پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۶ ، زمستان ۱۳۹۷، ص ۴۱- ۲۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir



# مهم‌ترین عامل در ایجاد خطاهای کیفی خط تولید مطالعه‌ی موردی: شرکت دخانیات گیلان

**بختیار استادی [۱]، مهرداد صبوری ماسوله [۲]**

[۱] استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس.

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، موسسه غیرانتفاعی مهرآستان.

نام نویسنده مسئول:
**مهرداد صبوری ماسوله**

**چکیده**

امروزه نقش بی‌بدیل کنترل کیفیت بر کسی پوشیده نیست و تولید محصولات باکیفیت را می‌توان از نقاط قوت هر بنگاه صنعتی و اقتصادی بر شمرد، تا جایی که حتی می‌توان رسیدن به تولید چنین محصولاتی را هدفی مهم برای تضمین بقای آن بنگاه دانست. نیل به این هدف نیازمند اقداماتی است که در این میان کشف خطاهای کلیدی و مهم تاثیرگذار در کیفیت محصولات نقش پررنگی را ایفا می‌کند. در این مقاله با انجام یک مطالعه‌ی موردی به بررسی و شناسایی خطاهای موجود در خط تولید شرکت دخانیات گیلان پرداختیم و با مصاحبه با خبرگان شرکت و همچنین بهره‌گری از مقایسات زوجی و تحلیل سلسله مراتبی اقدام به اولویت‌بندی خطاهای کشف شده گشت و مهم‌ترین عامل در ایجاد خطاهای مذکور را یافتیم. نتایج حاصل نشان داد که عامل انسانی بیشترین اثر را میان سایر عوامل بر کیفیت محصولات دارد.

**واژگان کلیدی:** کنترل کیفیت، تحلیل سلسله‌مراتبی، خطا.

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۶ ، زمستان ۱۳۹۷، ص ۴۱ – ۲۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

**مقدمه**

در دنیای صنعتی امروز که کارخانه‌های متعددی در سراسر جهان به تولید انواع محصولات موردنیاز فضای کنونی بازار می‌پردازند، رقابت و تلاش برای بقا به یکی از اهداف بی‌بدیل تبدیل شده است. حفظ مشتریان و جذب و وادار کردن آن‌ها به خرید محصولات شرکت نیازمند یکسری اقدامات هوشمندانه و مستمر می‌باشد. یکی از موارد مهمی که ما را در دستیابی به این مهم کمک می‌کند، کنترل کیفیت و افزایش آن می‌باشد.

با به‌کارگیری انواع ابزارهایی که علم کنترل کیفیت در اختیار ما قرار می‌دهد، می‌توان علاوه بر بقا به افزایش بهره‌وری و سود در صنعت موردنظر دست‌یافت. شناسایی خطاهای کیفی موجود در خطوط تولید و حذف آن‌ها با ابزارهایی همچون پوکایوکه به ما این امکان را می‌دهد تا با اطمینان بیشتری گام‌های خود را جهت هرچه بهتر کردن جایگاه خویش در فضای رقابتی حاضر برداریم.

ژاپن پیش از جنگ جهانی دوم، به‌واسطه عدم به‌کارگیری روش‌های کنترل کیفیت، به تولیدکننده کالاهای ارزان و نامرغوب شهرت داشت. پس از جنگ جهانی دوم این کشور برای ورود به بازارهای جهانی تلاش زیادی را مصروف داشت. از سال ۱۹۷۰ صحنه رقابت‌ها تغییر کرد و از آن به بعد ژاپن توانست اطمینان بازارهای جهانی را به خاطر کیفیت مطلوب کالاهایش جلب کند و بازارهای جهانی را به دست گیرد *[۱]*.

حذف خطاهای موجود در خطوط تولید کارخانه‌های صنعتی و شناسایی محصولات معیوب قبل از ورود آن‌ها به بازار و رسیدن به دست مشتری، نه‌تنها از ضررهای حاصل از آن جلوگیری می‌کند، بلکه می‌تواند به یکی از خصیصه‌های مهم بقا و پیشبرد اهداف سازمان تبدیل شود

روش‌هایی چون تجزیه‌وتحلیل حالات شکست کار از آن دست روش‌هایی است که به شناسایی انواع خطاهای تولید کمک شایان توجهی می‌کند. این روش، یکی از تکنیک‌هایی است که ضمن شناسایی خطرات بالقوه و علل و اثرات آن‌ها، خطاها را طبقه‌بندی، تجزیه‌وتحلیل و ارزیابی می‌کند که با به‌کارگیری این روش، می‌توان خطرات را کنترل یا حذف کرد *[۲]*.

به‌طورکلی خطاهای موجود در خطوط تولید را می‌توان ناشی از سه عامل انسانی، تکنولوژی و فرآیندی دانست که در این پژوهش بر روی آن‌ها تأکید شده است:

خطای انسانی: عامل انسانی باعث به وجود آمدن آن خطا به‌طور مستقیم می‌باشد، خطاهایی چون فراموشی و یا سهل‌انگاری در کار ازاین‌دست خطاها می‌باشند.

خطای تکنولوژی: تمامی خطاهایی که در خطوط تولید اتفاق می‌افتند را نمی‌توان به عامل انسانی ربط داد. خطاهایی که ناشی از دستگاه‌ها و یا تکنولوژی مورداستفاده می‌باشد را در دسته‌ی خطاهای تکنولوژی تقسیم‌بندی می‌کنیم. خطاهای ناشی از مستهلک شدن تجهیزات و یا نبود یک حس‌گر مناسب جهت تشخیص خطا ازاین‌دست می‌باشد.

خطای فرآیندی: علل وقوع بیش از ۹۰ درصد حوادث به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به عامل انسانی مربوط بوده و خطاهای انسانی مهم‌ترین علت بروز حوادث بشمار می‌آید اما خطاهای فرایندی هم از درجه اهمیت بسیار بالایی در زمینه بروز سوانح برخوردار می‌باشد *[۳]*. طراحی اشتباه روش انجام کار، روش انجام ناصحیح عملیات، ورود مواد اولیه‌ی نامناسب به خطوط تولید و کلاً هر خطایی را که ناشی از تعریف اشتباه فرآیندهای موجود در سیستم باشد را در دسته‌ی خطاهای فرآیندی می‌دانیم.

با توجه به حذف حق انحصار شرکت دخانیات و افزایش فضای رقابتی در بازار دخانی کشور و باز بودن راه قاچاق انواع محصولات دخانی در آن، شناسایی و حذف خطاهای موجود در خط تولید شرکت دخانیات گیلان، افزایش کیفیت و راندمان خط تولید و درنتیجه افزایش نرخ تولید محصولات باکیفیت و رقابتی، عاملی بس مهم در حفظ و ارتقای جایگاه این صنعت مهم و حیاتی در فضای ناعادلانه‌ی بازار مصرف محصولات دخانی می‌باشد که گستره‌ی عظیمی از افراد جامعه و هم‌چنین سازمان‌ها و نهادهای دولتی را تحت پوشش چتر حمایت اقتصادی خویش قرار می‌دهد.

روش *AHP* توسط ساعتی[1] در سال ۱۹۸۰ در کتابی با همین عنوان و سپس در کتاب تصمیم‌گیری برای رهبران معرفی شد. (امین ناصری و همکاران ۱۳۹۰). *AHP* در آغاز برای تصمیم‌گیری‌های انفرادی در محیط‌های متلاطم فازی بیان شد. سپس در دهه‌ی هشتاد چگونگی استفاده از آن در تصمیم‌گیری گروهی موردتوجه قرار گرفت. به‌طور عمده در تحلیل مسائل *AHP* تأکید بر کسب نظرات خبرگان می‌باشد. درواقع این الگوریتم عمدتاً در مسائل کیفی موردتوجه قرار می‌گیرد، ولی کاربرد آن در مسائلی که با استناد به داده‌های واقعی است نیز قابل انجام است. تصمیم‌گیری *AHP* با استناد به داده‌های واقعی بیشتر مبتنی بر *AHP* فردی یا *IAHP* می‌باشد و تصمیم‌گیری *AHP* با استناد به داده‌های کیفی و واژگان زبانی با تأکید بر کسب نظرات خبرگان و یا *AHP* گروهی (*GAHP*) می‌باشد *[۴]*.

