نشریه پژوهش‌های نوین در مدیریت کارآفرینی و توسعه کسب و کار
جلد2، شماره 2، تابستان 1400، صفحه: از 310 تا 327 ISSN 2717-2570
https://science-journals.ir https://pnmktk.science-journals.ir

ارائه یک چارچوب پیش‌بینی خرابی در بخش نگهداری و تعمیرات صنایع با استفاده از روش‌های داده‌کاوی فازی

محسن خلیلی[1*]

1-کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش مدیریت سیستم و بهره‌وری، دانشگاه آزاد قزوین

Email: Mohsenkhalili28@yahoo.com

چکیده

درخت تصمیم یکی از ابزارهای رایج در داده‌کاوی می‌باشد که برای دسته‌بندی و پیش‌بینی استفاده می‌شود. از طرفی دیگر کارخانه ها و تاسیسات هر روزه با چالشها و مشکلات بیشتری برای افزایش بهره وری و کاهش هزینه ها مواجه می شوند و در این راستا استراتژی های نگهداری و تعمیرات نقش بسزایی در رسیدن به این هدف دارند. در سالهای اخیر تلاشهای فراوانی شده است تا بتوان با کمک سیستمهای فناوری اطلاعات انواع روشهای نگهداری و تعمیرات را به طرز موثری پیاده سازی و اجرایی نمود. نگهداری و تعمیرات پیشگویانه یکی از استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات است که بر مبنای آن در بازه‌های زمانی معین تعدادی از پارامترهای تجهیزات اندازه‌گیری می‌شود و بر اساس این داده‌ها، زمان رخداد خرابی احتمالی آینده پیش بینی شده و برای تعمیر و یا تعویض قطعات و تجهیزات تصمیم‌گیری می‌شود. در این پژوهش سعی شده است یک مدل پشتیبان تصمیم گیر برای نگهداری و تعمیرات پیشگویانه مبتنی بر شرایط بر اساس تکنیکهای داده کاوی طراحی شود. این پروژه در شرکت ریخته گری آلومینیوم ایران خودرو انجام شده و تجهیز انتخابی برای این پروژه کوره القایی می باشد که یکی از اساسی ترین و بحرانی ترین تجهیزات در کارخانه های ریخته گری است. لذا با توجه به داده کاوی انجام شده مدل مناسب ارائه گردید و ریسک های خرابی ها با استفاده از FMEA فازی شناسایی شده و استراتژی های سازمان با استفاده از SWOT ارزیابی شدند.

واژگان کلیدی: ریخته‌گری، پشتیبان، پیاده‌سازی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1- مقدمه

با توسعه فناوری اطلاعات میزان و سرعت دسترسی به اطلاعات به‌طور فوق‌العاده‌ای افزایش‌یافته است. از طرفی پیشرفت تکنولوژی نیز منجر به افزایش دستیابی مؤسسات و سازمان‌ها به منابع وسیع اطلاعاتی شده و امکان تحقیق و بررسی موضوعات مختلف را برای سازمان‌ها فراهم نموده است (Yang, 2017). بنابراین نکته قابل‌توجه در سناریو جدید پیرامون مدیریت نگهداری و تعمیرات، آماده و در دسترس نگه‌داشتن تجهیزات در زمان نیاز است. یک کارخانه بسیار بزرگ با چندین هزار دستگاه متنوع از پیچیدگی بالایی در فعالیت نگهداری و تعمیرات (نت) برخوردار است. تصمیم‌گیری پیرامون استراتژی نت نیازمند دانشی است که منطبق بر واقعیت سازمان باشد. از طرف دیگر کسب دانش مفید نیازمند استفاده و تحلیل صحیح از داده‌ها است. لذا استفاده از داده‌ها و اطلاعات و چگونگی کار با آن‌ها در طول مراحل پیاده‌سازی استراتژی نگهداری و تعمیرات از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Palmer, 2016).

2- بیان مسئله

الگوریتم‌های مختلفی برای طبقه‌بندی داده وجود دارند که درخت تصمیم[1] به دلیل ویژگی‌هایی مانند کنترل داده با ابعاد بالا، صحت خوب، انجام طبقه‌بندی بدون نیاز به محاسبات زیاد، تولید قوانین قابل‌فهم، ساخت و پیاده‌سازی راحت و کم‌هزینه‌تر در میان بقیه محبوبیت دارد (Han, 2011). توسعه یک سیستم پیش‌گویی برای پیش‌بینی خرابی در بخش نگهداری و تعمیرات صنایع، منظور اصلی این مطالعه است. در این راستا، در پژوهش پیش‌رو به دلیل اهمیت موضوع نگهداری و تعمیرات در صنایع به بررسی و پیش‌بینی خرابی‌ها در بخش نگهداری و تعمیرات، پرداخته می‌شود. به این منظور، با مرور مقالات و منابع کتابخانه‌ای و همچنین با نظرسنجی از خبرگان این حوزه که شامل مهندسان، کارکنان و کارشناسان می‌باشند، به شناسایی انواع خرابی‌ها و علل بروز آن‌ها و همچنین تعمیرات موردنیاز، خواهیم پرداخت. بررسی و پیش‌بینی به‌طور خاص در مورد شرکت ریخته‌گری آلومینیوم ایران‌خودرو، انجام می‌شود. بر این اساس، خرابی‌های ماشین‌آلات، تجهیزات و غیره در شرکت نام‌برده شناسایی‌شده سپس به کمک روش داده‌کاوی فازی و خوشه‌بندی، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرند.

