International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2011)

September 2011, Volume 22, Number 2
pp. 193-204

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

Maintenance Strategy Selection by Risk Based Inspection Approach

Ali Barzegar, Kamran Shahanaghi* & Mirbahador Aryanezhad

Ali Barzegar, *Msc student of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran*
****kamran Shahanaghi,*** *Associate Professor, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran*
Mirbahador Aryanezhad, *Professor,* *Department of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran*

Keywords

Risk Based Inspection,
Maintenance,
Decision Model,
Analytical Hierarchy Process

ABSTRACT

This paper describes Risk Based Inspection (RBI) methodology which is constructed in one of the units of Tehran Oil Refinery, (ISOMAX unit). The result of RBI Execution is a risk matrix which is constructed with Probability of Failure and Consequence of Failure. To define risk, probability of failure and consequence of failure and active damage mechanism were recognized. Riskwise software was assisted for implementing RBI. All equipment categorized into 3 main risk area based on the RBI results which were high risk, medium risk and low risk. High risk area is separated to Toxic and Non-Toxic area. As a result 4 risk area was considered. In addition an application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) to select the most practicable maintenance strategy for equipment which is located in each risk area is described. To arrange the hierarchic structure & evaluation, four main criteria were defined (safety, cost, value added, feasibility) for pairwise judgments. Four possible alternatives are considered to complete the model, preventive, corrective, condition based and reliable centered maintenance.

© 2011 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 22, No. 2, All Rights Reserved

* **Corresponding author. Kamran Shahanaghi**
Email: *shahanaghi@iust.ac.ir*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــریت تولیـــد

شمـــاره ۲، جلـــد ۲۲، تابستـــان ۱۳۹۰
صفحـــه ۱۹۴-۲۰۴

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

کاربرد رویکرد بازرسی بر مبنای ریسک در انتخاب سیاست‌های نگهداری و تعمیرات (نت)

کامران شهانقی*، میربهادر آریانژاد و علی برزگر

کلمات کلیدی

نگهداری و تعمیرات (نت)،
بازرسی بر مبنای ریسک (RBI)،
مدل تصمیم‌گیری،
فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

چکیده:

در این مقاله به بررسی موضوع انتخاب سیاست نگهداری و تعمیرات با رویکرد بازرسی بر مبنای ریسک در صنعت نفت پرداخته شده است و با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی یک مدل تصمیم‌گیری جهت انتخاب سیاست مناسب نت مبتنی بر این رویکرد ارائه شده است.

در هنگام ارائه مدل تصمیم‌گیری، ابتدا فرایند بازرسی بر مبنای ریسک به روش کیفی در یکی از واحدهای پالایشگاهی مورد اجرا گذاشته شده و ماتریس ریسک برای تجهیزات یکی از واحدهای فرایندی آن ترسیم شده است، به‌گونه‌ای که تجهیزات موجود در واحد مذکور در سه ناحیه ریسک بالا، ریسک متوسط و ریسک کم، قرار گرفتند. سپس سیاست‌های نگهداری و تعمیرات قابل اجرا در واحد مذکور، تعیین شدند و سپس با تعدیل و غربالگری معیارهای اولیه، چهار معیار نهایی (۱) هزینه، (۲) ارزش افزوده، (۳) ایمنی و (۴) قابلیت اجرا، جهت تصمیم‌گیری و قرار گیری در مدل AHP انتخاب شده‌اند. قدر مسلم برای هر تجهیزی که در هر یک از نواحی ریسک قرار بگیرد، سیاست نت خاصی قابل اجرا خواهد بود که نهایتاً از فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب سیاست نگهداری و تعمیر مناسب با توجه به معیارهای فوق استفاده شده است. لازم به ذکر است که هنگام تهیه ماتریس‌های مقایسه زوجی از نظرات خبرگان، استانداردها و مدارک فنی تعمیرات دستگاهها استفاده شده است تا به طور منطقی، مدل دارای کمترین ناسازگاری شود. در انتها نتایج بدست آمده با اقدامات کاربردی و نظر کارشناسان و خبرگان مقایسه و جهت اجرا در تعمیرات اساسی آینده واحدها پیشنهاد گردید.

۱. مقدمه

نگهداری و تعمیرات از جمله مقوله‌هایی هستند که در صنعت امروز به وفور از آنها استفاده می‌شود. دلیل آن هم گسترش و همه گیر شدن صنعت در زندگی روزمره بشر به منظور تامین نیازهای اوست. افزایش روز افزون جمعیت، نیاز به استفاده از فرآورده‌های مختلف صنعتی، انرژی، مواد غذایی و ... را هر لحظه بیشتر و بیشتر می‌کند. در حالیکه منابع در دسترس هر لحظه محدود و محدودتر می‌گردند، دستیابی به این نیازها هم بدون شک در گرو استفاده از صنایع پیشرفته امروزی است که در نتیجه استفاده بهینه و اقتصادی از این صنایع بصورت فزاینده مورد توجه قرار گرفته است.

پیچیده‌تر شدن فرآیند تولید و استفاده از ماشین آلات با امکانات پیشرفته و مدرن و نیز تقاضای رو به رشد محصولات، صاحبان صنایع را بر آن می‌دارد که با حداقل هزینه، در جهت تولید، از بیشترین امکانات خود بهره ببرند و در این راستا قیمت تمام شده محصول را نیزکاهش دهند و همچنین جهت دستیابی به بازارهای

تاریخ وصول: ۱۳۸۸/۷/۱۱
تاریخ تصویب: ۱۳۸۹/۶/۱

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر کامران شهانقی**، دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، shahanaghi@iust.ac.ir
دکتر میربهادرقلی آریانژاد، دانشکده صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، mirarya@iust.ac.ir
علی برزگر، شرکت نفت و گاز پارس، تهران، abarzegar@pogc.ir