[1] Saaty

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

در این پژوهش با تکیه بر مصاحبه با خبرگان شرکت و مشاهده‌ی خطوط تولید در یک بازه‌ی زمانی سه ماهه اقدام به شناسایی، اعتبارسنجی و اولویت بندی خطاهای کشف شده در خط تولید شرکت دخانیات گیلان می‌شود تا به ترتیب اولویت نسبت به رفع بحرانی‌ترین خطاها جهت ارتقای کیفیت محصولات اقدام شود.

## ۱- مرور ادبیات

بروز ضایعات باعث کاهش اثربخشی سیستم می‌شود. این ضایعات می‌تواند همراه با خرابی‌های اضطراری، کاهش زمان کار مفید ناشی از آماده‌سازی و تنظیم تجهیزات و کاهش زمان کار مفید ناشی از کار بدون تولید و توقف‌های در ضمن کار باشد. به‌منظور کاهش اثر ضایعات مزبور در اثربخشی باید به نحوه‌ی مقابله با معضلات مزبور توجه زیاد کرد [۵].

در این راستا مهدی معینی (۱۳۹۱) با توجه به اهمیت صنعت خودرو در کشور و وجود ضایعات بالا در آن سعی در شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش ضایعات تولید در کارخانه‌های ایران‌خودرو و ابهر کرد. ایشان با استفاده از روش *Dematel* به شناسایی شاخص‌ها و دسته‌بندی آن‌ها و تعیین روابط علت و معلولی بین آن‌ها پرداختند و با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی نسبت تعیین وزن هریک از عوامل موجود در ساختار سلسله‌مراتبی را مشخص کردند [۵].

خطای انسانی امری اجتناب‌ناپذیر در سیستم‌های تولیدی است که لزوماً در هر شرکتی برطرف نمی‌شود. یک شرکت ممکن است به دلیل خطاهای انسانی ضررهای بسیاری را متحمل شود. آکولا۲ و همکارانش (۲۰۱۵) به‌منظور حذف و اگر نشد کاهش احتمال خطاهای موجود در کارخانه‌ی فرآوری مرغ تحقیقی را انجام دادند که در آن از یک طرح تحقیقی توصیفی که یک متدولوژی دومرحله‌ای استفاده شده است. ایشان از این طریق نقاطی را که در آن احتمال خطا بیشتر بود کشف کردند [۶].

آنتونلی۳ و همکارش (۲۰۱۵) به‌منظور افزایش کیفیت جوش توسط نیروی انسانی و کاهش خطاهای ناشی از این منبع از واقعیت افزوده بهره جستند. واقعیت افزوده نمای فیزیکی زنده، مستقیم یا غیرمستقیم است، که عناصری را پیرامون دنیای واقعی افراد اضافه می‌کند. ایشان از این طریق علاوه بر شناسایی خطاهای موجود به بهبود کیفیت جوش نیز رسیدند [۷].

جدای از خطای انسانی سایر خطاهایی که منجر به کاهش کیفیت و یا ایجاد مشکلاتی در فرآیند تولید و کاهش کارایی آن می‌شوند نیز وجود دارد. این خطاها که به‌نوبه‌ی خود می‌توانند سهم بسیار در کاهش رقابت‌پذیری شرکت داشته باشند را می‌توان ناشی از منابع مشخصی همچون مواد اولیه، تکنولوژی مورداستفاده، فرآیند تولید و غیره دانست. در طول سال‌های اخیر تحقیقات جالبی در این راستا انجام‌گرفته است. جیان‌هو گو۴ و همکارش (۲۰۱۵) روشی را برای کشف خطای از دست رفتن گرما در سطح کارگاهی پیشنهاد کردند. در این راستا مدل پویا و سلسله‌مراتبی مصرف انرژی در فرآیند موجود از نظریه‌ی ترمودینامیک را ارائه دادند و درنهایت توانستند تخمین هدر رفت گرما را با عملکرد بهتری بیابند و به مشخص کردن خطاها در سطح پایین‌تری کمک کنند [۸].

شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل توان تشخیص الگویشان، بسیار مناسب برای کشف و مشخص کردن خطا هستند. به همین منظور هشان فرناندو۵ و همکارش (۲۰۱۵) یک شبکه‌ی عصبی مصنوعی را بر پایه‌ی نظریه‌ی تشدید انطباقی در یک ماشین مونتاژ حلقه‌ی $O$ شکل آزمایش کردند و عملکرد و کاربرد آن را با یک روش مرسوم بر پایه‌ی قانون مقایسه کردند [۹].

این روزها توجه بسیار زیادی بر کنترل کیفیت فرآیندهای ماشینی به‌منظور اطمینان از کیفیت محصول می‌شود. ازآنجایی‌که تغییر کیفیت از خطاهای مرکب تشکیل می‌شود، بنابراین کنترل خطا نقطه‌ی کلیدی در تأیید کیفیت محصول تلقی می‌شود. باوجود اهمیت بسیار زیاد این موضوع، متأسفانه می‌بینیم که از روش‌های پیش‌بینی خطا به‌عنوان روشی برای پیشگیری از آن استفاده نمی‌شود. تیان گاوو۶ و همکارانش (۲۰۱۵) یک روش جدید متشکل از پیش‌بینی خطا بر مبنای مکانیسم تغییر خطا به‌منظور کنترل منبع خطا در فرآیندهای چند ماشینه باهدف بهبود کیفیت آن ارائه کردند [۱۰].

غالباً شرکت‌ها روش‌ها و ابزاری را برای افزایش کارایی و کیفیت برای موفقیت طولانی‌مدت بکار می‌برند تا مزایای رقابتی خویش را افزایش دهند. از این منظر، اصل تولید ناب یکی از موفق‌ترین مفاهیم بهبود است که به‌منظور حذف ضایعات و فعالیت‌های بی‌ارزش که در بسیاری از کارخانه‌ها رخ می‌دهد، به کار برده می‌شود. جوتاماس چوم لاکسانا۷ و همکارانش (۲۰۱۵) با انجام یک مطالعه‌ی موردی تولید ورقه‌های فلزی مهرزنی به‌منظور مشخص کردن فرصت‌های کاهش ضایعات و بهبود کارایی، از تولید ناب استفاده کردند [۱۱].

---

[2] Acula
[3] Antonelli
[4] Guo
[5] Fernando
[6] Gao
[7] Choomlucksana

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۶ ، زمستان ۱۳۹۷، ص ۴۱- ۲۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

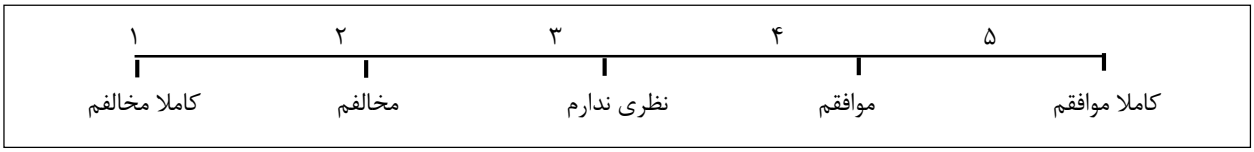
## ۲- روش تحقیق

ازآنجایی‌که این پژوهش مربوط به انجام یک مطالعه‌ی موردی در یکی از خطوط تولید مجتمع دخانیات گیلان می‌باشد، در ابتدا به کشف خطاهای موجود پرداخته شده است، سپس با تقسیم‌بندی این خطاها در سه نوع خطاهای انسانی، تکنولوژی و فرآیندی بر مبنای ادبیات موضوع و مقالات بررسی‌شده، اقدام اعتبارسنجی خطاهای کشف شده بر مبنای نظر خبرگان شرکت جهت غربال‌گری خطاها در نرم‌افزار *Excel* می‌شود. با شناسایی خطاهای معتبر، اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی (*AHP*) بر مبنای مقایسات زوجی خبرگان شرکت به کمک نرم‌افزار *Expert Choice* انجام خواهد شد تا نسبت به رفع ارجح‌ترین آن‌ها اقدام شود