3- اهمیت انجام تحقیق

پیش‌بینی‌ها به‌عنوان یک ویژگی اضافه بر امکانات تشخیص عیب نمایش داده می‌شوند. آن‌ها سلامت و بهبودی جاری یک سیستم را ارزیابی می‌کنند و میزان زمان از باقیمانده عمر تجهیز را پیش‌بینی می‌کنند. پیش‌بینی‌ها برای بهبود امنیت، برنامه‌ریزی مأموریت‌های موفق، نگهداری‌های برنامه‌ریزی‌شده و کاهش هزینه‌های نگهداری و زمان بیکاری حیاتی هستند. تکنیک‌های نگهداری مبتنی بر شرط یک ارزیابی از شرایط سیستم بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده از سیستم با مشاهده مستمر را فراهم می‌کنند (الجینات،0033). هدف مشخص کردن زودتر برنامه نگهداری موردنیاز برای هر خرابی پیش‌بینی شده است. بنابراین استراتژی‌های نگهداری برای کمینه کردن هزینه با بهبود ایمنی عملیات و تعداد خرابی‌های سیستم در حال کار کمک می‌کند.

1 Decision Tree

4- پیشینه تحقیق

Bastos و همکاران (4444) در یک مقاله، خرابی دستگاه‌ها و تجهیزات صنعتی را موردبررسی قرار دادند. نویسندگان، مطالعه خود را بر روی چندین واحد صنعتی متمرکز کرده و خرابی دستگاه‌های این واحدها را با استفاده از الگوریتم Cart و با نرم‌افزار RapidMiner ارائه نمودند.

Hise (5555)، در پژوهشی به ارزیابی روش‌های داده‌کاوی به‌منظور ارائه روش بهینه برای پیش‌بینی تعمیرات لازم در صنعت برق پرداختند. این مقاله بر اساس مجموعه داده جمع‌آوری‌شده از دو مرحله تشکیل‌شده که در مرحله اول ابتدا خرابی‌ها و تعمیرات موردنیاز بر اساس ویژگی‌های آن‌ها با استفاده از الگوریتم کا-میانگین به 2، 3، 4، 5، 6 بخش خوشه‌بندی می‌شوند. تعداد مناسب خوشه بر اساس شاخص مجموع مربعات خطا۲ محاسبه می‌شود و با توجه به نتایج این شاخص تعداد 4 خوشه به‌عنوان بهترین مدل خوشه‌بندی انتخاب می‌شود. سپس در مرحله دوم از الگوریتم‌های درخت تصمیم C5، CART، CHAID، QUEST و الگوریتم شبکه عصبی و شبکه بیزین برای پیش‌بینی تعمیرات استفاده می‌شود. مقایسه نتایج صحت پیش‌بینی نشان داد که الگوریتم CART نسبت به دیگر الگوریتم‌ها عملکرد بهتری داشته است.

yang و همکاران (6666)، از الگوریتم خوشه‌بندی و طبقه‌بندی برای پیش‌بینی هزینه‌های لازم در بخش نگهداری و تعمیرات ساختمان‌های دولتی استفاده کردند. در این مقاله از الگوریتم کا-میانگین برای بخش‌بندی تعمیرات لازم بر اساس شاخص‌های موردنظر و از مدل آر. اف.ام[3] برای محاسبه هزینه آن‌ها استفاده کردند و در نهایت الگوریتم‌های درخت تصمیم C_5 و مجموعه سخت را برای تعیین عوامل و فاکتورها مؤثر در هزینه‌ها مقایسه کردند. نتایج خروجی نشان داد که فاکتورهای مؤثر و مهم برای هر دو الگوریتم مشابه هستند اما در فاکتورهای جزئی تفاوت دارند. هر دو روش به‌خوبی تحلیل را انجام داده ولی در تفسیر نتایج متفاوت هستند که می‌توان از ترکیب هر دو به‌عنوان عامل کمکی برای بهبود استراتژی بازاریابی استفاده کرد.

zhou و همکاران ( )، بیان داشتند که در محیط‌های خدمات فناوری اطلاعات در مقیاس وسیع و پیچیده، یک رویداد مشکل‌ساز به‌عنوان تیکت ثبت شده است و شامل خلاصه تیکت است (وضعیت سیستم و شرح مشکل). مدیران سیستم زمانی که (مشکل) چنین تیکت‌هایی برطرف می‌شوند، به توصیف گام‌به‌گام وضوح (تفکیک) می‌پردازند. رویدادهای خدمات مکرر به‌احتمال زیاد با استنباط تیکت های تاریخی مشابه حل می‌شوند. با در دسترس بودن پایگاه داده‌های بسیار بزرگ تیکت، می‌توانیم سیستم خودکاری برای توصیه بهترین وضوح (تفکیک) مرتبط برای خلاصه تیکت داده شده داشته باشیم.

g- مواد و روش ها

پژوهش حاضر ازنظر هدف یک تحقیق کاربردی است که می‌تواند با پیش‌بینی خرابی در بخش نگهداری و تعمیرات نقش بسزایی در موفقیت بخش مربوطه در صنایع، ایفا کند. این مطالعه دارای دو مرحله بوده، در مرحله اول جهت بررسی مباحث نگهداری و تعمیرات، کتب، مقالات، نشریات، کنفرانس‌های داخلی و خارجی و غیره موردبررسی قرار خواهد گرفت. در مرحله دوم پس از جمع‌آوری انواع خرابی‌ها و تعمیرات موردنیاز در شرکت ریخته‌گری آلومینیوم ایران‌خودرو، نسبت به تدوین و توزیع پرسشنامه اقدام می‌گردد. لذا مطالعه حاضر، در مرحله اول جمع‌آوری اطلاعات

2 Sum of Squares due to Error: SSE

3 Recency, Frequency, Monetary: RFM model

توصیفی و در مرحله دوم جمع‌آوری اطلاعات، پیمایشی است. ازنظر زمان، پژوهش حاضر مقطعی بوده که در آن مشاهده‌ها فقط در یک دوره زمانی که طی آن داده‌ها جمع‌آوری می‌شود، انجام می‌پذیرد. ازلحاظ نحوه جمع‌آوری داده‌ها، روش میدانی بوده که شامل جمع‌آوری داده‌های اولیه به روش‌هایی مثل مشاهده، پرسشنامه، مصاحبه و غیره است.