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

وسیع‌تر، کیفیت محصولات تولیدی خود را نیز افزایش دهند.
تمام مصنوعات بشری و دستگاه ها دارای عمرمحدود می‌باشند. زیرا از مجموعه ای از اجزاء الکتریکی و مکانیکی، تشکیل شده اند که در هر لحظه امکان خرابی آن جزء، و در نتیجه از کار افتادگی دستگاه یا حتی کل سیستم وجود دارد. می‌دانیم که یک قابلیت اطمینان و کارکرد مطمئن بهینه برای هر دستگاه وجود دارد. اگر بخواهیم این مقدار را از یک حدی بالاتر ببریم بایستی هزینه بسیار زیادی را متحمل شویم که در این صورت محصولات تولیدی جهت تولید بصرفه نخواهند بود.
راه حل های بهتری هم وجود دارد. می‌توان با یک برنامه ریزی دقیق و مستمر کاری کرد که از همین امکانات موجود، حداکثر بهره وری حاصل شود. به طوریکه دستگاه ها با حداکثر کارایی و قابلیت دسترسی کار کنند. حال اگر اشکال یا نقصی در دستگاه بوجود آمد آیا باید تولید را بطور کامل تعطیل نمود؟ پاسخ به این سوال ما را به مفهوم تعمیرات هدایت خواهد کرد.
در دهه ۱۹۹۰ بازرسی بر مبنای ریسک و متدولوژی‌های نگهداری و تعمیرات تدریجاً با هم گره خوردند و در اواخر سال ۲۰۰۰ عمومیت یافتند. این نسل تا حد زیادی با ویژگی‌های بازرسی بر مبنای ریسک و نت به علاوه RCM[1] و CBM[2] شناخته می‌شود. تا سال ۲۰۰۰ نت و ایمنی جدای از هم بودند و فعالیت‌های مستقل داشتند. چندین نویسنده با یک رویکرد بهم آمیخته از نت و ایمنی معنای مناسبی برای بهینه کردن ظرفیت کارخانجات پیشنهاد کردند. نظر آنها این بود که ایمنی و نت منحصراً توابع و عوامل مقابل هم نیستند[۱].
مطالعات Kumar(95), Khan,Abbasi(98), Kletz(94) ارتباط نزدیک بین نت و رخداد حوادث عمده و بزرگ را نشان می‌دهد. قابلیت سوددهی تا حد زیادی به قابلیت استفاده و قابلیت اطمینان وابسته است در حالی که کیفیت محصول هم بیشتر از هر چیز به شرایط تجهیز وابسته است. هدف و تلاش عمده مهندسان نت اجرای یک استراتژی نت است که قابلیت دسترسی و بازده یک تجهیز را به حداکثر برساند، زوال و خرابی یک تجهیز را کنترل کند، یک عملیات ایمن و درست با محیط را ایجاد کند و هزینه کل عملیات را حداقل کند. این هدف با قبول یک رویکرد ساخت یافته در مطالعه خرابی تجهیز و طراحی استراتژی بهینه بازرسی و نت بدست می‌آید. تکنیک‌های مدیریت نت دچار یک تغییر شکل و دگرگونی عمده در فرآیند شده‌اند. طوری که از تمرکز بر تعمیرات اساسی دوره‌ای به استفاده از نظارت برحسب شرایط[3]، RCM و کارشناسی سیستم‌ها تغییر پیدا کرده است و در سالهای اخیر استراتژی‌های نت مبتنی بر ریسک، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. Chen و Toyoda در سال ۱۹۹۰ یک استراتژی برای زمان‌بندی نت براساس ریسک نهایی تنظیم و پیشنهاد کردند. استراتژی نت مبتنی بر ریسک و RBI که بوسیله ASME[4] در سال ۱۹۹۱ توسعه یافت و به عنوان یک اصل و پایه برای توسعهٔ مدارک و منابع پایه در RBI به وسیله API مورد استفاده قرار گرفت.
Horowitz, Aller و Reynolds, Weber و در سال ۱۹۹۵ اصول توسعه سیاست RBI[5] برای تجهیزات متعلق به شرکت نفت شل را شکل دادند. دو محقق به نامهای Almedia و Bohoris در سال ۱۹۹۵ کاربرد تئوری تصمیم گیری را با توجه خاص به سودمندی تئوری MADM[6] در تصمیم گیری نگهداری و تعمیرات که منجر به یک مدل ریاضی شده است را ارائه کرده اند.
استفاده از سیاست مبتنی بر ریسک در نت وسایل پزشکی هم بوسیله Ridgway در سال ۲۰۰۱ بررسی شده است. Triantaphyllou در سال ۱۹۹۷ با استفاده از AHP مهمترین معیار ها را در تصمیم گیری نگهداری و تعمیرات ارائه کرده است.
Tabucanon, Gupta, Ogunlana, Dey در سال ۱۹۹۸ یک مدل بر مبنای ریسک ساده نت را در خطوط لوله مورد بحث و بررسی قرار دادند. Nessinm, Stephen در سال ۱۹۹۸ یک مدل کمی تحلیل ریسک را پیشنهاد کردند. Dey در سال ۲۰۰۱ یک مدل عمومی‌تر برای RBI و نت خطوط لوله را ارائه داده است.
در این مدل احتمال خرابی در خطوط لوله انتقال با در نظر گرفتن چندین معیار و زیر معیار از میان عیوب شناخته شده خطوط لوله که او آنها را در ۵ دسته کلی تقسیم بندی کرده است با روش AHP محاسبه شده است.
مرور مقالات مشخص می‌کند که یک تمایل جدید به استفاده از ریسک به عنوان یک معیار برای برنامه‌ریزی اقدامات نت وجود دارد. گرچه اکثر مطالعات قبلی بر نوع خاصی از تجهیز تمرکز داشته‌اند لذا به نظر می‌رسد که نیاز برای یک متدولوژی عمومی شده که بتواند همهٔ انواع دارائیها، صرفنظر از ویژگی‌هایشان را در نظر بگیرد وجود دارد. تکنیک‌ها و ماژولهای نت مبتنی بر ریسک براساس تحلیل خطر، تخمین اثر و نتیجه، تخمین احتمال، تخمین ریسک، پذیرش ریسک و برنامه‌ریزی نت در جدول ۱ نشان داده شده، طبقه‌بندی شده‌اند.

۱-۱. مفهوم ریسک در نت

یکی از اهداف عمده استراتژی نت به حداقل رساندن خطرات برای انسان و محیط است که بواسطه خرابی غیر منتظره یک تجهیز ایجادمی شود. به علاوه استراتژی باید از نظر هزینه هم مؤثر و مفید باشد. استراتژی استفاده از رویکرد مبتنی بر ریسک این اطمینان را حاصل می کند که به این اهداف دست پیدا کنیم. چنین رویکردی از اطلاعات بدست آمده از مطالعه مدهای خرابی و اثرات و

[1] - *Reliable Centered Maintenance*
[2] - *Condition Based Maintenance*
[3] - *Condition Based Monitoring*
[4] - *American Society of Mechanical Engineering*
[5] - *Risk Based Inspection*
[6] - *Multi Atribute Decision Making*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

پیامدهای اقتصادی آنها استفاده می‌کند.

جدول ۱. دسته‌بندی تکنیک های نت مبتنی بر ریسک براساس ماژول‌ها [۱]

ماژول	مدل‌ها و تکنیک‌های مورد استفاده در ادبیات
تحلیل خطرات برآورد پیامد	Maximum Credible Accident Scenario (MCAS) [۱,۳,۴]; Event Tree Development [۶]; Consequence Estimation Source Models [۳,۴]; impact intensity models [۳,۴]; toxic gas models [۳,۴]; explosions and fires models [۳,۴]; Expert opinion [۱,۷].
برآورد احتمال	Fault Tree Analysis (FTA); [۱,۳,۴,۷] probabilistic fault tree analysis (PROFAT) [۱,۳,۴,۷], expert opinion[۱,۹,۸]
برآورد ریسک	Fuzzy logic [۱], risk matrix [۱۰,۱], simple product of probability of failure and damage loss[۱,۳,۴]
پذیرش ریسک	Dutch acceptance criteria, ALARP (As Low As Reasonably Possible), USEPA acceptance criteria[۱,۳,۴]
برنامه‌ریزی نت	Reverse Fault Analysis [۱,۳,۴,۲۳], Analytical Hierarchy Process (AHP) [۲,۵,۸]

تحلیل ریسک یک تکنیک برای تعیین، توصیف، کمی‌سازی و ارزیابی اثرات ناشی از یک واقعه است. رویکرد تحلیل ریسک، قابلیت اطمینان، تحلیل اثرات، پیامدها و نتیجه را در مراحل مختلف تحلیل جمع کرده و تلاش می‌کند به سؤالات زیر پاسخ دهد:

- بروز چه اشکالی منجر به خرابی سیستم می‌شود؟
- این اشکال چگونه بوجود می آید ؟
- رخداد آن چه احتمالی دارد؟
- نتیجه و پیامد آن واقعه چه خواهد بود؟

در این مفهوم، ریسک می‌تواند بطور کیفی/ کمی به شکل مجموعه‌ای از زوجهای دوتائی برای سناریوی خرابی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس تعریف ارائه شده در استاندارد API[1] 580,581 ، ریسک به صورت زیر قابل محاسبه است:

پیامد حاصل از خرابی × احتمال خرابی = ریسک

ارزیابی ریسک می‌تواند کمی یا کیفی باشد. خروجی یک ارزیابی ریسک کمی نوعاً یک عدد خواهد بود. مثل هزینه بر واحد زمان. اعداد می‌توانند برای اولویت دادن اقلامی که ارزیابی ریسک شده‌اند به کار روند. ارزیابی کمی ریسک نیازمند مقدار زیادی داده برای ارزیابی احتمال و پیامد خرابی است. درخت خطا[2] یا درخت تصمیم[3] اغلب برای تعیین احتمال اینکه توالی وقایع نتیجهٔ قطعی خواهند داد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ارزیابی ریسک کیفی نتایج اغلب به شکل یک ماتریس ساده ریسک نشان داده می شوند که یک محور از ماتریس نشان دهنده احتمال و دیگری نشان دهنده نتیجه(پیامد) است. با به دست آوردن مقادیر احتمال و پیامد ناشی از یک واقعه یک مقدار نسبی برای ریسک قابل محاسبه است.

فهم این موضوع مهم است که مقدار ریسک کیفی یک عدد نسبی است که خارج از چهارچوب ماتریس معنی خاصی ندارد. با استفاده از ماتریس ریسک و در چارچوب ماتریس یک اولویت طبیعی اجزای ارزیابی شده را به‌دست می‌آوریم. گرچه بدلیل اینکه این مقادیر ریسک ذهنی هستند، اولویت‌بندی بر مبنای این مقادیر اغلب قابل مشاجره و بحث است.

استراتژی نت مبتنی بر ریسک پیشنهاد شده با هدف کاهش ریسک کلی خرابی تجهیزات عملیاتی است. در نواحی با ریسک بالا و متوسط، یک فعالیت متمرکز شده نت مورد نیاز است.

و هزینه برنامه نت به کمک یک راه قابل توجیه و ساخت یافته کاهش یابد. مقادیر کمی ریسک برای اولویت بندی بازرسی و نت استفاده می‌شود. RBI مجموعه پیشنهاداتی را ارائه می‌کند که چگونه اقدامات پیشگیرانه‌ای شامل نوع، ابزار و زمان‌بندی، اجرا شوند. اجرای RBI احتمال یک خرابی غیرقابل پیش‌بینی را کاهش می‌دهد.

۲-۱. روش تحقیق و مدل پیشنهادی

با توجه به مرور مقالات و مطالعات انجام شده در حوزه مدل‌های تصمیم‌گیری نگهداری و تعمیرات، بر اساس آنچه در جدول ۱ نشان داده شد، مدل AHP یکی از کاربردی‌ترین مدلهاست. اما نوآوری این مقاله در استفاده از این مدل و تلفیق آن با رویکرد بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع پالایش و پتروشیمی است. در این قسمت مدل تصمیم‌گیری نگهداری و تعمیرات با رویکرد مبتنی بر RBI در دو بخش ارائه شده و در هر بخش به اهداف در نظر گرفته شده دست یافته شده است. این دو بخش اصلی عبارتند از۱- اجرای بازرسی بر مبنای ریسک به روش کیفی و تهیه ماتریس ریسک،۲- طراحی مدل تصمیم گیری به کمک AHP که در ذیل به ترتیب به آنها پرداخته می‌شود. فلوچارت و مراحل تدوین و ارائه مدل در شکل ۱ نشان داده شده است.

۲. بازرسی بر مبنای ریسک کیفی

تحلیل کیفی RBI شامل دو مرحله اصلی است:

- ارزیابی اولیه واحدهای موجود در یک سایت به منظور انتخاب سطح تحلیل مورد نیاز و تعیین فواید تحلیل دقیق تر (مانند تحلیل کمی و یا تکنیک های دیگر)؛

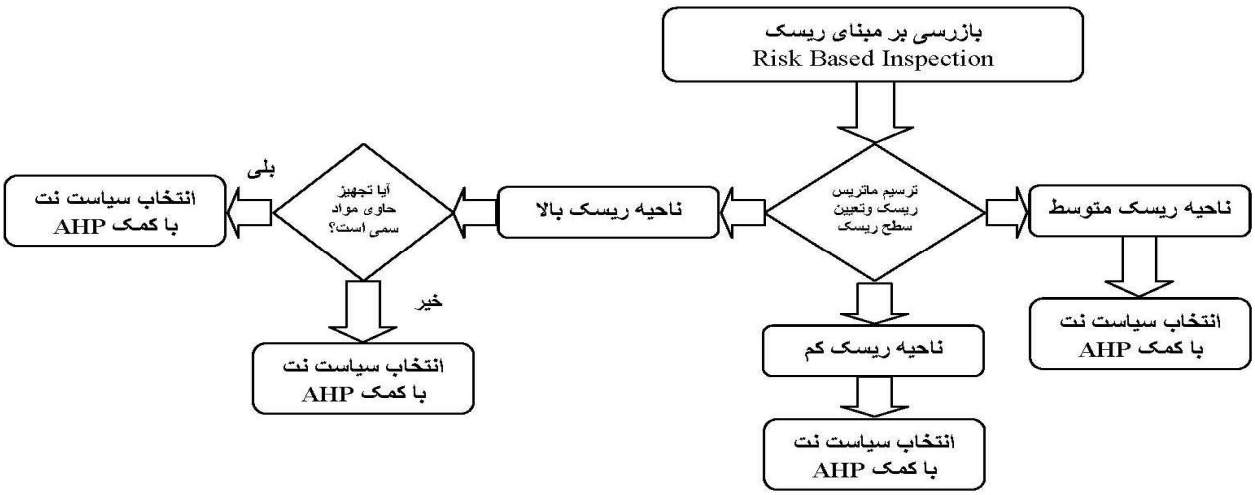
1 - American Petroleum Institute
2 - Fault Tree
3 - Decision Tree

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

- درجه بندی میزان ریسک واحدها و تجهیزات و تعیین موقعیت آنها بر روی ماتریس ریسک؛

هدف در این روش تعیین نواحی بحرانی‌تر که ممکن است نیازمند توجه بیشتری در برنامه بازرسی باشند است. در تحلیل کیفی ابتدا عاملی که نشان دهنده احتمال وقوع از کار افتادگی تجهیز است مشخص شده، سپس عاملی برای پیامدهای وقوع از کارافتادگی مشخص می‌شود؛ آنگاه با ترکیب دو عامل فوق موقعیت واحد یا تجهیز مورد نظر در ماتریس ریسک تعیین شده و ریسک واحد رتبه بندی می‌شود.

قبل از انجام مراحل جزئی‌تر تحلیل کیفی RBI، کاربر می‌تواند یک ارزیابی اولیه و ساده انجام دهد تا ریسک نسبی بین واحدها را تعیین کند. نتیجه تحلیل ریسک کیفی، ارائه یک تقسیم بندی ریسک برای یک واحد عملیاتی با در نظر گرفتن دو مولفه تشکیل دهنده ریسک یعنی احتمال وقوع از کار افتادگی و پیامد ناشی از آن می‌باشد.