## ۳- کشف خطاهای تولید

در طی انجام مطالعه و با انجام مشاهده و مصاحبه‌های فراوان با خبرگان شرکت متشکل از کارشناسان فنی، کارشناسان کنترل کیفیت و هم‌چنین اپراتورهای خطوط تولید اکثر خطاهای موجود در خط تولید کشف شد، این خطاها بالغ بر ۱۲۵ خطا بود که پس از اعتبار سنجی آن‌ها و اولویت‌بندی این خطاها بوسیله‌ی *CV* خطاهای اضافی و فاقد ارزش بررسی حذف و سایر خطاهای باقی‌مانده در دسته‌های مختلف برمبنای نوع آن‌ها و یکی از سه عامل اصلی در رخ دادن آن‌ها قرار گرفتند که نتیجه‌ی کار به صورت جدول ۱ قابل مشاهده است.

این غربال‌گری به این صورت است که در ابتدا با مراجعه به خبرگان مذکور که شامل ده نفر می‌باشند، نظر ایشان راجع به اهمیت بررسی خطاهای کشف شده بر مبنای طیف لیکرت ور در غالب پرسشنامه‌ای جمع گردید. پایایی خطاهای شناسایی‌شده یا قابلیت اعتماد مقوله‌ای دیگر در راستای اعتباردهی به داده‌های گردآوری‌شده و اینکه در شرایط یکسان تا چه حد ارزش این خطاها از دید خبرگان منتخب معتبر و یکسان می‌باشد. برای یافتن درجه‌ی اهمیت این خطاها و اینکه آیا خطای شناسایی‌شده‌ی موردنظر مهم است یا نه، از طیف لیکرت با امتیازدهی از ۱ تا ۵ استفاده شد. به این صورت که هر کدام از اعداد دارای درجه‌ی اهمیتی به شرح شکل ۱ هستند.




**شکل ۱- طیف لیکرت**

برای تحلیل نتایج به‌دست‌آمده و آماره‌های موردنیاز چون میانگین، واریانس و ضریب تغییرات از نرم‌افزار *Excel* استفاده گردید. میزان اهمیت خطاهای اعلام‌شده توسط خبرگان مذکور طبق معادلات ۱، ۲ و ۳ به ترتیب به میانگین، واریانس و ضریب تغییرات به شرح صفحه‌ی بعد تبدیل گردید[۱۲]:

**جدول ۱- خطاهای مورد بررسی در خط تولید**

| عامل | نوع خطا | ردیف | خطا | عامل | نوع خطا | ردیف | خطا |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *H*.انسانی | *A*.بی‌توجهی، فراموش‌کاری یا سهل‌انگاری | ۱ | وجود مواد غیر توتونی در سیگار | *H*.انسانی | *G*.عدم نظافت ماشین | ۳۰ | خوب به هم نچسبیدن سلفون دور پاکت |
| | | ۲ | برعکس خوردن اتیکت | | | ۳۱ | باز بودن انتها یا سر سلفون دور پاکت |
| | | ۳ | چاپ تاریخ اشتباه بر انتهای پاکت/باکس | | | ۳۲ | وجود قطعات توتون در زیر سلفون پاکت |
| | | ۴ | کم بودن تعداد باکس در داخل کارتن | | | ۳۳ | چروکیدگی بیش‌ازاندازه باکس |
| | | ۵ | باکس خراب در داخل کارتن | | | ۳۴ | کثیفی چاپ |
| | *B*.خطای ناشی از بی‌تجربه بودن | ۶ | نزدن چسب حرارتی در طرفین کارتن | | | ۳۵ | کدگذاری با شماره‌ی اشتباه |
| | | ۷ | عدم وجود کدگذاری در انتهای پاکت | *T*.تکنولوژی | *H*.اجزا به‌خوبی در | ۳۶ | تغییر ظاهر سیگار به دلیل فشار |
| | | ۸ | باکس صحیح برای برند سیگار/بسته اشتباه | | | ۳۷ | نقص تعداد سوراخ‌های ریز فیلتر |

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ۹ | بارکد اشتباه بر روی کارتن صحیح | | فیکسچر چفت نشده‌اند. | ۳۸ | شکسنه شدن سیگار در فرآیند تولید |
| | | ۱۰ | نبود هالوگرام بر روی باکس | | | ۳۹ | سرخالی بودن سیگار |
| | C.خطای تظیم | ۱۱ | کاغذ فیلتر لبه‌دار است | | | ۴۰ | فاصله‌ی بیش‌ازحد بین فیلتر و توتون موجود در سیگار |
| | | ۱۲ | کجی برش سر سیگار | | I.فرسایش تجهیزات و نامناسب بودن آن‌ها | ۴۱ | بالا یا پایین بودن فویل داخل پاکت |
| | | ۱۳ | تغییر رنگ کاغذ سیگار | | | ۴۲ | خط افتادن بر روی پاکت |
| | | ۱۴ | هرگونه اثر ناشی از فشار غلطک چاپ | | | ۴۳ | پارگی و چروکیدگی بر روی اتیکت |
| | | ۱۵ | کوتاه/بلندی سیگار | | | ۴۴ | نبود نوار دو میلی‌متری باکس |
| | | ۱۶ | وزن کمتر/بیشتر از استاندارد سیگار | | | ۴۵ | نبود نوار دو میلی‌متری پاکت |
| | D.آماده‌ساز ی نادرست ماشین | ۱۷ | لبه‌ی نوار دو میلی‌متری بسته قابل‌لمس نیست. | | J.سایر | ۴۶ | باز بودن پاکت در انتها یا کنار آن |
| | | ۱۸ | برش نامناسب سلفون پاکت | | | ۴۷ | چسب اتیکت بیش‌ازحد است. |
| | | ۱۹ | هرگونه پارگی بر روی اتیکت/باکس | | | ۴۸ | بالا/پایین زدن اتیکت |
| | | ۲۰ | بسته‌بندی نامناسب باکس | | | ۴۹ | چسب نخوردن کامل باندرول |
| | E.آماده‌ساز ی نادرست ابزار | ۲۱ | کج خوردن هالوگرام | P.فرآیندی | K.نامناسب بودن مواد | ۵۰ | وجود سوسک با پروانه‌ی توتون در سیگار |
| | | ۲۲ | ضربه‌دار بودن سیگار | | | ۵۱ | رطوبت زیاد/کم توتون داخل سیگار |
| | | ۲۳ | اافتادن خط جای تسمه بر روی سیگار | | | ۵۲ | هرگونه تغییر در مواد اولیه سیگار و بسته‌بندی |
| | F.عدم اصلاح ماشین | ۲۴ | وجود خرده‌های توتون در محل اتصال سیگار | | | ۵۳ | نخوردن باندرول |
| | | ۲۵ | کاغذ فیلتر دو بار پیچیده شده است. | | | ۵۴ | جایگیری نامناساب باندرول بدلیل برش نامناسبش |
| | | ۲۶ | سیگار فیلتر جدا است. | | | ۵۵ | هرگونه پارگی روی سلفون |
| | | ۲۷ | کج خوردن باندرول | | L.سایر | ۵۶ | باز بودن یک/دو طرف باکس |
| | | ۲۸ | چاپ ناواضح بر انتهاییپاکت/باکس | | | ۵۷ | خراب بودن کارتن اعم از پارگی، کثیفی و غیره |
| | | ۲۹ | عدم چاپ بر انتهای پاکت/باکس | | | | |

$$E(X) = \mu = \sum_{i=1}^{n} x_i p(x_i) \text{ و } \hat{\mu} = \bar{X} \quad (۱)$$

$$V(X) = (X - \mu)^2 = \quad (۲)$$

$$\sum_x (x - \mu)^2 \ \ p(x) \text{ و } \overline{Var} = S^2 \quad (۳)$$

$$CV = \frac{\sqrt{V(X)}}{E(X)} \text{ و } \overline{CV} = \frac{\sqrt{S^2}}{\bar{X}}$$

$E(X)$ امید ریاضی متغیر تصادفی $X$، متغیر $X$ بیانگر میزان اهمیتی است که پاسخ‌دهندگان به هر خطا و دسته خطا طبق طیف لیکرت داده‌اند، $X$ ارزش متغیر تصادفی و $P(X) > 0$، $P(X)$ توزیع احتمال، $V(X)$ واریانس متغیر تصادفی $X$ و $CV$ ضریب تغییرات است که ترتیب خطاها بر اساس $CV$ تعیین شده است.