6- نتایج

-طراحی مدل با روش‌های داده‌کاوی

برای طراحی و توسعه مدل پیش‌بینی از روش داده‌کاوی استفاده شده است. جهت بررسی و ایجاد مدل در روش ذکر شده بازه‌های زمانی متفاوت در نظر گرفته شد و در هر بازه زمانی از تعدادی از رکوردها به‌عنوان مجموعه داده آموزشی و از تعدادی دیگر به‌عنوان مجموعه داده آزمایشی استفاده شد.

-طراحی مدل خرابی با استفاده از درخت تصمیم

اولین روش استفاده شده در این پروژه برای مدل پیش‌بینی استفاده از درخت تصمیم است. برای این منظور از نرم‌افزار RapidMiner استفاده شده است. مدل موردنظر بر اساس درخت تصمیم در این نرم‌افزار ایجاد شد و سپس دو مجموعه داده برای مدل موردبررسی قرار گرفت. یک مجموعه داده برای آموزش به مدل داده شد و سپس با یادگیری مدل، مجموعه داده دیگری برای آزمایش و نتیجه پیش‌بینی به مدل داده شد. در مجموعه داده آموزشی یک برچسب هدف به‌عنوان خوشه موردنظر از بین سه خوشه A,B,C و با توجه به بازه زمانی خرابی بعدی اختصاص داده شد. سپس با یادگیری مدل مجموعه داده آزمایشی به‌عنوان ورودی به مدل داده شد و مدل با توجه به آموزش اقدام به پیش‌بینی و برچسب‌گذاری خرابی احتمالی نمود. در هر یک از بازه‌های زمانی ذکر شده مجموعه داده آموزشی و مجموعه داده آزمایشی حاوی تعدادی رکورد برای پیش‌بینی در نظر گرفته شد. در زیر نمونه‌ای از ورودی مجموعه داده آموزشی و آزمایش نشان داده شده است.

جدول 1-مجموعه داده آموزشی برای بازه زمانی

ردیف	fac1	fac2	fac3	fac4	fac5	fac6	fac7	failure
105	-0.81474	0.37942	-3.52053	-0.65434	0.22652	-0.59798	0.56396	c
121	0.26471	0.33511	-2.42777	-1.01701	-2.34598	-0.59878	9.90663	c
125	0.59689	-0.27438	-0.20747	-1.36438	-0.18549	-0.34717	-1.01128	c
148	0.82166	0.29114	-1.08643	-0.85156	-1.10512	-2.24412	0.02263	c
156	-0.54441	0.1718	-1.50782	-2.08179	0.50539	-0.55745	0.06099	c
169	-0.88114	0.24197	-1.11464	-2.4433	-0.58002	2.22051	0.34673	c

ردیف	fac1	fac2	fac3	fac4	fac5	fac6	fac7	failure
209	-1.00066	0.05939	-1.98114	1.84109	0.08581	0.15562	-0.46625	c
221	0.04647	0.3311	-3.31471	-0.26327	1.1875	0.11222	-0.13405	c
252	0.1733	-0.03698	1.00312	1.4339	-1.17793	-0.13396	-0.63294	c
295	-0.95045	-12.7773	0.42895	1.04989	-0.01917	0.58472	-1.08053	c
300	0.34637	-0.16042	-3.51351	0.77464	0.50744	-0.78914	0.27102	c
360	-0.05876	-0.23566	0.53797	-0.49843	-0.19979	0.30174	0.21656	c
393	1.65128	0.45161	-1.92283	1.94074	2.41298	-1.13104	-1.56457	c
421	0.70459	0.31538	-1.4551	-2.30706	1.12771	0.04459	9.75076	c
450	0.65626	0.16352	1.21465	2.44676	0.44063	0.16204	-0.65165	c
483	0.83802	0.03542	-1.6025	-1.93459	2.97157	0.27318	0.75585	b
579	-1.29366	-0.3805	0.70683	-0.25187	-0.28942	-1.06633	0.01137	a
761	-1.52556	-0.01759	0.76724	0.79127	0.76304	0.61153	3.51284	c
788	-0.4091	0.25882	0.19572	0.12338	0.48137	0.25051	-1.1924	b
856	-0.6655	0.56023	0.67004	2.95015	1.11706	0.13999	-0.97887	b

همان‌طور که در جدول 2، مشخص است ستون failure نشان‌دهنده خوشه خرابی موردنظر است. به این معنی که مثلاً برای ردیف 333 خرابی بعدی در خوشه A قرار دارد و خرابی قبل از 55 روز اتفاق نخواهد افتاد. یا اینکه در ردیف 555 خوشه بعدی C خواهد بود به این معنی که خرابی بعدی در مدت‌زمان 00 روز آینده اتفاق خواهد افتاد. این مجموعه داده باهدف آموزش مدل و به‌عنوان ورودی به مدل طراحی‌شده با درخت تصمیم داده خواهد شد و سپس با یادگیری مدل مجموعه داده آزمایشی برای تشخیص و پیش‌بینی به مدل داده می‌شود. در ادامه نمونه مجموعه داده آزمایشی نیز نشان داده شده است.