شکل۱. فلوچارت مدل پیشنهادی

۱-۲. احتمال وقوع از کار افتادگی

بر اساس آنچه که در استاندارد API581 بخش A از "دستورالعمل" تحلیل کیفی ریسک در مورد تعیین دسته احتمال وقوع از کار افتادگی آمده است، شش عامل اثرگذار بر احتمال وقوع یک نشتی در نظر گرفته می‌شود. هر یک از این شش عامل وزن دهی شده، و از ترکیب آنها دسته احتمال وقوع از کار افتادگی به دست می‌آید. این عامل بر روی محور عمودی ماتریس ریسک رسم می‌شود. شش عاملی که بر احتمال وقوع از کار افتادگی موثرند عبارتند از:

- عامل تجهیزات (Equipment Factor, EF): عامل تجهیزات دارای ماکزیمیم ۱۵ نمره است.
- عامل تخریب (Damage Factor, DF): این عامل می تواند ماکزیمم ۲۰ نمره از کل نمره ارزیابی را داشته باشد.
- عامل بازرسی (Inspection Factor, IF): ماکزیمم مقدار برای عامل بازرسی ۱۵ نمره می‌باشد.
- عامل شرایط (Condition Factor, CCF): این عامل می تواند ماکزیمم ۱۵ نمره داشته باشد.
- عامل فرایند (Process Factor, PF): این عامل می تواند ماکزیمم ۱۵ نمره داشته باشد.
- عامل طراحی مکانیک (Mechanical Design Factor, MDF): این عامل نیز می تواند ماکزیمم ۱۵ نمره داشته باشد [۹و۱۰].

بعد از محاسبه مقادیر عاملهای احتمال برای هر تجهیز که از جمع مقادیر فوق حاصل می‌شود به کمک جدول ۲ دسته احتمال بدست می‌آید.

جدول۲. جدول محاسبه دسته احتمال

دسته احتمال	عامل احتمال
۱	۰- ۱۵
۲	۱۶- ۲۵
۳	۲۶- ۳۵
۴	۳۶- ۵۰
۵	۵۱- ۷۵

۲-۲. پیامدهای وقوع از کار افتادگی

در تحلیل پیامدهای ناشی از وقوع از کار افتادگی، دو عامل به صورت جداگانه محاسبه می‌شوند: عامل پیامدهای ناشی از تخریب وعامل پیامدهای ناشی از سمی بودن سیال فرایندی. در تحلیل کیفی ریسک، عاملی که دسته بالا تری از پیامد های وقوع از کار افتادگی را ارائه دهد، به عنوان عامل نهایی پیامد های وقوع از کار افتادگی در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین این عامل از هفت زیر عامل زیر استفاده می‌شود:

- عامل ماده شیمیایی (Chemical Factor, CF)

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

- عامل کمیت (Quantity Factor, QF)
- عامل حالت (State Factor, SF)
- عامل خود اشتعالی (Auto Ignition Factor, AF)
- عامل فشار (Pressure Factor, PRF)
- عامل اعتبار (Credit Factor, CRF)
- عامل پتانسیل تخریب (Damage Potential Factor, DPF)

با تعیین اعداد مربوط به هرکدام از عاملهای فوق، بر اساس جدول ۳ دسته پیامد تعیین می‌شود. این مقادیر و جدول ارائه شده بر اساس آنچه در استاندارد API581 آورده شده تعیین می‌گردد [۹و۱۰].

جدول ۳. محاسبه دسته پیامد ناشی از خرابی

دسته پیامد	عامل پیامد
A	۰- ۱۹
B	۲۰- ۳۴
C	۳۵- ۴۹
D	۵۰- ۷۹
E	> ۷۹

۳-۲. دسته پیامدهای سمی بودن

این عامل بر اساس زیر عامل‌های زیر مشخص می‌شود و میزان خطرات بالقوه سمی بودن یک واحد را بیان می‌کند :

- عامل کمیت مواد سمی (Toxic Quantity Factor, TQF)
- عامل قابلیت پخش شدن (Dispensability Factor, DIF)
- عامل اعتبار(Credit Factor, CRF)
- عامل جمعیت (Population Factor, PPF)

با استفاده از ترکیب عاملهای فوق و تعیین عدد مربوطه، دسته مربوط به سمی‌بودن بر اساس جدول ۴ و آنچه در استاندارد API581آورده شده بدست می‌آید.

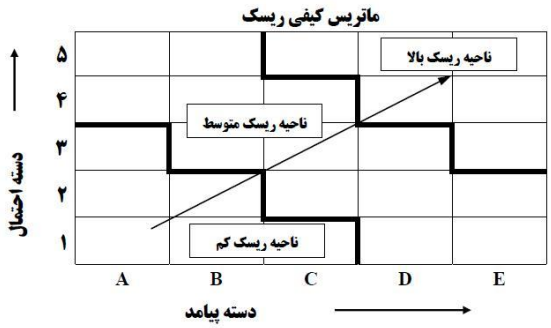
جدول ۴. دسته پیامد سلامتی (درجه سمی‌بودن)

دسته پیامد	عامل پیامد
A	<۱۰
B	۱۰- ۱۹
C	۲۰- ۲۹
D	۳۰- ۳۹
E	> ۴۰

دسته پیامدها (سمی بودن و خسارت) توسط حروف الفبا نشان داده می‌شوند (A کمترین و E بیشترین). آنگاه دسته‌ای که دارای حرف بزرگتری است به عنوان پیامد وقوع از کار افتادگی بر روی محور افقی ماتریس ریسک نشان داده می‌شود. دسته احتمال هم بر روی محور عمودی قرار می‌گیرد.

برای تعیین موقعیت هر واحد بر روی ماتریس ریسک از یک ماتریس ۵×۵ استفاده می‌شود. هنگامی که نتایج بر روی ماتریس نشان داده می‌شود، موقعیت هر تجهیز بر روی ماتریس نشان دهنده سطح ریسک تجهیز مورد ارزیابی است. دسته بندی ریسک (بالا، متوسط، کم) در ماتریس ریسک شکل ۲ نشان داده شده است. در این نمونه دسته‌بندی و تقسیم‌بندی پیامدها و احتمالات، هم اندازه و یکسان هستند.

ممکن است این دسته‌بندی‌ها هم اندازه نیز نباشد. به عنوان نمونه، ممکن است دسته‌بندی پیامدها وزن بیشتری نسبت به دسته بندی احتمال داشته باشد. [۹و۱۰].



شکل ۲. بکارگیری دسته بندی احتمال و پیشامد برای نمایش اولویت ریسک در ماتریس ریسک [۹]

۳. طراحی مدل تصمیم گیری با استفاده از AHP

انتخاب بهترین ترکیب از سیاست‌های مختلف نگهداری و تعمیرات وقتی که ملاک‌ها و معیارها مشخص نباشند تا حدودی مشکل است. در این بخش قرار است در یک پالایشگاه که در آن تعداد زیادی تجهیزات مختلف از قبیل پمپ، کمپرسور، مبدل، خطوط لوله، مخازن تحت فشار و ... وجود دارد، سیاست مناسب نت اتخاذ شود. در اتخاذ تصمیم موارد زیادی از قبیل تخصیص منابع بودجه، تکنولوژی، مدیریت و دستورالعمل های سازمانی و نگهداری تعمیرات و ... درگیر هستند. بر اساس آنچه که در بخش قبل به آن پرداخته شد، اساس کار بر مبنای تقسیم بندی تجهیزات بر اساس RBI می‌باشد.