استفاده از $CV$ برای میزان اهمیت بسیار قابل اطمینان است زیرا $V(X)$ و $E(X)$ را در بر می‌گیرد. (ازآنجاکه روش ما نمونه‌گیری بوده است، احتمال هر نمونه $P(X)$ برابر با $1/n$ می‌باشد و بنابراین همان $\bar{X}$ و $S$ در نظر گرفته می‌شوند). همانطور که ذکر شد، حاصل انجام این غربالگری و جداسازی خطاهای باارزش جهت بررسی به صورت جدول ۱ می‌باشد.

پژوهش در مدیریت و مهندسی صنایع، شماره ۱۶ ، زمستان ۱۳۹۷، ص ۴۱- ۲۷

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

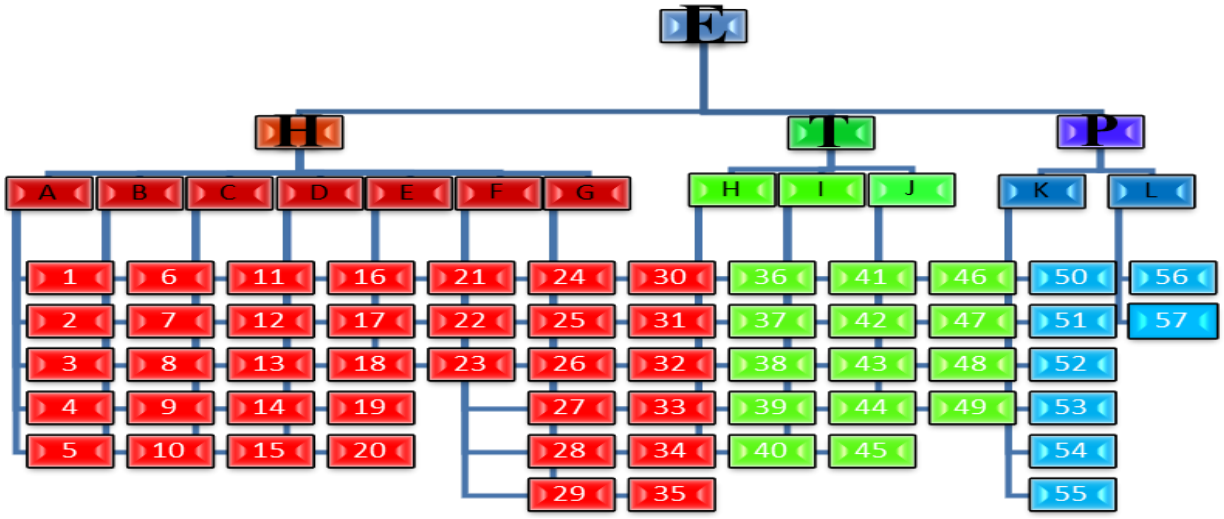
## ۴- اجرای تحلیل سلسله‌مراتبی

همانطور که مستحضر هستید این پژوهش مربوط به انجام یک مطالعه‌ی موردی در یکی از خطوط تولید مجتمع دخانیات گیلان می‌باشد. در مراحل قبل کشف خطاهای موجود و تقسیم‌بندی این خطاها در سه نوع خطاهای انسانی، تکنولوژی و فرآیندی بر مبنای ادبیات موضوع و مقالات بررسی‌شده، اعتبارسنجی خطاهای کشف شده بر مبنای نظر خبرگان شرکت جهت غربال‌گری خطاها و در نهایت شناسایی خطاهای معتبر انجام گشت. حال اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی (*AHP*) بر مبنای مقایسات زوجی خبرگان شرکت انجام خواهد شد تا نسبت به رفع ارجح‌ترین آن‌ها اقدام شود.

نیما میرزایی و پرستو محمدی (۱۳۹۲) روش *AHP* را به سه چهار مرحله‌ی کلی زیر تقسیم می‌کنند که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد [۱۳].

- ایجاد سلسله‌مراتب
- مقایسه‌ی زوجی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها
- تلفیق نظرات از طریق محاسبه‌ی میانگین هندسی
- تعیین اولویت‌ها

سلسله‌مراتب مورداستفاده در این بخش به شرح شکل ۲ می‌باشد که در انجام مقایسات زوجی توسط خبرگان یک بخش مهم در این راستا است. با ارائه‌ی پرسشنامه‌های مربوط که نمونه‌ای از آن در ادامه آورده شده است، از نظرات ایشان مطلع شدیم. در این پرسش‌نامه‌ها ابتدا اهمیت سه عامل انسانی، فرآیندی و تکنولوژی نسبت به هم مقایسه شد، سپس نوع خطاهایی که طبق جدول ۱ با حروف انگلیسی مشخص شده‌اند موردقیاس قرار گرفتند و در آخر هر کدام از اعضای خبره‌ی شرکت با اعلام نظر خود راجع به میزان اهمیت گزینه‌ها نسبت به یکدیگر از ۱ تا ۹ ، مقایسات زوجی را انجام دادند.




**شکل ۲ – نمودار سلسله‌مراتبی**

این اعلام نظر را با ارائه‌ی پرسشنامه‌هایی راجع به خطاهای کشف‌شده به خبرگان شرکت به دست آوردیم. برای نمونه پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی عامل‌های اصلی به شرح شکل ۳ می‌باشد که به منظور جلوگیری از حجیم شدن مقاله به آن اکتفا شده است.

**سطح دوم**. به نظر شما میزان اهمیت هر کدام از عامل‌های زیر برای بررسی و مدیریت نسبت به دیگری چگونه است؟ به‌عنوان‌مثال اهمیت عامل انسانی نسبت به عامل تکنولوژی چند است؟

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $H$.انسانی | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ | $H$.انسانی |
| $H$.انسانی | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ | $T$.تکنولوژی |
| $H$.انسانی | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ | $P$.فرآیندی |
| $T$.تکنولوژی | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ | $T$.تکنولوژی |
| $T$.تکنولوژی | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ | $P$.فرآیندی |
| $P$.فرآیندی | ۹ | ۷ | ۵ | ۳ | ۱ | ۳ | ۵ | ۷ | ۹ | $P$.فرآیندی |

**شکل ۳ – پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی عامل‌های اصلی**

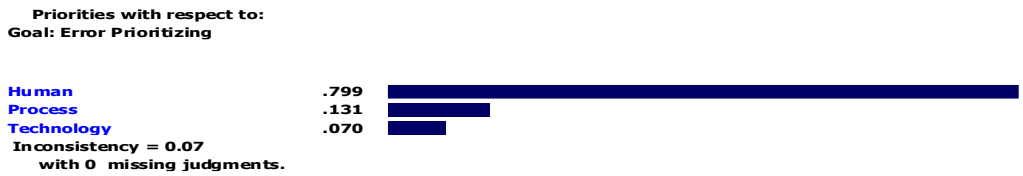
اساساً درصورتی‌که تعداد افراد مشارکت‌کننده زیاد باشد باید نظرات دریافت شده را ترکیب کرد. از میانگین هندسی هنگامی استفاده می‌شود که هر آیتم و مورد دارای ویژگی چندگانه و متعدد است و هرکدام طیف‌های گوناگون عددی را دارا باشند. مانند نرخ رشد در حالت کلی و مانند نرخ رشد تولید، نرخ رشد جمعیت و یا نرخ رشد سود اکزل و ساعتی (۱۹۸۳) استفاده از میانگین هندسی را بهترین روش برای ترکیب مقایسات زوجی معرفی کرده‌اند. بنابراین از داده‌های هر سطر میانگین هندسی گرفته می‌شود تا بدین طریق بتوان نظرات خبرگان مذکور را ترکیب کرد. وزن‌های به‌دست‌آمده نرمال نیستند. منظور از وزن نرمال آن است که جمع اوزان برابر ۱ باشد. بنابراین میانگین هندسی به‌دست‌آمده در هر سطر را بر مجموع عناصر ستون میانگین هندسی تقسیم می‌شود*[۴]*.