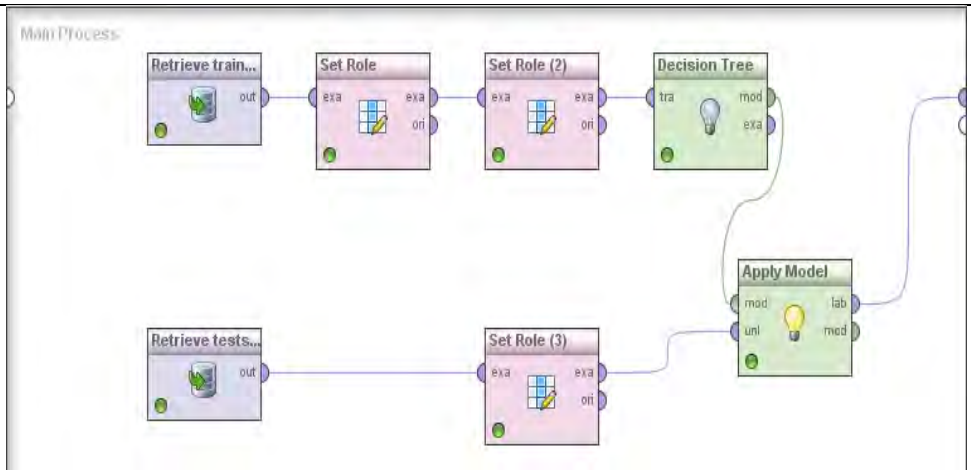
جدول 2-مجموعه داده آزمایشی برای بازه زمانی

ردیف	fac1	fac2	fac3	fac4	fac5	fac6	fac7
4	-2.01289	0.17937	-2.42452	0.77867	-2.11616	1.15518	-0.53203
3	-1.99229	0.28584	-2.39779	0.78859	-2.1274	1.14851	-0.5327
1	-1.42967	0.26279	-4.97206	1.16989	-1.96293	2.81706	-1.43735
13	0.6354	0.10919	-0.47198	-1.15229	-2.34951	1.85174	-1.88853
35	-0.70604	0.16488	-2.16727	1.59966	0.06011	1.4089	-0.97327
85	-0.75716	0.1762	-0.43831	-1.03886	-1.03173	1.75324	-2.36214
93	-2.36164	0.25607	-0.44444	0.73171	-1.4983	-0.47417	-0.35523
97	-2.57156	-0.03077	-0.74185	1.5439	-3.42491	0.07989	-0.06554

همان‌طور که در شکل مشخص است این مجموعه داده آزمایشی است و ستون برچسب failure خالی است و مدل بایستی بتواند با توجه به یادگیری خود برچسب موردنظر برای خرابی را پیش‌بینی نماید.

در مدل پیش‌بینی طراحی‌شده با استفاده از روش DT از دو مجموعه داده آموزشی و آزمایشی استفاده شد. مجموعه داده آموزشی برای یادگیری به‌عنوان ورودی به مدل داده شد. با استفاده از نرم‌افزار RapidMiner مدل موردنظر طراحی و مورد آزمایش قرار گرفت. در ادامه مدل طراحی‌شده با استفاده از درخت تصمیم را مشاهده می‌نمایید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



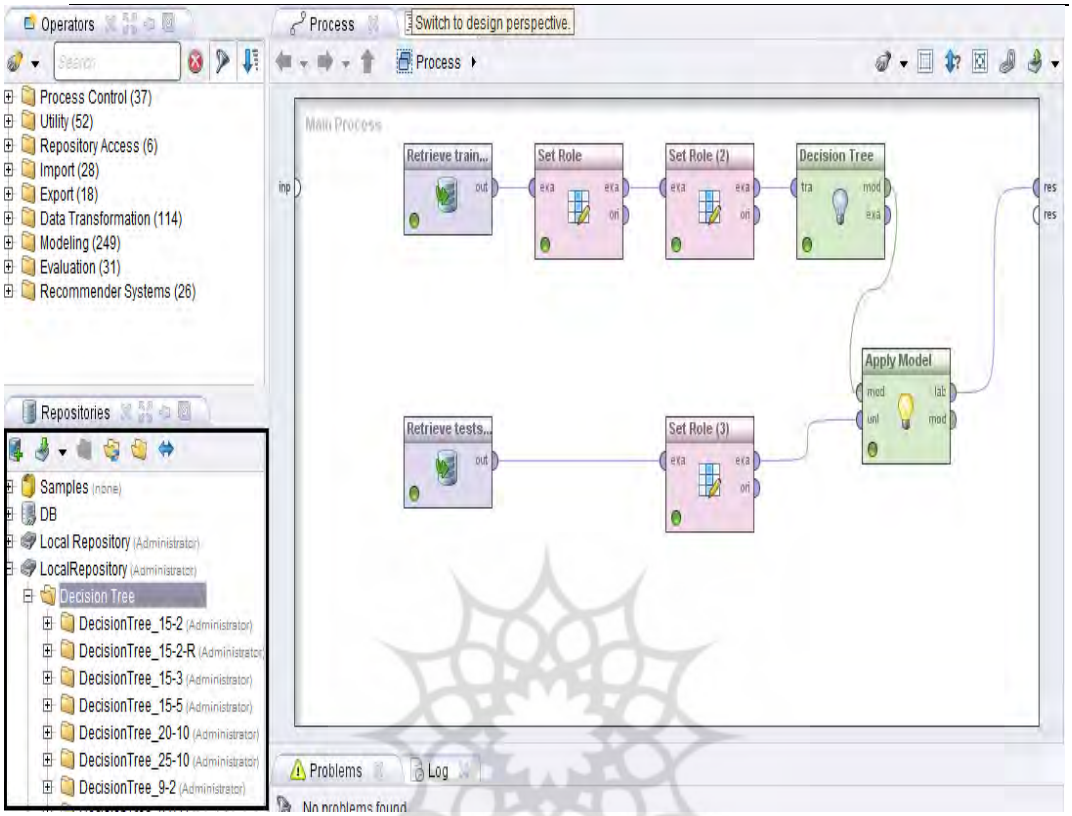
شکل 1- طراحی مدل پیش‌بینی با روش DT

نتیجه پیش‌بینی مدل توسط نرم‌افزار RapidMiner برای مجموعه داده آزمایشی در جدول 3، زیر نشان داده شده است.