با این روش می‌توان دستگاهها یا واحدهایی که در شرایط بحرانی قرار دارند را نیز شناسایی کرده و در صورت لزوم منابع نت بیشتری را به آنان تخصیص داد. قدم بعدی هم تصمیم‌گیری در مورد انتخاب یک سیاست نت مناسب از میان رویکردهای مختلف نگهداری و تعمیرات خواهد بود. به عبارت بهتر هدف این مرحله تعریف بهترین استراتژی نت برای هر یک از تجهیزات قرار گرفته درهریک از دسته‌بندی های ماتریس ریسک است. در این بخش با استفاده از MADM و به کمک AHP یک مدل جهت انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نت برای هر گروه ریسک پیشنهاد می‌کنیم.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

۳-۱. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در مدل نگهداری و تعمیرات

فرایند تحلیل سلسله مراتبی شامل ۳ سطح عمده می‌باشد. سطح ۱، هدف می‌باشد. در مدل مورد نظر هدف انتخاب بهترین سیاست نگهداری و تعمیرات می‌باشد. سطح ۲ معیارهای تصمیم‌گیری و سطح ۳ عبارتست از گزینه‌های نت در دسترس که قابلیت اجرا را داشته باشند. لذا بایستی در سطح ۲و۳ معیارها و گزینه‌ها را انتخاب نمود.

تعیین معیار:جهت تصمیم‌گیری از میان سیاست‌های مختلف نت با مرور مقالات مختلف و بررسی نظر مدیران، خبرگان و مهندسین نت معیارهای زیادی در نظر گرفته شد.

این معیارها شامل موارد زیر می‌باشد:

- ایمنی: ایمنی در بخشهای پرسنل، محیط اطراف، ساختمانها، تجهیزات در نظر گرفته می‌شوند.
- هزینه نت: هزینه نت می‌تواند شامل هزینه نیروی انسانی و هزینه قطعات یدکی باشد.
- درجه اهمیت تجهیز در فرآیند: یک دستگاه جهت عملیات صحیح در فرآیند واحد به چه میزان اهمیت دارد.
- مدت زمان توقف دستگاه: در دو بخش فرکانس خرابی که این پارامتر به MTBF[1] مرتبط است و مدت زمان خواب دستگاه که به پارامتر MTTR[2] مرتبط است.
- میزان دسترسی به دستگاه: برحسب پیچیدگی طراحی واحد و یا قرارگرفتن یک تجهیز در نواحی خطرناک ، ارتفاع و غیره ممکن است دسترسی به آن آسان نباشد. زیرا سختی دسترسی به دستگاه می‌تواند زمان خواب تجهیز را افزایش دهد و یا اینکه احتمال خرابی را بدلیل اینکه تیم بازرسی به راحتی و مکرراً نمی‌تواند آن را بازرسی نمایند افزایش دهد.
- شرایط عملیاتی: شرایط عملیاتی که در آن میزان فرسایش بالاست از اهمیت بیشتری برخوردار است.

ارزش افزوده: هر چه دستگاه در یک فرایند اهمیت بیشتری داشته باشد، به دلیل افت تولیدی که می‌تواند ایجاد کند از اهمیت بیشتری برخوردار است و نیز قیمت قطعات معیوبی که باعث توقف تولید شود نیز بر ارزش افزوده موثر خواهد بود.

- قابلیت اجرا: سیاست نت بایستی قابلیت اجرا توسط پرسنل را داشته باشد ونیز بتواند قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهد.
- اثرات پراکندگی مواد سمی: این اثر پیامدهای ممکن را در پی خرابی ماشین به دنبال دارد. برای مثال می‌تواند به شکل اثرات دومینو خطرات بسیار زیادی ایجاد کند.

بررسی معیارهای فوق در یک مدل سلسله مراتبی زمان و هزینه زیادی را جهت بررسی در بر می‌گیرد. از سوی دیگر بعضی از معیارهای در نظر گرفته شده مشابه بوده یا همپوشانی دارند و می‌توانند در یک گروه قرار داده شوند. از سوی دیگر تعداد زیاد معیارها دلیلی بر دقت بالای مدل نخواهد بود. بلکه معیارها را بایستی به گونه‌ای انتخاب نمود که حداقل اثرگذاری بر یکدیگر را داشته باشند. لذا با تشکیل جلسات طوفان ذهنی و مشاوره با مهندسین نت ، کارشناسان و پرسنل درگیر مسائل نت در صنایع پالایشگاهی معیارها را در ۴ معیار اصلی در نظر گرفتیم. این ۴ معیار عبارتند از:

- ایمنی
- هزینه
- ارزش افزوده
- قابلیت اجرا

۳-۲. تعیین گزینه‌ها: سیاست های نت در پالایشگاه

یک پالایشگاه مجموعه‌ای متشکل از تجهیزات پیچیده و دستگاههای مختلف با شرایط عملیاتی متفاوت است. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین سیاست نت یک موضوع ساده نیست. در حالیکه برنامه‌های نت بایستی با الزامات فنی و نیز با استراتژی‌های مدیریتی هر واحد ترکیب شوند، در یک سیستم پالایشگاهی لازم است به هر شکل ممکن در دسترس بودن سیستم افزایش یابد در حالیکه هزینه کاهش می‌یابد. طراحی سیاست‌های نت با تعریف بهترین استراتژی برای هر دستگاه یا تجهیز مرتبط است که آن نیز به بودجه کل نت وابسته خواهد بود.

واضح است که یک برنامه نت خوب بایستی استراتژی‌های مختلف را برای دستگاههای مختلف تعریف کند. بعضی از این سیاست‌ها به طور عمده شرایط عملیاتی عادی یک واحد را تحت تاثیر قرار خواهند داد، بعضی هم مسائل ایمنی را ایجاد می‌کنند و یا ممکن است بعضی از این سیاست‌ها بدون دلیل هزینه نت زیادی را بر ما تحمیل کنند.

با توجه به آنچه بیان شد سیاست‌های مختلف نگهداری و تعمیرات در پالایشگاهها اجرا می‌شود. از سوی دیگر با توجه به اینکه هدف از طراحی این مدل تصمیم‌گیری انتخاب سیاست نت مناسب بر حسب خروجی ماتریس ریسک بدست آمده از RBI است، با بررسی و مرور مقالات و نیز استفاده از تجربیات پرسنل و مهندسین و خبرگان، سیاست های نت قابل اجرا به شرح ذیل تعیین شدند:

- نگهداری و تعمیرات پیش بینانه
- نگهداری و تعمیرات پیش گیرانه
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر وضعیت
- نگهداری و تعمیرات اصلاحی
- نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان

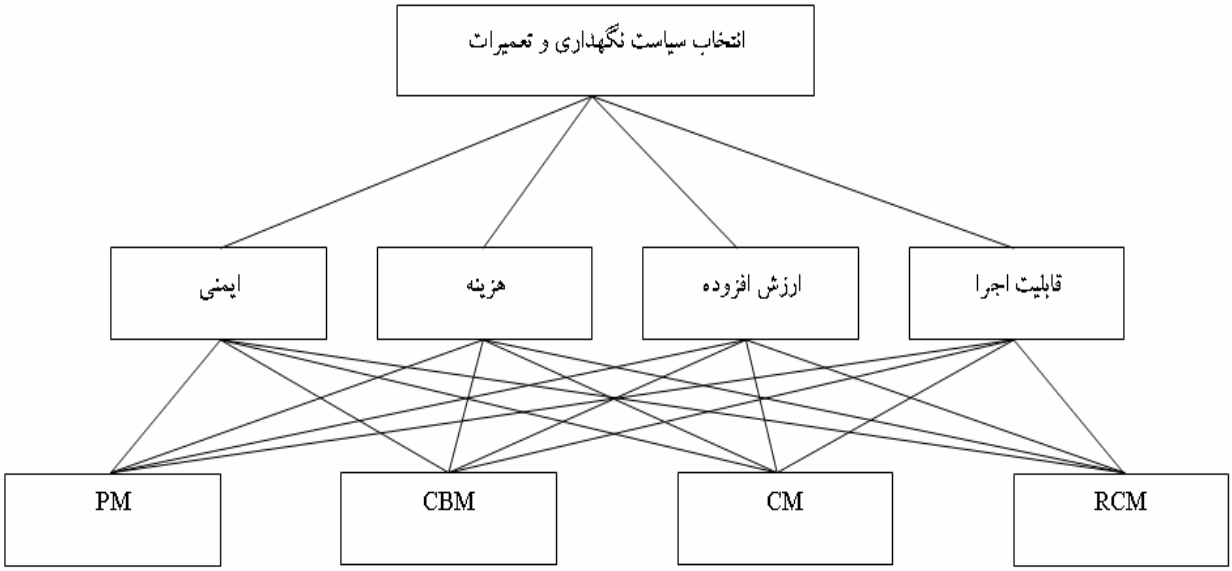
از میان سیاست های فوق ۴ سیاست نت پیشگیرانه، مبتنی بر وضعیت، اصلاحی و مبتنی بر قابلیت اطمینان از عمومیت بیشتری