به کمک نرم‌افزار *Expert Choice* و با وارد کردن نتایج حاصل از مقایسات زوجی در این نرم‌افزار به نتایج ذیل دست پیدا کردیم، که شامل اولویت‌بندی خطاها به شرح ذیل می‌باشد.

همان‌گونه که اشاره شد با ایجاد نام مخفف برای هر خطا اقدام به انجام محاسبات کردیم. به‌عنوان‌مثال نام اختصاری *HB15* بیانگر خطای انسانی نوع $B$ با شماره‌ی ۱۵ است که با توجه به جدول ۱ مربوط به خطای کوتاه/بلندی سیگار از نوع $A$ می‌باشد. به انواع خطاها نیز با توجه به جدول ۱ با حروف انگلیسی به اختصار نشان داده‌شده است، مثلاً خطای نوع $A$ بیانگر خطاهایی از نوع بی‌توجهی، فراموش‌کاری یا سهل‌انگاری است

### ۴-۱- وزن‌دهی و اولویت‌بندی عامل‌های اصلی

پس ازآنجام محاسبات راجع به سه نوع خطای انسانی، تکنولوژی و فرآیندی مشخص شد که طبق نظر خبرگان، عامل انسانی دارای بالاترین وزن می‌باشد و در اولویت اول برای بررسی است. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۴ مشخص است.

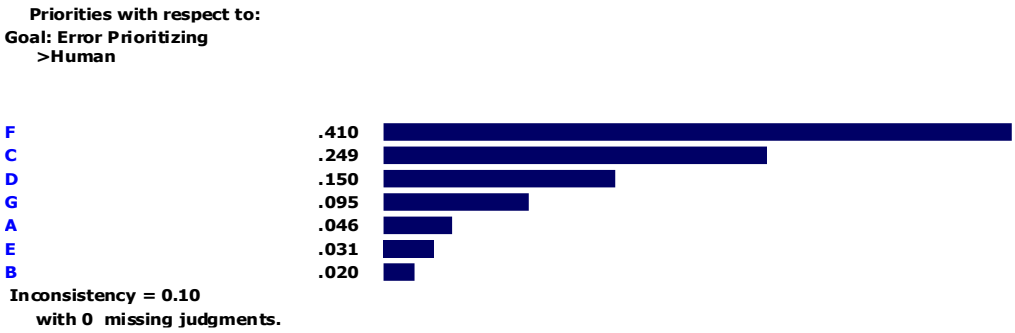



**شکل ۴- اولویت‌بندی عامل‌های اصلی**

### ۴-۲- وزن‌دهی و اولویت‌بندی انواع خطاهای انسانی

برای دانستن مهم‌ترین دسته از انواع خطاهای انسانی نیز دست به استفاده از *Expert Choice* زده شده است. نتایج محاسبات بیانگر آن است که خطای نوع $F$ یعنی خطاهای ناشی از عدم اصلاح ماشین ارجح‌ترین خطا برای رسیدگی است. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۵ مشخص است.

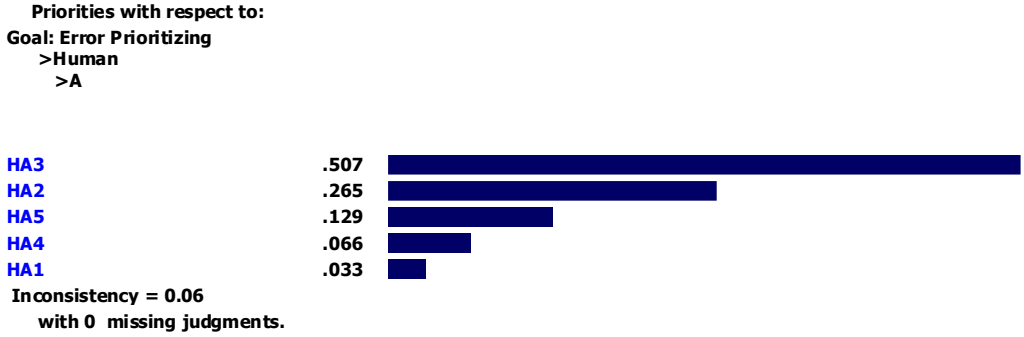
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir




**شکل۵- اولویت‌بندی انواع خطاهای انسانی**

### ۴-۳- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای مربوط به بی‌توجهی، فراموش‌کاری یا سهل‌انگاری ($A$)

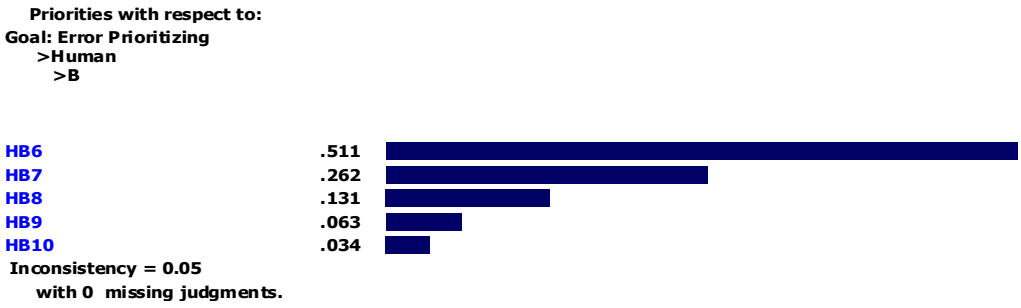
در بین خطاهای انسانی از نوع $A$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۳ یعنی چاپ تاریخ اشتباه بر انتهای پاکت/باکس ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۶ مشخص است.




**شکل ۶- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $A$**

### ۴-۴- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از بی‌تجربه بودن ($B$)

در بین خطاهای انسانی از نوع $B$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۷ یعنی عدم خوردن چسب حرارتی در یک/دو طرف کارتن ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۷ مشخص است.




**شکل ۷- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $B$**

### ۴-۵- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای تنظیم($C$)

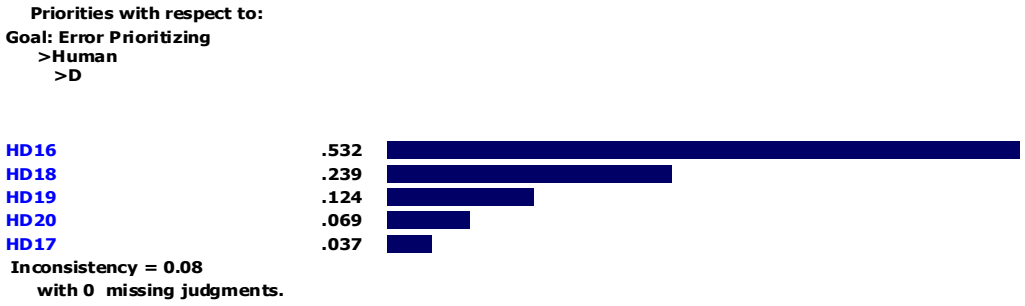
در بین خطاهای انسانی از نوع $C$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۱۵یعنی کوتاه/بلندی سیگار ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۸ مشخص است.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

**شکل ۸- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $C$**

### ۴-۶- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از آماده‌سازی نادرست ماشین ($D$)

در بین خطاهای انسانی از نوع $D$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۱۶یعنی وزن کمتر/بیشتر از استاندارد سیگار ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۹ مشخص است.




