارهای سری زمانی

حادثه و شبه‌حادثه در نمودار شکل ۷ می‌توان نتایج ذیل را گرفت:

با توجه بر این موضوع که حوادث و شبه‌حوادث به وقوع پیوسته در مدل مطالعه اکثراً در آن روزها شاخص ریسک در بازه ۴ الی ۵ بوده است در نتیجه می‌توان نواحی را به‌صورت ذیل تعریف کرد:

ناحیه ایمن:  $CPRI \leq 3$  احتمالی وقوع حوادث کم

ناحیه هشدار:  $3 < CPRI < 4$  احتمال وقوع حوادث زیاد

ناحیه اقدام:  $CPRI \geq 4$  احتمال وقوع حوادث خیلی زیاد

براین اساس مدیر صنعت باتوجه به خطرات شناسایی شده و محاسبه شاخص ریسک آن‌ها می‌تواند نتیجه بگیرد که ۳۳٪ مخاطرات در ناحیه اقدام، ۲۴٪ مخاطرات در ناحیه هشدار و ۴۳٪ مخاطرات شناسایی شده در ناحیه ایمن قرار دارد. همین طور پس از تجزیه و تحلیل ناحیه بندی وضعیت مخاطرات در هر واحد و ایستگاه می‌توان

ایمن و روزهایی که حادثه در مدت مطالعه رخ داده است تقویمی جهت مشاهده سریع‌تر و راحت مدیران نیز تهیه شده است.

#### انتخاب مدل سری زمانی

شکل ۶ به طور مفصل در بخش روش کار جهت مشخص شدن نوع مدل توضیح داده شده است.

#### وضعیت شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک PRI

شکل ۷ که صفحه پنجم داشبورد را شامل می‌شود نمودارهای مربوط به شاخص ریسک پیش‌بینی‌کننده ریسک می‌باشد که در ادامه به طور مفصل توضیح داده خواهد شد.

جهت تعیین روند و پیش‌بینی شاخص ریسک از مدل  $ARIMA(2,0,0)$  استفاده شد. ابتدا نمودار میانگین شاخص ریسک بر حسب روزهای مطالعه رسم گردید (نمودار طوسی کم‌رنگ) سپس با استفاده از مدل  $ARIMA(2,0,0)$  شاخص ریسک پیش‌بینی‌کننده تبدیل شد (نمودار سفیدرنگ) و بعد از مشخص کردن روزهای



شکل ۷: صفحه پنجم داشبورد مربوط به وضعیت شاخص پیش بینی کننده ریسک

نتیجه گرفت واحد فنی و مهندسی ایستگاه تاسیسات با ۵۸ مورد مخاطره در وضعیت اقدام و واحد انبار با ۵۱ مورد مخاطره در وضعیت اقدام و واحد آزمایشگاه با ۴۵ مورد مخاطره در وضعیت اقدام به ترتیب سه واحدی هستند که احتمال تبدیل مخاطرات شناسایی شده به حوادث خیلی زیاد است لذا نیاز به بررسی سریع تر و تعیین اقدامات اصلاحی جهت جلوگیری از وقوع حوادث آتی دارد.

همچنین در این مطالعه روند شاخص پیش‌بینی‌کننده برای روزهای ۹۴ تا ۱۴۳ نیز پیش‌بینی گردید و از مسئولان ایمنی صنعت درخواست شد در این مدت حوادث و شبه حوادث را نیز به تیم تحقیق اعلام نمایند که پس از هم افزایشی حوادث رخ داده روز ۱۰۹ و ۱۳۲ شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک ۴ به بالا بوده است لذا می‌توان نتیجه گرفت که ناحیه بندی صورت گرفته می‌تواند حوادث آتی را پیش‌بینی نماید.

### بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین مخاطرات شناسایی شده مربوط به ایستگاه فنی و مهندسی واحد

وقوع احتمالی حوادث آتی می‌باشد.