جدول 3-پیش‌بینی مدل بر پایه درخت تصمیم

Row No.	ردیف	confidence(c)	confidence(b)	confidence(a)	prediction(failure)	fac1	fac2	fac3	fac4	fac5	fac6	fac7	failure
1	4	0.909	0	0.091	c	-2.013	0.179	-2.425	0.779	-2.116	1.155	-0.532	?
2	3	0.909	0	0.091	c	-1.992	0.286	-2.398	0.789	-2.127	1.149	-0.533	?
3	1	0.909	0	0.091	c	-1.430	0.263	-4.972	1.170	-1.963	2.817	-1.437	?
4	13	0.909	0	0.091	c	0.635	0.109	-0.472	-1.152	-2.350	1.852	-1.889	?
5	35	0.909	0	0.091	c	-0.706	0.165	-2.167	1.600	0.060	1.409	-0.973	?
6	85	0.909	0	0.091	c	-0.757	0.176	-0.438	-1.039	-1.032	1.753	-2.362	?
7	93	0.909	0	0.091	c	-2.362	0.256	-0.444	0.732	-1.498	-0.474	-0.355	?
8	97	0.909	0	0.091	c	-2.572	-0.031	-0.742	1.544	-3.425	0.080	-0.066	?

ستونی که با کادر سبزرنگ مشخص‌شده است پیش‌بینی خوشه موردنظر توسط مدل بر پایه درخت تصمیم است. همان‌طور که در اولین ستون سمت راست مشخص است این ستون بانام Failure همان ستون پیش‌بینی برچسب خرابی است که مقداری ندارد اما بعد از اجرای مدل در ستون سبزرنگ مشخص‌شده نتایج در قالب خوشه‌های پیش‌بینی شده قابل مشاهده است. این فرآیند و پیش‌بینی برچسب خوشه برای 5 بازه زمانی متفاوت دیگر انجام شد. تا در نهایت بتوان تشخیص داد کدام بازه زمانی و محدوده برای متغیرهای YY,XX پیش‌بینی دقیق‌تر و مناسب‌تری می‌تواند ارائه دهد. در شکل زیر انجام این فرآیند برای بازهای زمانی متفاوت مشخص است.



شکل 2- طراحی مدل درخت تصمیم برای بازه‌های زمانی مختلف با نرم‌افزار RapidMiner

در سمت راست شکل مشخص است که این مدل برای بازه‌های زمانی مختلف اجراشده است تا بتوان بازه زمانی بهینه را که پیش‌بینی دقیق‌تری از خروجی را ارائه می‌دهد شناسایی نمود.

-ارزیابی مدل بر اساس روش DT

فرآیند اجرا و آزمایش مدل برای بازه‌های زمانی مختلف انجام شد. در هر بازه زمانی درصد دقت و میزان درست پیش‌بینی برای سه دسته A,B,C مشخص شد. به‌عنوان نمونه برای بازه زمانی 55 روز و 00 روز جداول زیر قابل مشاهده است. در ادامه به ارزیابی مدل طراحی‌شده در بازه‌های زمانی متفاوت برای پیش‌بینی خوشه‌های A,B,C پرداخته شده است. بررسی‌شده که مدل پیش‌بینی رخداد خرابی در چه بازه زمانی را بهتر می‌تواند انجام دهد.

جدول 4-نتایج پیش‌بینی خروجی در روش DT

25-10	Predicted Class		
Acctual Class	A	B	C
A	0	0	1
B	0	0	3
C	0	3	13

همچنین درصد دقت پیش‌بینی برای این روش در بازه زمانی مذکور مطابق جدول (4–00) زیر است.

جدول 5–درصد دقت پیش‌بینی در روش DT

25-10	TP Rate	FP Rate	Precision
A	**0**	**1**	**0**
B	**0**	**1**	**0**
C	**0.8125**	**0.1875**	**0.764706**
Weighted Average	**0.270833**	**0.729167**	**0.254902**

این ارزیابی برای تمام بازهای زمانی موردنظر انجام شد و نتایج آن در جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول 6–مقایسه بازه‌های زمانی مختلف با روش DT برای پیش‌بینی برچسب خرابی در مدل طراحی‌شده

		Cluster A			Cluster B			Cluster C	
XX-YY	TP	FP	Precision	TP	FP	Precision	TP	FP	Precision
25-10	0	1	0	0	1	0	0.8125	0.1875	0.7647
20-10	0	1	0	0	1	0	0.8125	0.1875	0.7647
15-5	0	1	0	0	1	0	0.7333	0.2666	0.6875
15-3	0	1	0	0	1	0	0.75	0.25	0.5625
15-2	0	1	0	0.5	0.5	0.4545	0.375	0.625	0.3333
15-2-r	0	1	0	0.3333	0.6666	0.5	0.5555	0.4444	0.4166
9-2	0	1	0	0.7142	0.2857	0.7142	0.375	0.625	0.375

9-2-r	0	1	0	0.5714	0.4285	0.5	0.5555	0.4444	0.4545

همان‌طور که در جدول مشخص است درصد دقت پیش‌بینی، Tpو TF برای هر بازه زمانی و هر خوشه قابل مشاهده است و نتیجه اینکه مدل طراحی‌شده بر پایه درخت تصمیم درصد دقت بالاتری در بازه‌های زمانی (00-55) و (00-55) و در خوشه C داشته است و این نشان می‌دهد که روش DT توانایی پیش‌بینی بهتری برای خوشه C دارد. به این معنی که مدل طراحی‌شده بر پایه DT می‌تواند خرابی که در 00 روز آینده اتفاق بیفتد را از قبل با درصد احتمال 76% پیش‌بینی نماید.