**شکل ۹- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $D$**

### ۴-۷- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از آماده‌سازی نادرست ابزار ($E$)

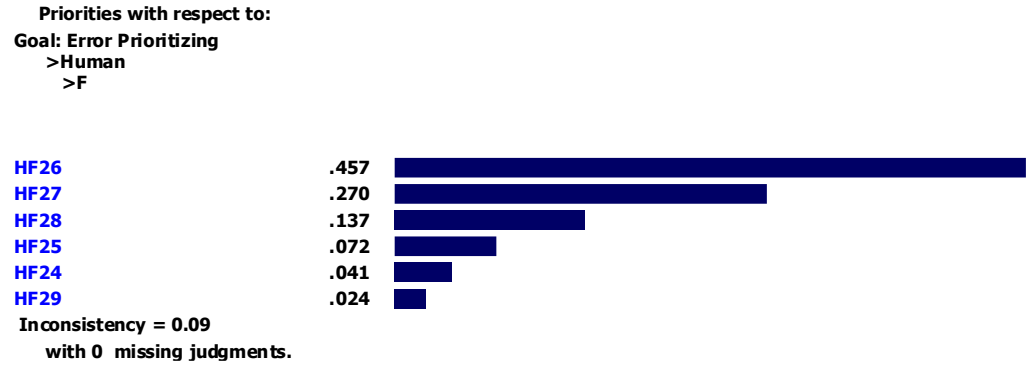
در بین خطاهای انسانی از نوع $E$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۲۱ یعنی ضربه‌دار بودن سیگار ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۰ مشخص است.

**شکل ۱۰- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $E$**

### ۴-۸- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از عدم اصلاح ماشین ($F$)

در بین خطاهای انسانی از نوع $F$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۲۶ یعنی سیگار فیلتر جدا ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۱ مشخص است.

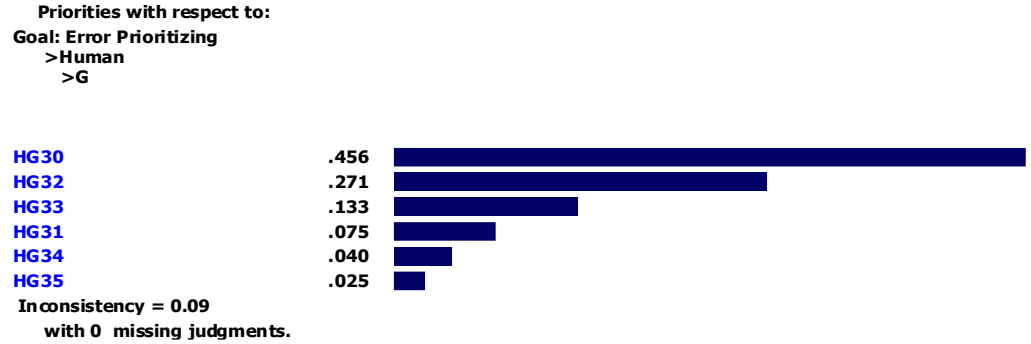
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir




**شکل ۱۱- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $F$**

### ۴-۹- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از عدم نظافت ماشین ($G$)

در بین خطاهای انسانی از نوع $G$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۳۰ یعنی خوب به هم نچسبیدن سلفون دور پاکت ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۲ مشخص است.




**شکل ۱۲- اولویت‌بندی خطاهای انسانی نوع $G$**

### ۴-۱۰- وزن‌دهی و اولویت‌بندی انواع خطاهای تکنولوژی

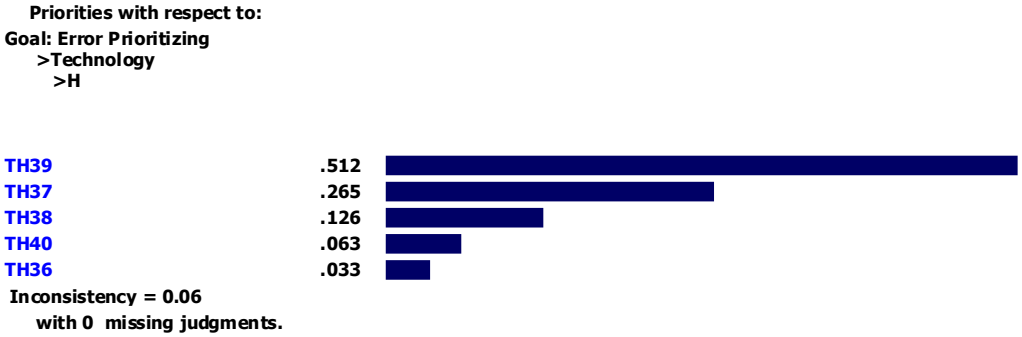
حال نوبت به بررسی خطاهای تکنولوژی می‌رسد، در بین این نوع خطاها مشخص گردید که خطای نوع $J$ که سایر خطاهای تکنولوژی می‌باشد و مختص شرکت دخانیات است، ارجح‌ترین خطاها می‌باشند. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۳ مشخص است.

**شکل۱۳- اولویت‌بندی انواع خطاهای تکنولوژی**

### ۴-۱۱- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از خوب چفت نشدن فیکسچر($H$)

در بین خطاهای تکنولوژی از نوع $H$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۳۹یعنی سرخالی بودن سیگار ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۴ مشخص است.

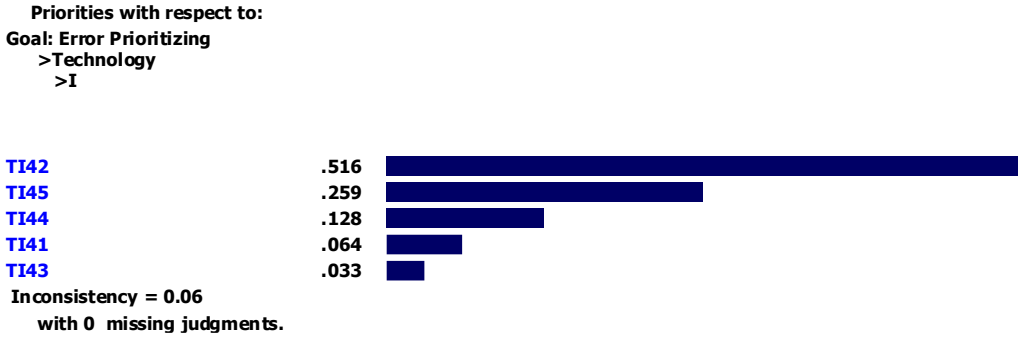
ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir




**شکل ۱۴- اولویت‌بندی خطاهای تکنولوژی نوع $H$**

### ۴-۱۲- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از فرسایش تجهیزات و نامناسب بودن آن‌ها($I$)

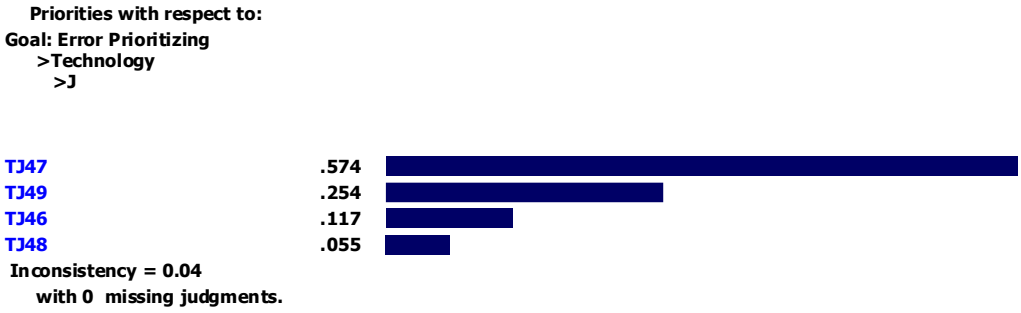
در بین خطاهای تکنولوژی از نوع $I$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۴۲یعنی خط افتادن بر روی پاکت ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۵ مشخص است.