همچنین با مقایسه میانگین شاخص ریسک روزانه در بازه زمانی مطالعه نیز می‌توان به این نتیجه رسید در روزهایی که حوادث رخ دادند میانگین شاخص ریسک روزانه ۵,۰۴ بوده همچنین در روزهایی که شبه حادثه در بازه مطالعه رخ داده میانگین شاخص ریسک عدد ۴,۳۴ را داشته و سایر روزهای بدون رویداد (روزهای ایمن) میانگین شاخص ریسک روزانه ۴,۱۰ بوده است که این نیز نشان‌دهنده آن است که بالا بودن میزان میانگین شاخص ریسک نشان‌دهنده وقوع احتمالی حوادث آتی می‌باشد. زیرا در روزهایی که حادثه در صنعت نبوده میانگین شاخص ریسک پایین بوده پس می‌تواند در تصمیم‌گیری مدیریت تسهیل بیخشد. همچنین مطالعات دیگر نیز هروقت حادثه و شبه حادثه در صنعت رخ داده نسبت به سایر روزها عدد شاخص ریسک بالا بوده که نشان‌دهنده وقوع حوادث احتمالی بوده و با این مطالعه نتایج هم خوانی دارد (۱۹ و ۲۰ و ۲۱).

در این مطالعه ۲ مشاهده پشت سر هم به عنوان تعیین روند شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک مطابق با تئوری سری زمانی تعیین شد ممکن است که در شرایط دیگر و مشاهداتی دیگر این عدد نیز تغییر نماید. در مطالعه Chen و Yang تعداد ۱۵ مشاهده پشت سر هم برای تعیین میانگین متحرک انتخاب شد (۱۹). در مطالعه دکتر جهانگیری و همکاران در صنعت فولاد سامان یزد تعداد ۱۰ مشاهده پشت سر هم برای تعیین میانگین متحرک جهت تعیین روند شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک انتخاب گردید (۲۱).

مطالعه دیگری که توسط ابراهیم نظری‌پور و همکاران در صنعت فولاد صورت گرفت تعداد ۲ مشاهده جهت تعیین روند شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک در نظر گرفته شد (۲۰). لذا می‌توان به این نتیجه رسید که مطابق با تئوری سری زمانی و مشاهدات هر مطالعه ممکن است که در شرایط دیگر تعداد مشاهده در نظر گرفته شده تغییر نماید.

مطالعه نشان داد که شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک

در حد نزدیک به مقدار پیک خود، قادر به پیش‌بینی رویدادهای به وقوع پیوسته است. نتایج نشان داد پس از وقوع رویداد، شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک به طرف کاهش مقدار متغیر استوار بوده است. این نتایج با مطالعه یانگ چن و دکتر جهانگیری و نظری همخوانی دارد که نشان می‌دهد این مطالعه توانایی بهبود پیش‌بینی رویدادهای به وقوع پیوسته را داشته است (۱۹ و ۲۰).

در این مطالعه با توجه بر این موضوع که اکثر رویدادها زمانی رخ داده‌اند که میانگین شاخص ریسک بین ۴ الی ۵ بوده عدد ۴ به عنوان ناحیه اقدام تعیین شد در حالی که در مطالعه دکتر نظری و همکاران در صنعت فولاد مشخص گردید اکثر رویدادهای آن صنعت زمانی که شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک بین ناحیه ۵ و ۶ بوده رخ داده که بالاتر از عدد ۵ به عنوان ناحیه اقدام در نظر گرفته شد (۲۰). همچنین در مطالعه دیگری که توسط جهانگیری و همکاران در صنعت فولاد صورت گرفت ناحیه بالاتر از ۵ وضعیت اقدام را نشان داد (۲۱). همچنین مطالعه yang و chen در سال ۲۰۰۳ در صنعت ناحیه کمتر از عدد ۳ به عنوان ناحیه ایمن، عدد بین ۴ و ۵ به عنوان ناحیه اخطار و عدد بالاتر از ۵ به عنوان ناحیه اقدام تعیین گردیده است (۱۹). لذا می‌توان به این نتیجه رسید بسته به صنعت مربوطه و شناسایی مخاطرات و پارامترهای ۴ گانه شاخص ریسک تصمیم در خصوص تعیین نواحی شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک یک تصمیم مدیریتی بوده و می‌تواند در مواقع مختلف متفاوت باشد.

همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که جهت تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل برای مدیران ارشد سازمان استفاده از هوش تجاری جهت اولویت‌بندی می‌تواند کمک‌کننده باشد که نتایج نخال و همکاران با بررسی داده‌های ایمنی صنعتی نیز نشان داد که داشبورد برای تجزیه و تحلیل داده‌های موجود جهت تصمیم‌گیری و پشتیبانی کمک‌کننده است و ترکیب هوش تجاری و راه‌حل‌های یادگیری ماشین باعث ایجاد هوش ایمنی جهت کاهش ضرر و زیان در صنایع می‌شود (۲۲).

همچنین نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه کارلوس

صورت گرفت و تعداد ۹۷۸ خطر در این صنعت شناسایی شد و بر اساس مقایسه شاخص پیش بینی کننده ریسک با رویدادهای به وقوع پیوسته در مدت مطالعه، خطرات شناسایی شده در سه دسته شامل حالت ایمن (۴۳) درصد، حالت اقدام (۳۳) درصد و حالت هشدار با (۲۴) درصد دارای اولویت کم، فوری و متوسط طبقه بندی شد که می‌تواند به مدیریت جهت تسهیل در تصمیم‌گیری به عنوان راهنما عمل نماید. بر اساس نتایج کلی حاصل شده از این پژوهش بیشترین خطرات شناسایی شده در منطقه ایمن مشاهده شده است نشان‌دهنده عملکرد و وضعیت خوب در زمینه ایمنی محیط کار می‌باشد. با توجه بر این موضوع که بیشتری علل مشارکتی ایجاد حوادث احتمالی نقص فنی تجهیزات و عدم آموزش می‌باشد؛ لذا بازدیدهای دوره‌ای و برنامه‌های مستمر تعمیر و نگهداری و آموزش افراد می‌تواند راهکار پیشنهادی جهت جلوگیری از بروز حوادث آتی باشد. همچنین بیشترین علل اصلی بروز حوادث احتمالی در این صنعت، روش‌های کاری نادرست و عدم رعایت مقررات توسط نیروی کار می‌باشد؛ لذا پیشنهاد می‌گردد دستورالعمل‌های مربوط به نحوه استفاده از تجهیزات به خصوص بخش تولید و بسته‌بندی به صورت دوره‌ای مورد آموزش قرار بگیرد.

## REFERENCES

1. Rouhani S, Zamenian S. Prototyping and evaluating a hospital dashboard based on end-user satisfaction model. *J Health Biomed Inform.* 2016;3(3):174-85.
2. Zavari J. The relationship between the introduction of the dashboard with decision-making style and willingness to take risks: a case study of Pars Khodro [dissertation]. Qom: University of Qom; 2013. Persian.
3. Bahramian H, Rahnavard F, Salehi J. Investigating the effect of organizational content on the effectiveness of business intelligence according to the role of knowledge management. *Q J Manag.* 2013;9(27):65-84.
4. Mohammadfam I, Soltanzadeh A, Moghimbeigi A, Akbarzadeh M. Confirmatory factor analysis of occupational injuries: presenting an analytical tool. *Trauma Mon.* 2017;22(2). doi:10.5812/

آرون کورتز گالیند مطالعه نشان داد که داشبورد نمایشی جهت بهبود در روند تصمیمات کارفرمایان که اقدامات مورد نیاز تسهیل نماید. همچنین تمامی تجزیه تحلیل‌های مورد نیاز توسط داشبورد جهت تسهیل در تصمیم‌گیری مدیران و کارفرمایان و نمایش ریسک هر کارمند ایجاد گردید یکسان است (۲۹).

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به این موارد اشاره نمود که شاخص‌هایی که در محیط‌های صنعت وجود دارند بسیار زیاد می‌باشند که بررسی کامل تمامی شاخص‌ها بسیار زمانبر می‌باشد همچنین جهت استفاده از مدل‌های پیش بینی کننده بهتر است که مدت زمان بیشتری را به انجام مطالعه اختصاص داد. یکی دیگر از محدودیت‌ها مطالعه عدم بررسی دقیق‌تر روی اقدامات اصلاحی جهت کاهش خطرات می‌باشد زیرا هدف تحقیق ارزیابی کلی وضعیت صنعت و معرفی ابزاری جهت نمایش ناحیه بندی آن بوده است.