-شناسایی ریسک‌های نگهداری و تعمیرات با FFMEA ریسک‌های شناسایی‌شده با استفاده از روش FMEA فازی

جدول 7-ریسک‌های شناسایی‌شده

ردیف	شرح ریسک
1	برنامه زمان‌بندی نادرست و غیرواقعی
2	برآورد نامناسب احجام کاری
3	تخمین نادرست و یا غیردقیق هزینه
4	اولویت دادن مسائل مالی پروژه بر مسائل فنی
5	استفاده نامناسب روش، منابع و تخصص
6	عدم کنترل دقیق کارها
7	خرابی و بازدهی کم ماشین‌آلات و کیفیت پایین تولید
8	عدم دسترسی به نیروی کار
9	ایجاد اختلال در به‌کارگیری تجهیزات اصلی در تولید
00	عدم بررسی عمر مفید دستگاه‌ها
11	مشکلات حاصل از خرابی اصلاحی
22	ایجاد وقفه در تولیدات سازمان
33	ایجاد فضای مناسب برای رقبا
44	فروش ازدست‌رفته
55	ایجاد اثر شلاقی در زنجیره تأمین
66	عدم اطمینان در مشتریان شرکت
77	وقفه در تولیدات بالادستی

88	تأخیر در ارائه محصولات به مشتریان
99	ازکارافتادگی دستگاه‌های حیاتی
00	شکست در قطعات کلیدی
11	ایجاد دوباره‌کاری‌ها
22	تحویل هزینه‌های سازنده بالادستی (ماشین کاران)
33	تخریب مدل‌های ریخته‌گری
44	ایجاد تورم مواد اولیه در کارخانه
55	ایجاد شکاف میان تولید و تأمین
66	حذف قطعات کلیدی از فرآیند تولید
77	بی‌انگیزگی نسبت به برنامه بالادستی
88	تخریب شهرت سازمان
99	عدم همسویی پیمان‌کاران
00	توقفات ممتد

با توجه به موارد فوق داریم:

جدول 8-محاسبات FMEA فازی

ردیف	شرح ریسک	شدت ریسک	احتمال وقوع	قابلیت شناسایی
1	برنامه زمان‌بندی نادرست و غیرواقعی	VL	H	H
2	برآورد نامناسب احجام کاری	H	VL	H
3	تخمین نادرست و یا غیردقیق هزینه	H	H	VL
4	اولویت دادن مسائل مالی پروژه بر مسائل فنی	VH	M	M
5	استفاده نامناسب روش، منابع و تخصص	VH	L	M

ردیف	شرح ریسک	شدت ریسک	احتمال وقوع	قابلیت شناسایی
6	عدم کنترل دقیق کارها	VH	L	H
٤	خرابی و بازدهی کم ماشین‌آلات و کیفیت پایین تولید	H	L	L
8	عدم دسترسی به نیروی کار	H	VH	M
9	ایجاد اختلال در به‌کارگیری تجهیزات اصلی در تولید	H	VH	VH
00	عدم بررسی عمر مفید دستگاه‌ها	H	H	VL
1	مشکلات حاصل از خرابی اصلاحی	VH	M	M
22	ایجاد وقفه در تولیدات سازمان	H	L	L
..	ایجاد فضای مناسب برای رقبا	H	VH	M
44	فروش ازدست‌رفته	H	VH	VH
55	ایجاد اثر شلاقی در زنجیره تأمین	VL	H	H
66	عدم اطمینان در مشتریان شرکت	H	VL	H
77	وقفه در تولیدات بالادستی	H	H	VL

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ردیف	شرح ریسک	شدت ریسک	احتمال وقوع	قابلیت شناسایی
88	تأخیر در ارائه محصولات به مشتریان	H	L	L
99	ازکارافتادگی دستگاه‌های حیاتی	H	VH	M
00	شکست در قطعات کلیدی	H	VH	VH
11	ایجاد دوباره‌کاری‌ها	H	H	VL
22	تحویل هزینه‌های سازنده بالادستی (ماشین کاران)	VH	M	M
33	تخریب مدل‌های ریخته‌گری	VL	H	H
44	ایجاد تورم مواد اولیه در کارخانه	H	VL	H
55	ایجاد شکاف میان تولید و تأمین	H	H	VL
66	حذف قطعات کلیدی از فرآیند تولید	H	L	L
77	بی‌انگیزگی نسبت به برنامه بالادستی	H	VH	M
88	تخریب شهرت سازمان	H	VH	VH
99	عدم همسویی پیمان‌کاران	H	H	VL

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ردیف	شرح ریسک	شدت ریسک	احتمال وقوع	قابلیت شناسایی
00	توقفات ممتد	VH	M	M

با توجه به جمع‌آوری نظرات کلیه خبرگان داریم.

جدول 9-محاسبات FMEA فازی

ردیف	شرح ریسک	شدت ریسک	احتمال وقوع	قابلیت شناسایی	RPN
1	برنامه زمان‌بندی نادرست و غیرواقعی	0.25	0.7	0.7	0.12
2	برآورد نامناسب احجام کاری	0.7	0.25	0.7	0.12
3	تخمین نادرست و یا غیردقیق هزینه	0.7	0.7	0.25	0.12
4	اولویت دادن مسائل مالی پروژه بر مسائل فنی	0.97	0.4	0.4	0.16
5	استفاده نامناسب روش، منابع و تخصص	0.97	0.2	0.4	0.08
.	عدم کنترل دقیق کارها	0.97	0.2	0.7	0.14
7	خرابی و بازدهی کم ماشین‌آلات و کیفیت پایین تولید	0.7	0.2	0.2	0.03
8	عدم دسترسی به نیروی کار	0.7	0.97	0.4	0.27
9	ایجاد اختلال در به‌کارگیری تجهیزات اصلی در تولید	0.7	0.97	0.97	0.66
00	عدم بررسی عمر مفید دستگاه‌ها	0.7	0.7	0.25	0.12
11	مشکلات حاصل از خرابی اصلاحی	0.97	0.4	0.4	0.16
22	ایجاد وقفه در تولیدات سازمان	0.7	0.2	0.2	0.03
3	ایجاد فضای مناسب برای رقبا	0.7	0.97	0.4	0.27
44	فروش ازدست‌رفته	0.7	0.97	0.97	0.66