[1] - *Mean Time Between Failure*
[2] - *Mean Time To Repair*

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

بر خوردار هستند و در این مقاله به عنوان ۴ گزینـه اصـلی انتخـاب شده‌اند.

بعد از تعیین معیارها و گزینه‌های مدل سلسله مراتبی، مدل به صورت شکل ۳ ترسیم می‌گردد. قدم بعدی در تکمیل مدل محاسبه اوزان مربوطه به هر شاخه از طریق محاسبات ماتریس‌های مقایسات زوجی است.



شکل۳. مدل AHP پیشنهادی

۳-۳. محاسبه اوزان به کمک ماتریس های مقایسات زوجی

مدل تصمیم‌گیری بایستی بر اساس خروجی ماتریس ریسک بدست آمده از اجزای RBI به روش کمی طراحی شـود. بـر همـین اسـاس خروجی ماتریس ریسک سه ناحیه ریـسک بـالا، ریـسک متوسـط و ریسک کم را در بر می‌گیرد و ماتریس مقایسات زوجی بایستی برای این سه ناحیه جداگانه محاسبه شود.

اوزان هر کدام از معیارها و گزینه‌ها در هر کدام ازاین نواحی درجات اهمیت متفاوتی دارند و به تبع آن سیاست‌هـای نـت قابـل اجـرا در همین نواحی متفاوت خواهد بود. نکتـه دیگـری کـه بایـستی مـورد توجه قرار گیرد این است که در نواحی با ریسک بالا بر حسب اینکه تجهیزات، مخازن و لوله‌ها حاوی مواد سمی و خطرناک یا غیرسـمی باشند یا نباشند به دو گروه تقسیم شده‌اند.

زیرا در چنین شـرایطی هـم نـسبت و درجـه اهمیـت هـر کـدام از معیارها با یکدیگر بر حسب سمی یا غیرسمی بودن متفاوت خواهـد بود. ناحیه ریسک بالا هم بـه دو بخـش سـمی و غیرسـمی تقـسیم بندی شده و در هر ناحیه هم درجه اهمیت معیارها و گزینـه‌هـا بـر حسب ماهیت فرایند با یکدیگر متفاوت هستند.

در نهایت و بطور خلاصه لازم است ماتریس مقایـسات زوجـی در ۴ ناحیه زیر محاسبه شوند:

- ناحیه با ریسک بالا و حاوی مواد غیر سمی
- ناحیه با ریسک بالا و حاوی مواد سمی
- ناحیه با ریسک متوسط
- ناحیه با ریسک کم

جداول ۵ تا ۱۲ محاسبه اوزان و ماتریس مقایسات زوجی بر اساس ۴ ناحیه فوق را نشان می‌دهد.

جدول ۵. محاسبه اوزان در سطح معیار تصمیم‌گیری – ریسک بالا و غیر سمی

	ایمنی	هزینه	ارزش افزوده	قابلیت اجرا	وزن محلی
ایمنی	۰/۵۶۰۷	۰/۳۸۴۶	۰/۶۵۴۵	۰/۴۸	۰/۵۱۹۹
هزینه	۰/۱۱۲۱	۰/۰۷۶۹	۰/۰۵۴۵	۰/۰۳۹۹	۰/۰۷۰۸
ارزش افزوده	۰/۱۸۶۹	۰/۳۰۷۶	۰/۲۱۸۱	۰/۳۶	۰/۲۶۸۱
قابلیت اجرا	۰/۱۴۰۱	۰/۲۳۰۷	۰/۰۷۲۶	۰/۱۲	۰/۱۴۰۸۵

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

جدول ۶. محاسبه اوزان در سطح معیار تصمیم‌گیری – ریسک بالا و سمی

	ایمنی	هزینه	ارزش افزوده	قابلیت اجرا	وزن محلی
ایمنی	۰/۶۲۷۸	۰/۴۶۶۶	۰/۷۵۹۴	۰/۴۸	۰/۵۸۳۴
هزینه	۰/۰۸۹۶	۰/۰۶۶۶	۰/۰۳۷۹	۰/۰۳۹۹	۰/۰۵۸۵
ارزش افزوده	۰/۱۲۵۵	۰/۲۶۶۶	۰/۱۵۱۸	۰/۳۶	۰/۲۲۵۹
قابلیت اجرا	۰/۱۵۶۹	۰/۲	۰/۰۵۰۶	۰/۱۲	۰/۱۳۱۸

جدول ۷. محاسبه اوزان در سطح معیار تصمیم‌گیری – ریسک متوسط

	ایمنی	هزینه	ارزش افزوده	قابلیت اجرا	وزن محلی
ایمنی	۰/۴۸	۰/۴	۰/۵۲۱۷	۰/۴۶۱۵	۰/۴۶۵۸
هزینه	۰/۱۲	۰/۱	۰/۰۸۶۸	۰/۰۷۶۹	۰/۰۹۵۹
ارزش افزوده	۰/۲۴	۰/۳	۰/۲۶۰۸	۰/۳۰۷۶	۰/۲۷۷۱
قابلیت اجرا	۰/۱۵۹۸	۰/۲	۰/۱۳۰۴	۰/۱۵۳۸	۰/۱۶۱

جدول ۸. محاسبه اوزان در سطح معیار تصمیم‌گیری – ریسک کم

	ایمنی	هزینه	ارزش افزوده	قابلیت اجرا	وزن محلی
ایمنی	۰/۳۵۲۹	۰/۴۲۸۵	۰/۲۸۵۷	۰/۴	۰/۳۶۶۷
هزینه	۰/۱۱۷۵	۰/۱۴۲۸	۰/۱۴۲۸	۰/۲	۰/۱۵۰۷
ارزش افزوده	۰/۳۵۲۹	۰/۲۸۵۷	۰/۲۸۵۷	۰/۲	۰/۲۸۱
قابلیت اجرا	۰/۱۷۶۴	۰/۱۴۲۸	۰/۲۸۵۷	۰/۲	۰/۲۰۱۲

جدول ۹. محاسبه اوزان در سطح گزینه‌های تصمیم‌گیری بر اساس ایمنی

	PM	CBM	CM	RCM	وزن محلی
PM	۰/۴۵۴۵	۰/۲۵	۰/۴۸۳۸	۰/۵۳۳۳	۰/۴۳۰۴
CBM	۰/۲۲۷۲	۰/۱۲۵	۰/۰۳۲۲	۰/۱۳۳۳	۰/۱۲۹۴
CM	۰/۰۹۰۹	۰/۳۷۵	۰/۰۹۶۷	۰/۰۶۶۶	۰/۱۵۷
RCM	۰/۲۲۷۲	۰/۲۵	۰/۳۸۷	۰/۲۶۶۶	۰/۲۸۲۷