## نتیجه گیری

مطالعه حاضر باهدف طراحی و ارائه داشبورد هوش تجاری جهت ارزیابی مخاطرات ایمنی با به کارگیری شاخص پیش‌بینی‌کننده ریسک در صنعت داروسازی

traumamon.33266.

5. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Moghimbeigi A, Ghiasvand R. Key factors contributing to accident severity rate in construction industry in Iran: a regression modelling approach. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2016;67:47-53. doi:10.1515/aiht-2016-67.
6. Rikhardsson PM, Impgaard M. Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. *Accid Anal Prev.* 2004;36(2):173-82.
7. Haidari et al. Investigation of the safety of a pharmaceutical company using the failure mode analysis method and its effect. *Iran Occup Health.* 2005;3(2).
8. Maniar MS, Kumar A, Mentzer RA. Global process safety incidents in the pharmaceutical industry. *J Loss Prev Process Ind.* 2020;68:104279.

9. Wang B. Safety intelligence as an essential perspective for safety management in the era of safety 4.0. *Process Saf Environ Prot.* 2021;148:189-99.
10. Luhn HP. A business intelligence system. *IBM J.* 1958:314-9.
11. Maguire S, Ojiako U, Robson I. The intelligence alchemy and the twenty-first century organization. *Strateg Change.* 2009:125-39.
12. Frazi A, Nowrozi A, Madhoshi M. Management and strategic planning in the university as a complex system using study systems tools. 2013.
13. Noonpakdee W, et al. A framework for analyzing and developing dashboard templates for small and medium enterprises. 2018 5th Int Conf Ind Eng Appl. 2018.
14. Chen JR, Yang YT. A predictive risk index for safety performance in process industries. *J Loss Prev Process Ind.* 2003.
15. Rikhardsson PM, Impgaard M. Corporate cost of occupational accidents: an activity-based analysis. *Accid Anal Prev.* 2004;36(2):173-82.
16. Yari P, et al. Presenting occupational accidents patterns based on the affinity of risk-injury groups. *Health Saf Work.* 2017;7(3):255-66.
17. Derakhshandeh M, Hoshyar V. Investigating the impact of business intelligence on organizational learning in the process of creating value for the organization. 2017.
18. Ghazi saeedi M, Khara R, Hosseiniravandi M. Necessitates of using dashboards in health information management. *Health Inf Manag.* 2015;12(2):252-62.
19. Chen JR, Yang YT. A predictive risk index for safety performance in process industries. *J Loss Prev Process Ind.* 2004;17(3):233-42.
20. Nazaripour E, et al. Risk assessment of musculoskeletal disorders among workers of a dairy products factory. 2014.
21. Nazaripour E, et al. Applying predictive risk index to identify and evaluate safety dangers in a steel industry. *Occup Med Q J.* 2017;9(3):45-57.
22. Nakhil AJ, et al. Investigating occupational and operational industrial safety data through business intelligence and machine learning. *J Loss Prev Process Ind.* 2021;73:104608.
23. Mohammadi V, Sarlak MA. The relationship between business intelligence and employee performance. 2017.
24. Reinschmidt J, Franchoise A. Business intelligence certification guide. IBM; 2000.
25. Mohammadbeigi A, et al. Validity and reliability of the instruments and types of measurement in health applied researches. *J Rafsanjan Univ Med Sci.* 2015;13(10):1153-70.
26. Salas et al. *Applied time series in hydrology.* McGraw Hill; 1996.
27. Niromand HA. *Introductions to time series analysis.* Mashhad: Ferdowsi Univ Press; 1993.
28. Fatemi Qomi MT. *Forecasting and analysis of time series.* Tehran: Amirkabir Univ Press; 1994.
29. Galindo CAC, Monge ELP. Business intelligence: evaluation of occupational risks using a dashboard focused on decision making. 2018 13th Iberian Conf Inf Syst Technol. 2018:1-4. doi:10.23919/CISTI.2018.8399345.