55	ایجاد اثر شلاقی در زنجیره تأمین	0.25	0.7	0.7	0.12
66	عدم اطمینان در مشتریان شرکت	0.7	0.25	0.7	0.12
77	وقفه در تولیدات بالادستی	0.7	0.2	0.2	0.03
..	تأخیر در ارائه محصولات به مشتریان	0.7	0.97	0.4	0.27
9	ازکارافتادگی دستگاه‌های حیاتی	0.7	0.97	0.97	0.66
00	شکست در قطعات کلیدی	0.7	0.7	0.25	0.12
11	ایجاد دوباره‌کاری‌ها	0.97	0.4	0.4	0.16
تت	تحویل هزینه‌های سازنده بالادستی (ماشین کاران)	0.25	0.7	0.7	0.12
33	تخریب مدل‌های ریخته‌گری	0.7	0.25	0.7	0.12
44	ایجاد تورم مواد اولیه در کارخانه	0.7	0.7	0.25	0.12
	ایجاد شکاف میان تولید و تأمین	0.25	0.7	0.7	0.12
66	حذف قطعات کلیدی از فرآیند تولید	0.7	0.2	0.2	0.03
77	بی‌انگیزگی نسبت به برنامه بالادستی	0.7	0.97	0.4	0.27
88	تخریب شهرت سازمان	0.7	0.97	0.97	0.66
99	عدم همسویی پیمان‌کاران	0.7	0.7	0.25	0.12
00	توقفات ممتد	0.97	0.4	0.4	0.16

با توجه به نمره به‌دست‌آمده از ریسک‌های عدم کنترل دقیق بر روی مدل پیش‌بینی نگهداری و تعمیرات در شرکت ریخته کری آلومینیم ایران خودرو لذا لازم است تا متناسب با رتبه‌بندی ریسک‌ها استراتژی‌های سازمان معرفی گردد.

-تحلیل SWOT از ریسک‌های شناسایی‌شده

در این بخش، به‌منظور تعیین اولویت اقدامات کنترلی ریسک‌های شناسایی‌شده، تجزیه‌وتحلیل SWOT مورد استفاده قـرار گرفـته است. لذا در ابتدا گروهی از متخصصـان بـا تجزیه‌وتحلیل محیط بیرونی و درونی سازمان،

عوامل فرعی قابل کنترل و غیرقابل‌کنترل تأثیرگذار بر مخاطرات سازمان را شناسایی نمودند. بـا اسـتفاده از عوامل فرعی SWOT، ماتریس SWOT و اقدامات کنترلی تشکیل می‌شـود.

جدول 10-فرصت‌ها، تهدیدها، نقاط قوت و نقاط ضعف بر اساس ریسک‌های شناسایی‌شده

فرصت‌ها۴	تخصیص بودجه کافی جهت توسعه و تجهیز سیستم‌های کنترلی
	نزدیکی به مراکز آموزشی معتبر و تخصیص اعتبارات لازم جهت توسعه آموزش منابع انسانی و مدیران سازمان
	تدوین برنامه بالادستی در چشم‌انداز 5 ساله سازمان جهت توسعه برنامه‌ریزی نت
	توسعه ارتباطات با شرکت‌های خارجی جهت تأمین تجهیزات مناسب
	تدوین برنامه توسعه تجهیزات کنترلی و پیشگیری از وقوع ریسک‌های فرایندی
تهدیدها۵	عدم توجه کافی پیمانکاران کارکنان به اصول پیش‌بینی خرابی
	افزایش هزینه تأمین قطعات و تجهیزات به علت تحریم‌ها به دلیل عدم برنامه‌ریزی مناسب
	عدم وجود تکنولوژی مناسب در تأمین‌کنندگان بومی جهت ساخت قطعات در داخل کشور
	عدم آگاهی از وضعیت صحت عملکرد سیستم‌های کنترلی و رفع عیب
قوت۶	استقرار سیستم پیش‌بینی نگهداری و تعمیرات تجهیزات
	وجود طرح و برنامه و اهداف سازمانی در راستای پیش‌بینی خرابی
	بهسازی نظام‌مند تجهیزات تولید
	استقرار سیستم پیش‌بینی خرابی در سازمان
ضعف۷	ضعف در ضمانت اجرای الزامات قانونی
	عدم دسترسی سریع و آسان به تجهیزات

[4] Opportunity
[5] Threat
[6] Strength
[7] Weakness

	ضعف در امور اداری پرسنل و تخصیص نیروهای متخصص در پست‌های مرتبط
	عدم ایجاد انگیزه شغلی در پرسنل
	عدم تأمین اعتبارات موردنیاز جهت بهسازی تجهیزات فرسوده
	ضعف در اجرای آموزش‌های موردنیاز

موفقیت سازمان‌ها در ارائه خدمات و افزایش کیفیت آن به علل گوناگونی بستگی دارد که داشتن یک نظام نگهداری و تعمیر مناسب یکی از مهم‌ترین مباحث می‌باشد و این موضوعی است که باید از طریق مناسب‌ترین و عملی‌ترین شیوه‌ها بدان دست یافت. در مدیریت سنتی مقوله نگهداری به‌عنوان یک ابزار پشتیبانی غیر بهره‌ور و کم‌اهمیت که مزیت ناچیزی را برای سازمان‌ها در بردارد، مدنظر قرار گرفته است ولیکن در نگرش نوین، نگهداری ماشین‌آلات، تجهیزات، معابر و ابنیه به‌عنوان بخش ضروری عملیات سازمان‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد و به‌کارگیری استراتژی‌های اثربخش نگهداری، ارزش‌افزوده قابل‌توجهی را در فعالیت‌های هر سازمان موجب می‌گردد. با توجه به این که طرح لزوم بهبود و اداره نظام‌های متشکل از انسان، تأسیسات، ماشین‌آلات تجهیزات، ابنیه و مواد جهت ایجاد بهره‌برداری بهتر، افزایش عمر مفید تجهیزات، کارایی نظام و نیز به‌کارگیری مطلوب منابع اعم از بودجه، پرسنل و غیره مستلزم وجود یک نظام مناسب برنامه‌ریزی، تجزیه‌وتحلیل، کنترل و اعمال روش‌های صحیح مدیریت می باشد لذا تدوین یک نظام نگهداری و تعمیرات مؤثر و پویا از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و اجتناب‌ناپذیر می باشد. در این فصل به بررسی یافته‌های پژوهش خواهیم پرداخت.