**شکل ۱۵- اولویت‌بندی خطاهای تکنولوژی نوع $I$**

### ۴-۱۳- وزن‌دهی و اولویت‌بندی سایر خطاهای تکنولوژی ($J$)

در بین خطاهای تکنولوژی از نوع $J$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۴۷یعنی بیش‌ازحد بودن چسب اتیکت ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۶ مشخص است.




**شکل ۱۶- اولویت‌بندی خطاهای تکنولوژی نوع $J$**

### ۴-۱۴- وزن‌دهی و اولویت‌بندی انواع خطاهای فرآیندی

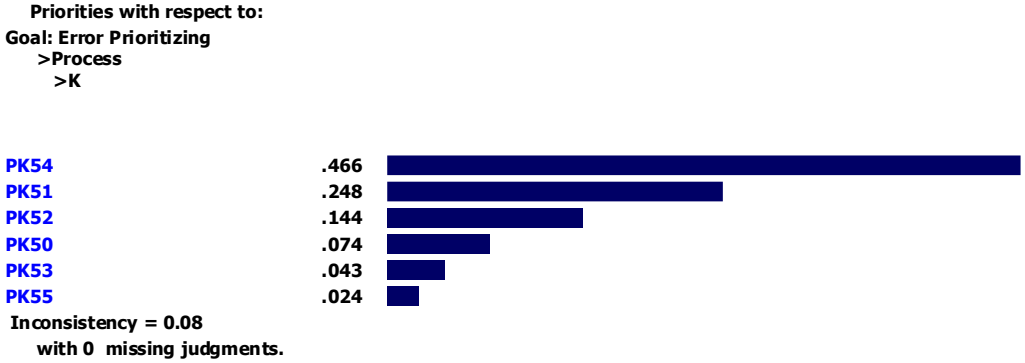
در نتایج مربوط به بررسی انواع خطاهای فرآیندی نیز مشخص ساخت که خطای نوع $K$ یعنی نامناسب بودن مواد در اولویت می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۷ مشخص است.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

**شکل ۱۷- اولویت‌بندی انواع خطاهای فرآیندی**

### ۴-۱۵- وزن‌دهی و اولویت‌بندی خطاهای ناشی از نامناسب بودن مواد ($K$)

در بین خطاهای تکنولوژی از نوع $K$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۵۴ یعنی خوب پیچیده نشدن باندرول به دور پاکت ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۸ مشخص است.




**شکل ۱۸- اولویت‌بندی خطاهای فرآیندی نوع $K$**

### ۴-۱۶- وزن‌دهی و اولویت‌بندی سایر خطاهای فرآیندی ($L$)

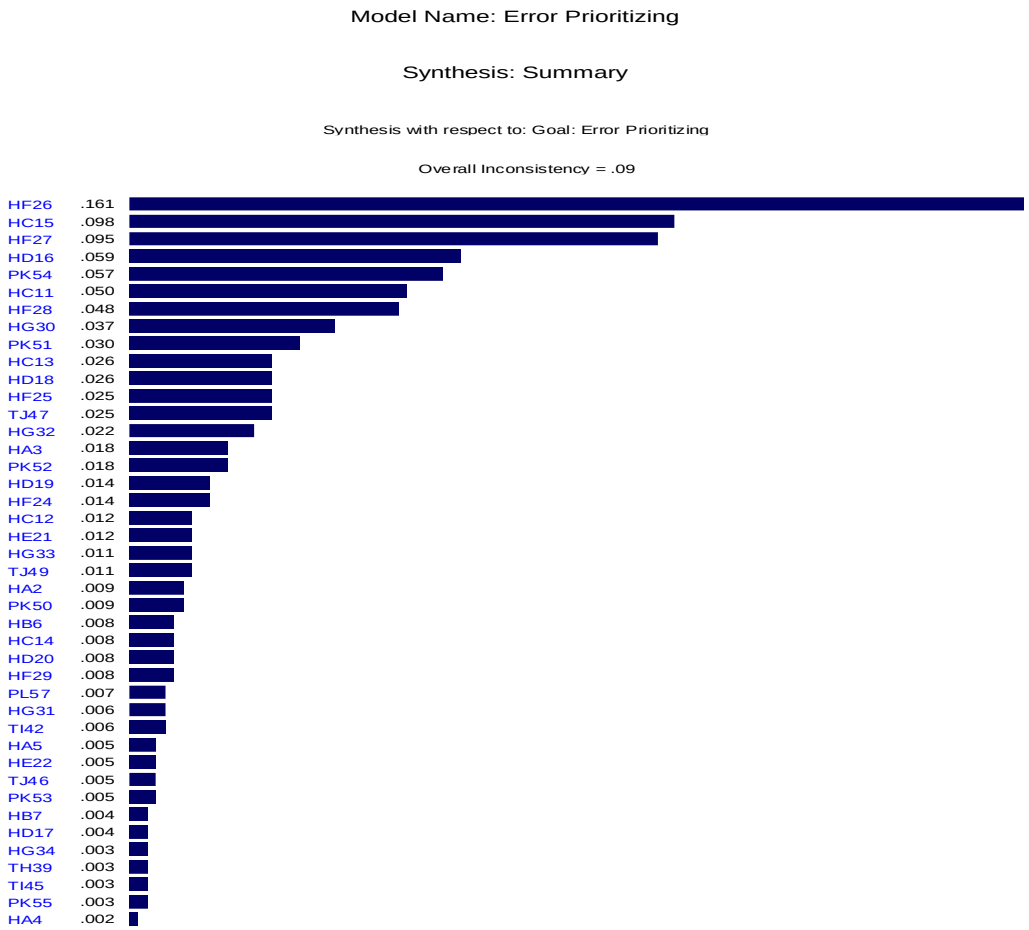
در بین خطاهای تکنولوژی از نوع $L$ نیز مشخص شد که خطای شماره‌ی ۵۷ یعنی خراب بودن کارتن اعم از پارگی، کثیفی و غیره ارجح‌ترین خطا در این نوع می‌باشد. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۱۹ مشخص است.

**شکل ۱۹- اولویت‌بندی خطاهای فرآیندی نوع $L$**

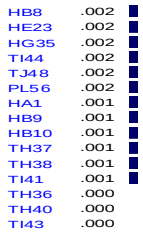
### ۴-۱۷- اولویت‌بندی کلی تمامی خطاهای بررسی‌شده

درنهایت برای اشراف بر موضوع، بررسی کلی خطاهای کشف‌شده به اولویت‌بندی تمامی خطاهای غربالگری شده توسط مقایسات زوجی صورت‌گرفته پرداختیم. ارجح‌ترین خطا $HF26$ که مشخصه‌ی خطای انسانی فیلتر جدا است. اولویت‌بندی، وزن و ناسازگاری مقایسات زوجی نیز در شکل ۲۰ مشخص است.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir




**شکل ۲۰- اولویت‌بندی کلی خطاها**




**ادامه‌ی شکل ۲۰- اولویت‌بندی کلی خطاها**

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

## نتیجه‌گیری

همان‌طور که در نتایج حاصل از روش $AHP$ مشخص است، حادترین خطاها و ارجح‌ترین آن‌ها برای رسیدگی خطاهای انسانی می‌باشند. بررسی‌های صورت گرفته به‌وضوح نشان می‌دهد که نقش عامل انسانی در به وجود آوردن اکثر خطاهای خط تولید بسیار پررنگ می‌باشد. لذا بررسی و رسیدگی به خطاهای انسانی نسبت به سایر خطاها در اولویت می‌باشد. در شکل ۴ می‌توان این خطاها را با در نظر گرفتن نوع آن و هم‌چنین بررسی کلی خطاها در شکل ۲۰ به‌آسانی تشخیص داد.