جدول ۱۰. محاسبه اوزان در سطح گزینه‌های تصمیم‌گیری بر اساس هزینه

	PM	CBM	CM	RCM	وزن محلی
PM	۰/۰۹۰۹	۰/۰۵۸۸	۰/۰۷۲۴	۰/۱۱۱۱	۰/۰۸۳۳
CBM	۰/۱۸۱۸	۰/۱۱۷۶	۰/۰۵۷۹	۰/۲۲۲۲	۰/۱۴۴۸
CM	۰/۳۶۳۶	۰/۵۸۸۲	۰/۲۸۹۸	۰/۲۲۲۲	۰/۳۶۵۹
RCM	۰/۳۶۳۶	۰/۲۳۵۲	۰/۵۷۹۷	۰/۴۴۴۴	۰/۴۰۵۷

جدول ۱۱. محاسبه اوزان در سطح گزینه‌های تصمیم‌گیری بر اساس ارزش افزوده

	PM	CBM	CM	RCM	وزن محلی
PM	۰/۰۸۳۳	۰/۰۷۶۹	۰/۱۴۲۸	۰/۰۴۷۷	۰/۰۸۷۶
CBM	۰/۱۶۶۶	۰/۱۵۳۸	۰/۲۱۴۲	۰/۰۹۵۵	۰/۱۵۷۵
CM	۰/۲۵	۰/۳۰۷۶	۰/۴۲۸۵	۰/۵۷۳۰	۰/۳۸۹۷
RCM	۰/۵	۰/۴۶۱۵	۰/۲۱۴۲	۰/۲۸۶۵	۰/۳۶۵۵

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

جدول۱۲. محاسبه اوزان در سطح گزینه‌های تصمیم‌گیری بر اساس قابلیت اجرا

	PM	CBM	CM	RCM	وزن محلی
PM	۰/۰۷۱۴	۰/۰۸۳۳	۰/۰۷۵۵	۰/۰۴۷۶	۰/۰۶۹۴
CBM	۰/۱۴۲۸	۰/۱۶۶۶	۰/۱۳۲۱	۰/۳۸۰۹	۰/۲۰۵۶
CM	۰/۵	۰/۶۶۶۶	۰/۵۲۸۵	۰/۳۸۰۹	۰/۵۱۹۱
RCM	۰/۲۸۵۷	۰/۰۸۳۳	۰/۲۶۴۲	۰/۱۹۰۴	۰/۲۰۵۹

جدول ۱۳. مطلوبیت گزینه‌ها

ناحیه ریسک / سیاست نت	ناحیه ریسک بالا		ناحیه ریسک متوسط	ناحیه ریسک کم
	غیر سمی	سمی		
PM	۰/۲۶۷۸	۰/۲۹۰۵	۰/۲۴۸۳	۰/۲۱۲۴
CBM	۰/۱۵۴۶	۰/۱۵۳۱	۰/۱۵۶۱	۰/۱۵۹۰
CM	۰/۲۸۹۱	۰/۲۷۴۰	۰/۳۰۳۲	۰/۳۲۹۴
RCM	۰/۲۹۳۲	۰/۲۸۷۷	۰/۲۹۶۵	۰/۳۰۲۳

سیاست نت انتخاب شده				
	RCM	PM	CM	CM

اوزان با مراجعه به خبرگان، مرور مقالات و استانداردها، بایگانی نگهداری و تعمیرات تجهیزات و با کمک جدول مقایسه و وزن دهی ارائه شده توسط آقای ساعتی و در نهایت غربالگری آنها تعیین شدند. و در همین راستا ابتدا می‌بایست چهار معیار در نظر گرفته شده بر حسب نواحی ریسک منتج شده از ماتریس ریسک یعنی ناحیه ریسک کم، ناحیه ریسک متوسط، ناحیه ریسک بالا / حاوی مواد غیر سمی و ناحیه ریسک بالا / حاوی مواد سمی با یکدیگر مقایسه و وزن هریک از شاخه‌های مربوط به معیارها در مدل AHP تعیین گردد.

خلاصه محاسبات انجام شده در جداول ۵ تا ۸ آورده شده است. در قدم بعدی بایستی گزینه‌های تصمیم‌گیری که همان سیاست‌های نت هستند را بر حسب هریک از معیارها وزن دهی و مقایسه و در نهایت وزن شاخه مربوطه در مدل AHP بدست آورده شود. خلاصه این محاسبات در جداول ۸ تا ۱۲ بیان شده است. اوزان قرار گرفته در ماتریس مقایسات زوجی برای به دست آوردن وزن محلی نرمالیزه شد.

اکنون با جمع مقادیر اوزان هر شاخه می‌توان وزن مربوط به هر گزینه که همان میزان مطلوبیت هر یک از گزینه‌هاست را محاسبه کرد.

بعد از قرار دادن وزن‌ها در ماتریس مقایسات زوجی و نرمالیزه کردن و محاسبه وزن هر کدام از گزینه‌ها ، مطلوبیت گزینه‌ها را نسبت به هدف برای هر کدام از ۴ ناحیه ریسک شرح داده شده در قبل را محاسبه و در جدول۱۳ نشان داده شده است. به عبارت دیگر مدل AHP چهار بار و در چهار ناحیه ریسکی که عنوان شد اجرا شده است و در هرناحیه بر حسب اهمیت نسبی هر یک از معیارها، با هم مقایسه و وزن دهی شد.

چنانچه در جدول۱۳ به صورت جمع بندی و خلاصه بیان شده است، مطلوبیت هر یک از شاخه‌های منتهی به هر یک از گزینه‌ها که همان سیاست‌های نت می‌باشند به دست آورده شده و چنانچه ذکر شد در ناحیه با ریسک بالا بر حسب حامل بودن تجهیزات با مواد سمی و غیر سمی مطلوبیت گزینه‌ها جداگانه محاسبه شد.

برای اینکه مقادیر به دست آمده در ماتریس مقایسات زوجی در روش AHP جهت استفاده تصمیم‌گیران قابل اطمینان باشند، بایستی نرخ ناسازگاری را در ماتریس‌ها کنترل نماییم. به این منظور ناسازگاری در مورد معیارها محاسبه شده یعنی مقادیر Consistency Index (CI) بترتیب ۰/۰۳۴۴، ۰/۰۹۱، ۰/۰۲۹، ۰/۰۱ بدست آمده که که در مقایسه با شاخص ناسازگاری، کوچکتر از معیار ناسازگاری ۰/۱ می‌باشند و از سازگاری قابل قبولی برخوردارند.