با استفاده از عوامل فرعی SWOT، ماتریس SWOT و اقدامات کنترلی تشکیل می‌شود. مفهوم اقدامات کنترلی SO، استفاده مناسب از فرصت‌ها با بهره‌برداری از نقاط قوت سازمان می‌باشد. استراتژی WO، به دنبال بهره‌برداری مناسب از فرصت‌های محیطی با توجه به ضعف‌های سازمان است. استراتژی ST نیز در ارتباط با کاهش یا حذف اثرات تهدیدهای محیطی از طریق استفاده مطلوب از نقاط قوت سازمان می‌باشد و در نهایت استراتژی WT، با در نظر گرفتن نقاط ضعف سازمان اثرات تهدیدهای محیطی را کاهش می‌دهد.

7- بحث و نتیجه گیری

در این پروژه سعی شد با کمک روش‌های داده‌کاوی یک مدل پیش‌بینی رخداد خرابی برای تجهیزات شرکت ریخته گیری آلومینیوم ایران خودرو طراحی و توسعه یابد. استفاده از روش‌های تجربی و دستی و فیزیکی نمی‌توانست کمک قابل‌توجهی به تیم نگهداری و تعمیرات نماید و هشدارهای به‌موقع و پیش‌بینی دقیقی از رخداد خرابی تجهیز در آینده داشته باشد. بنابراین با کمک روش‌های مبتنی بر داده‌های انباشته و روش‌های متفاوت داده‌کاوی مدلی طراحی شد تا بتواند به‌طور دقیق و با درصد احتمال بالا پیش‌بینی دقیقی از رخداد خرابی در آینده داشته باشد. واضح است پیش‌بینی رخداد خرابی از قبل کمک شایانی به تیم نگهداری و تعمیرات کرده و آن‌ها را از قبل برای انجام عملیات موردنظر برای رفع خرابی آماده می‌کند. برای تعمیرات برنامه‌ریزی کرده، کارگاه و وسایل را آماده نموده و در صورت نیاز به سفارش قطعه و کالا می‌پردازند.

همین موضوع می‌تواند اثر زیادی در کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات داشته باشد. از تعمیرات غیرمترقبه و ناگهانی که موجب توقف برنامه‌ریزی نشده تجهیز و کارخانه می‌شود جلوگیری نموده و اثر منفی روی روند تولید و بهره‌وری را کاهش می‌دهد. به همین منظور با استفاده از مشاهده مستمر و زمان‌بندی‌شده وضعیت و شرایط تجهیز و همچنین با بررسی حالات خرابی با کمک داده‌های پیشین، مجموعه داده‌های دقیق و باکیفیت به دست آمد، سپس ارتباط بین داده‌های وضعیت و داده‌های خرابی با کمک روش‌های آنالیز داده بهنام‌های FA,PCA کشف شد تا بتوان از مجموعه داده‌های مرتبط به‌عنوان ورودی برای طراحی مدل استفاده نمود.

در گام بعد با کمک روش داده‌کاوی و مدل طراحی‌شده برای پیش‌بینی رخداد خرابی در بازه‌های زمانی متفاوت و باهدف تعیین برچسب خروجی از بین سه خوشه A,B,C مورد آزمایش و اجرا قرار گرفت. سپس اطلاعات، آمار و نتایج خروجی به‌طور دقیق و کامل و جداگانه در قالب نمودار و جدول و شاخص‌های مختلف ارائه شد تا بتوان مقایسه دقیق و کاملی انجام گیرد. در نهایت مدل پیش‌بینی خرابی برای سازمان ارائه شد همچنین با توجه به مدل پیش‌بینی خرابی سازمان، تحلیل شکست FMEA فازی انجام گردید که مخاطرات بالقوه و بالفعل در سازمان شناسایی شدند و ریسک‌های عملیاتی نیز مشخص گردیدند و سپس با استفاده از SWOT فرصت‌ها و تهدیدات، قوت و ضعف‌های سازمان شناسایی‌شده و استراتژی‌های مربوطه نیز معرفی شدند.

منابع

- ✓ **Yang, J., Zhang, G. B., and Loo, M., (2016), challenges in building engineering and data mining applications for energy-efficient communities, Sustainable Cities and Society, 25, 42-59.**
- ✓ **Zhou, W., Xue, W., Baral, R., Wang, Q., Zeng, C., Li, T., ... & Ya Grabarnik, G. (2017, August). STAR: A System for Ticket Analysis and Resolution. In Proceedings of the 23rd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 2181-2190). ACM.**
- ✓ **-Bastos P., Lopes I., Pires L., (2014), Application of data mining in a maintenance system for failure Prediction, Journal of Safety, Reliability and Risk Analysis, 3(7), 933-940.**
- ✓ **-Han, J., Kamber, M., and Pei, J., (2011), Data mining: concepts and techniques: concepts and techniques, Elsevier.**
- ✓ **-Hise, S. N., and Serjiac, Y., (2015), The research of data mining in Power industy, Journal of Intelligent Data Analysis, 19(2); 243-254.**
- ✓ **-Palmer, R. (2016). Maintenance Planning and Scheduling Handbook. Asset Management & Maintenance Journal, 29(3), 57.**
- ✓ **-Yang, C., Zou, Y., Lai, P., & Jiang, N. (2017). Data mining-based methods for fault isolation with validated FMEA model ranking. Applied Intelligence, 43(4), 913-923.**