ازآنجایی‌که یافته‌های مربوط به این دو روش با همدیگر هم‌خوانی و تطابق دارند، لذا با اطمینان می‌توان به این مهم اشاره نمود که با تمرکز بر عامل انسانی در وهله‌ی اول می‌توان منفعت چشمگیری چه از منظر کیفیتی و چه از منظر اقتصادی برای شرکت حاصل ساخت. بهره‌گیری از مفاهیم پوکایوکه و به کار بستن پیشنهادهای صورت گرفته توسط تیم خبره‌ی همراه در این پژوهش رهنمودی بس پرفایده در این راستا می‌باشد.

برای روشن شدن بیشتر این ادعا با انجام چند محاسبه‌ی ساده، نظر هر خواننده‌ای به این موضوع جلب خواهد شد. در حال حاضر خطوط تولید موردبررسی با دور متوسط ۳۰۰ پاکت در دقیقه در حال تولید می‌باشند. به عبارتی در طول ۸ ساعت کاری ۱۴۴۰۰۰پاکت تولید می‌کنند. یعنی در هر شیفت کاری چیزی حدود ۲۸۸ کارتن پنجاه‌تایی از باکس‌های ۱۰ پاکتی. قیمت فروش هر پاکت سیگار به‌طور متوسط ۴۰۰۰تومان در بازار فعلی می‌باشد که قیمت هر کارتن سیگار با احتساب ۵۰۰ پاکت در آن می‌شود ۲ میلیون تومان. هر پالت شامل ۲۰ کارتن می‌باشد و با این اوصاف قیمت هر پالت که در عرض ۳۳ دقیقه تولید می‌شود، برابر است با۴۰ میلیون تومان.

حال اگر ما با حذف خطاها و ریشه‌ی آن‌ها به ترتیب اولویت بپردازیم، می‌توانیم منفعت هنگفتی را نصیب شرکت سازیم. در این میان با پررنگ بودن نقش عامل انسانی می‌توان از آن به‌عنوان شاه‌کلید این داستان یاد کرد. در تحقیق حاضر خطای شماره‌ی ۲۷ که کج خوردن باندرول می‌باشد دارای بالاترین اولویت در میان خطاهای انسانی است. با تشخیص کج بودن باندورل توسط اپراتور و یا کارشناس کنترل کیفیت، باید تمام پاکت‌های تولیدشده در خطا را ضایعات اعلام کرد، پاکت‌های ضایعاتی را از خط تولید خارج کرد و پس از انجام نظافت و تنظیمات مربوطه دوباره به تولید پرداخت. این فرآیند شاید چیزی حدود ۱۰ دقیقه از وقت اپراتور را بگیرد که برابری می‌کند با تولید ۳۰۰۰ پاکت و یا ۶ کارتن و این یعنی در طی این ۱۰ دقیقه حدود ۱۲ میلیون تومان از دست رفته است. این عدد صرف‌نظر از مقدار تولیدی است که فرآیند ساخت و بسته‌بندی را پشت سر گذاشته است و در درازمدت می‌تواند صدمات جدی و جبران‌ناپذیری را به وجه‌ی شرکت در میان مشتری در بازار پرتلاطم رقابت کنونی و انبوه سیگارهای قاچاق و وارداتی وارد نماید.

همچنین جهت ارتقای سطح اتکا به این نتایج، می‌توان پژوهش مذکور را با ترکیب روش $FMEA$ و به همراه کردن مفاهیم پوکایوکه تا رسیدن به خطای صفر و نیل به اهداف آرمانی سازمان انجام داد. لازم به ذکر است که مطالب مذکور در غالب مدلی فراگیر برای اجرا در سازمان‌های گوناگون قابل استفاده است.

ISSN: 2588-2791
http://www.miej.ir

## منابع و مراجع

[۱] انوری، م. ۱۳۹۲، گزارش علمی مروری بر مفهوم تشکیل و فعالیت حلقه‌های کیفی در دنیا ، کارگروه تخصصی سرمایه انسانی و مدیریت کانون تفکر جوانان صنعت نفت، اهواز.

[۲] برازجانی، ع؛ رنجبر، ع؛ قادری، ع. ۱۳۹۵، "ارزیابی و مدیریت ریسک اسکله نفتی منطقه بوشهر با استفاده از روش FMEA"، دومین کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در شیمی و مهندسی شیمی، ۱۶ اردیبهشت ۱۳۹۵، تهران.احمدی، م.ح.، حقیقت، ح. و سوری، ا.، "اندازه گیری آلاینده های نیروگاه ری و مقایسه با استانداردهای موجود"، مجله فنی مهندسی مدرس، سال چهارم، شماره ۲، زمستان ۱۳۸۰.

[۳] جعفری، علی. ۱۳۹۱، "شناسایی و تجزیه‌وتحلیل خطاهای انسانی و فرآیندی به روش FMEA در محل‌های تخلیه و بارگیری اسکله‌های بندر شهید بهشتی و شهید کلانتری"، دومین همایش ملی سلامت، محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۱۵ و ۱۶ آذر ۱۳۹۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.

[۴] آذر، عادل؛ رجب‌زاده، علی. ۱۳۸۹، "تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM"، چاپ چهارم، تهران: نگاه دانش.

[۵] معینی، مهدی. ۱۳۹۱، "بررسی عوامل مؤثر بر کاهش ضایعات خط تولید به کمک ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره(بررسی موردی: خط ریخته‌گری کارخانه ایران خودروی ابهر)"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

[6] Acula, D., Galingan, R., Kurata, YJ., Palines, A., Viterbo, J., 2015. Human error reduction for efficiency improvement in the butchery area of a chicken processing company. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015. Procedia Manufacturing 3 ( 2015 ) 346 – 353. Williams, A., "*Experimental investigation of premixed combustion within highly porous media*", Proceeding of the ASME/JSME Thermal Engineering Joint Conference, pp. 752-758, 1992.

[7] Antonelli, D., Astanin, S., 2015. Enhancing the Quality of Manual Spot Welding through Augmented Reality Assisted Guidance. *9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '14.* Procedia CIRP 33 ( 2015 ) 556 – 561.

[8] Guo, J., Yang, H., 2015. A fault detection method for heat loss in a tyre vulcanization workshop using a dynamic energy consumption model and predictive baselines. *Applied Thermal Engineering.* 1 August 2015.

[9] Fernando, H., Surgenor, B., 2015. An unsupervised artificial neural network versus a rule-based approach for fault detection and identification in an automated assembly machine. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 27 November 2015.

[10] Gao, T., Ran, Y., Wang, Y., Zhang, G., 2015. Composite error prediction of multistage machining processes based on error transfer mechanism. Int J Adv Manuf Technol. 30 August 2014, 76:271–280.

[11] Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., Suksabaia, P., 2015. Improving the productivity of sheet metal stamping subassembly area using the application of lean manufacturing principles. 2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference. Procedia Manufacturing 2 (2015) 102 – 107.

[۱۲]استادی، بختیار؛ اقدسی، محمد؛ تدین، سحر؛ رضایی، کامران. ۱۳۸۸، "عوامل کلیدی موفقیت در پیاده‌سازی مدیریت فرآیند و ارائه چهارچوبی برای ارزیابی آمادگی سازمان"، نشریه مدیریت صنعتی، دوره ۱، شماره ۳، پاییز و زمستان ۱۳۸۸، از صفحه ۳۷ تا ۵۲.

[۱۳]محمدی، پرستو؛ میرزایی، نیما. ۱۳۹۲، "تعیین راهبرد انتقال فناوری اتیلن با استفاده از روش AHP"، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره۲، جلد ۲۴، تابستان ۱۳۹۲، صفحه ۲۵۵- ۲۳۸.