پس از تعیین گزینه‌هاو معیارها و محاسبات مربوط به ماتریس مقایسات زوجی، وزن مربوط به هر کدام از گزینه‌ها محاسبه شده و سیاست نت مناسب برای هر کدام از نواحی در نظر گرفته شده بطور خلاصه و به شرح جدول۱۴ بدست آمد:

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

جدول ۱۴. سیاست‌های نت تغییر شده بر اساس مدل پیشنهادی

ردیف	ناحیه	اقدام نت
۱	ریسک بالا- محتوی مواد سمی	نت پیشگیرانه
۲	ریسک بالا- محتوی مواد غیر سمی	نت مبتنی بر قابلیت اطمینان
۳	ریسک متوسط	نت اصلاحی
۴	ریسک کم	نت اصلاحی

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله به طور خلاصه بازرسی بر مبنای ریسک به روش کیفی که در یکی از واحدهای پالایشگاهی به اجرا درآمد عنوان شد. چنانکه از پی گذشت، روش بازرسی بر مبنای ریسک کیفی یک روش ساده و قابل اطمینان برای بازرسی واحدهای پالایشگاهی است که در یک فاصله زمانی کوتاه قابل اجرا بوده و می‌توان در زمان نسبتا کوتاهتری در مقایسه با روش‌های کمی و نیمه‌کمی بازرسی بر مبنای ریسک، تجهیزات مختلف را بر حسب درجه ریسکشان دسته‌بندی نمود.

همچنین رویکرد پیشنهادی نویسندگان مقاله در به‌کارگیری و تطبیق نظرات خبرگان با استانداردها و سوابق فنی نگهداری و تعمیرات تجهیزات، منجر به حصول نرخ ناسازگاری کمی در روش AHP شده است. بدین ترتیب از مشکلات ناشی از نرخ ناسازگاری بالای ۰/۱ اجتناب گردیده است. به علاوه، همانطور که در متن مقاله به صورت خلاصه گفته شد، ابتدا مجموعه‌ای از معیارها برای انتخاب سیاست نت مناسب تهیه که پس از مطالعات انجام شده توسط نویسندگان، مشخص شد که تعدادی از آنها با همدیگر وابستگی و همپوشانی دارند. از این‌رو به‌نظر می‌رسد که بعد از انجام غربالگری‌های صورت‌گرفته، استفاده از روش AHP قابل اعتماد باشد. همچنین واضح است که با کاهش معیارهای وابسته از مجموعه معیارها، امکان استفاده از روش AHP یا هر روش دیگر با انجام کمترین محاسبات و در کمترین زمان به‌وجود می‌آید، بدون اینکه در نتایج نهایی تأثیر قابل توجهی بر جای بگذارد.

با بررسی نتایج به دست آمده در این تحقیق و مقایسه آن با روش‌های اجرایی در واحدهای عملیاتی مشخص گردید که عمدتا اقدامات نگهداری و تعمیرات بدون در نظر گرفتن ماهیت فرایندی تجهیزات و چیدمان قرارگیری آنها در واحدهای پالایشگاهی از نوع اصلاحی و پیشگیرانه بوده است. به عبارت دیگر بیشتر تجهیزات در یک نوع دسته‌بندی جهت انجام تعمیرات و نگهداری قرار می‌گرفتند. از سوی دیگر اقدامات بازرسی فنی و نتایج حاصله از آن عمدتا در زمانهای قبل از تعمیرات اساسی و جهت ضخامت سنجی مخازن و لوله ها انجام می‌گرفته تا در صورت لزوم نسبت به تعویض و تعمیر آنها اقدامات لازم انجام پذیرد. اما با اجرای اقدامات بازرسی بر مبنای ریسک و استفاده از نتایج آن در سیاست گذاری نگهداری و تعمیرات نتایج قابل توجهی به دست آمد. از اینرو تجهیزاتی در فرایند وجود دارند که بایستی سیاست‌های نت خاص در مورد آنها اعمال گردد. برای نمونه نت مبتنی بر قابلیت اطمینان که ممکن است در ابتدای اجرا پرهزینه و زمان بر باشد، در بلند مدت بسیار به صرفه و کاهش دهنده هزینه‌های تعمیرات خواهد بود. از سوی دیگردر صورت بروز عیب در این دسته از تجهیزات بویژه آنهایی که حاوی مواد سمی هستند عواقب و پیامدهای غیر قابل جبرانی بوجود خواهد آمد که بکارگیری این سیاست‌ها را مقرون به صرفه خواهد نمود.

تشکر و قدردانی

در انتها از مدیریت و همکاران واحد پژوهش و توسعه شرکت نفت و گاز پارس خانم مهندس خرم،خانم مهندس راه حق و دیگر همکاران که این مقاله با حمایت و کمک آنها انجام شده تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

[1] Arunraj, N.S., Maiti, J., *Risk-Based Maintenance-Techniques and Application*, Journal of Hazardous Material 142(2007), 653-661 Butterworth/Heinemann, Oxford, 1994.

[2] Bevilacqua, M., Braglia, M., *The Analytical Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection*, Reliab. Eng. Syst. Saf. 70, 2000, 71–83.

[3] Khan, F.I., Haddara, M., *Risk-Based Maintenance (RBM): a Quantitative Approach for Maintenance/inspection Scheduling and Planning*, J. Loss Prevent. Process Ind. 16, 2003, 561–573.

[4] Khan, F.I., Haddara, M., *Risk-Based Maintenance of Ethylene Oxide Production Facilities*, J. Hazard.Mater. A 108, 2004, 147–159.

[5] Dey, P.K., Ogunlana, S.O., Naksuksakul, S., *Risk-Based Maintenance Model for Offshore Oil and Gas Pipelines: a Case Study*, J. Qual. Maint. Eng. 10 (3), 2004, 169–183.

[6] Fujiyama, K., Nagai, S., Akikuni, Y., Fujiwara, T., Furuya, K., Matsumoto,V, Takagi, K., Kawabata, T., *Risk-Based Inspection and Maintenance Systems for Steam TuRBInes*, Int. J. Press.Ves. Pip. 81 (10/11), 2004, 825–835.

[7] Krishnasamy, L., Khan, F.I., Haddara, M., *Development of a Risk-Based Maintenance (RBM) Strategy for a Power-Generating Plant*, J. Loss Prevent.Process Ind. 18, 2005, 69–81.

[8] Dey, P.K., *A Risk-Based Maintenance Model for Inspection and Maintenance of Cross-Country Petroleum Pipeline*, J. Qual. Maint. Eng. 7 (1), 2001, 25–41.

[9] American Petroleum Institute, Risk-based Inspection, API Recommended practice 580, First Edition, May 2002.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]

[10] American Petroleum Institute, Risk-based Inspection Base Resource Document, API Publication 581, First Edition, May 2000.

[11] Chen, L.N., Toyoda, J., *Maintenance Scheduling Based on Two Level Hierarchical Structures to Equalize Incremental Risk. IEEE Truncations on Power Systems*, *5*(4), 1990, 1510–1561.

[12] Kletz, T.A., HAZOP—past and future, Reliab. Eng. Syst. Saf. 55 (1997), 263–266.

[13] Aller, J.E., Horowitz, N.C., Reynolds, J.T., Weber, B.J., Risk based inspection for petrochemical industry. In *Risk and Safety Assessment Where is the Balance?* New York: American Society of Mechanical Engineers, 1995.

[14] Capuano, M., Koritko, S., Risk oriented maintenance. *Biomedical Instrumentation and Technology*, *January/February*, 1996, 25–37.

[15] Kumar, U., *Maintenance Strategies for Mechanized and Automated Mining Systems: a Reliability and Risk Analysis Based Approach*. Journal of Mines, Metals and Fuels, Annual review, 1998, 343–347.

[16] Nessim, M., Stephens, M., *Quantitative Risk-Analysis Model Guides Maintenance Budgeting*. Pipe Line and Gas Industry, *81*(6), 1998, 1-33.

[17] Ridgway, M., *Classifying Medical Devices According to their Maintenance Sensitivity: A Practical, Risk-Based Approach to PM Program Management.* Biomedical Instrumentation and Technology, May/June, 2001, 167–176.

[Downloaded from ijiepm.iust.ac.ir on 2026-09-08]