بررسی عوامل موثر بر کاهش ضایعات خط تولید به کمک ترکیبی از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره

(بررسی موردی: خط ریخته‌گری کارخانه ایران خودروی ابهر)

دکتر حسن مهرمنش[1]
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/٤/۲۰
مهدی معینی[2]
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/٦/۱٦

چکیده

بروزضایعات باعث کاهش اثر بخشی سیستم می‌شود. این ضایعات می‌تواند همراه با خرابی‌های اضطراری، کاهش زمانکار مفید ناشی از آماده‌سازی و تنظیم تجهیزات وکاهش زمانکار مفید ناشی از کار بدون تولید و توقف‌های در ضمن کار باشد. به منظور کاهش اثرات ضایعات مزبور در اثر بخشی باید به نحوهٔ مقابله با معضلات مزبور توجه زیاد کرد.

در این راستا در تحقیق پیشرو با توجه به اهمیت صنعت خودرو در کشور و وجود ضایعات بالا در آن سعی در شناسایی عوامل موثر بر کاهش ضایعات تولید در کارخانه‌های ایران‌خودر و ابهر گردید. در این تحقیق با استفاده از روش Dematel سعی در شناسایی شاخصها و دسته‌بندی آنها و تعیین روابط علی ومعلولی بین آنها گردید. پس از آن با کمک روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی نسبت به تعیین وزن هر یک از عوامل موجود در ساختار سلسله مراتبی مشخص شده گردید. نهایتا وزن شش عامل که در مجموع ۲۲ شاخص را شامل می‌شوند در کاهش ضایعات کارخانه ایرانخودر و ابهر محاسبه گردید.

واژگان کلیدی:

ضایعات، کارخانه ایران خودروی ابهر، DEMATEL، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تئوری مجموعه‌های فازی.

۱-مقدمه

احداث و توسعه صنایع در جهت توسعه اقتصادی ، اجتماعی کشور اهدافی مانند افزایش تولید داخلی، اشتغال‌زایی و در نتیجه افزایش کیفیت زندگی را دنبال می‌کند . باید توجه داشت هر نوع فعالیت تولیدی نمی‌تواند فاقد آلودگی باشد و تولید مواد زاید در صنایع پدیدهای گریز ناپذیر است .در این راستا توسعه پایدار تنها در صورتی تحقق خواهد یافت که به شیوه‌هایی در تولید فراورده‌های صنعتی رویآوریم که میزان ضایعات و اتلاف ناشی از آنها کمتر از فرآیندهای صنعتی متعارف باشد، همچنین با اصلاح شیوه راهبرد سیستم تولید می‌توان میزان ضایعات را

---

۱. دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران مرکزی.h_mehrmanesh@yahoo.com

۲. کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی و مسئول مکاتبات.mehdi۲۰۰٦moeini@gmail.com

کاهش داد . کاهش میزان ضایعات تولیدی به نوبه خود به معنای کاستن از هزینه‌های تولید می‌باشد، زیرا سبب پیشگیری از اتلاف بیهوده مواد اولیه می‌گردد.

یکی از مسائل حائز اهمیت در بسیاری از صنایع، چگونگی کاهش ضایعات در مراحل مختلف فرآیند طراحی، تولید، نگهداری، حمل و عرضهء محصولات می‌باشد امروزه در هر بنگاه اقتصادی پیشرو، سعی و تلاش مدیران این است که از منابع موجود اعم از مادی و انسانی به طور بهینه‌ای استفاده شود، به گونه‌ای که این فرآیند کمترین دورریز و ضایعات را داشته باشد. به طرق مختلفی ضایعات را تعریف کرده اند که ماهیت تعاریف همواره یک شعاع موضوعی را می رساند؛ ضایعات عبارتست از : آن مقدار اولیه که در طی مراحل مختلف ساخت، به کالای قابل مصرف تبدیل نشده و برای مصرف احتمالی مجدد نیاز به عملیات خاصی داشته ، یا اینکه از دور خارج شود(صابری،۱۳۸۷)

به‌طور کلی ضایعات در فرایندهای تولید به‌دلیل ضعف تکنولوژی و مدیریت تولید و انبار و فروش و نبودن تجهیزات متناسب و کیفیت کاری کارکنانبه وجود می‌آید.

در مراحل مختلف مدیریت ضایعات، توجه به اولین مرحله مدیریت زائدات یعنی مرحله تولید از اهمیت بالایی برخوردار است و تولید کمتر زائدات درواقع،بهترین و سالمترین روش کنترلی است که امروزه در سطح جهانی بویژه در کشورهای توسعه یافته، در طرحهای جامع مدیریت ضایعات ، بیش بینی شده و برنامه‌های کاملی برای تولید زباله کمتر طراحی و به اجرا گذاشته شده است

کاهش‌ضایعات یکی از هدف‌های مهم مدیریت در واحدهای مختلف تولیدی، صنعتی، خدماتی و... است . به طور کلی مسألهٔ مهم در این سیستمهای مدیریتی، پیگیری و جستجوی راه‌حلهایی جهت کاهش ضایعات می‌باشد.

تحلیل کمی ضایعات همواره یکی از مهمترین منابع اطلاعاتی برای سنجش کارآیی سازمانها به شمار می‌رفته است و نیز به عنوان محکی برای جهت‌گیری‌های اصلی بنگاههای صنعتی بشمار آمده است . با این وجود، آنچه اهمیت تحلیل ضایعات را در فضای صنعتی امروز مضاعف می‌سازد فشار رقابتی شدید و همچنین الزامات بین المللی در امور استانداردهای کیفیتی و زیست محیطی است.

نقش صنعت خودرو به عنوان صنعتی با گردش مالی زیاد و زنجیره تامین وسیع و با ایجاد نرخ اشتغال بالا در صنعت کشور بر کسی پوشیده نیست. یکی از مواردی که به افزایش توان رقابتی خودروسازان داخلی در برابر رقبای قدرتمند خارجی آنها کمک شایانی خواهد کرد کاهش هزینه‌های ضایعات تولید. است.

شرکت ریخته گری آلومینیوم ایرانخودر وIKACO با مأموریت تأمین قطعات ریخته گری آلومینیومی برای شرکت ایران خودر و درنزدیکی شهر ابهر و در ۲۳۰ کیلومتری غرب تهران واقع شده است. این کارخانه دارای ۷۰۹ نفر پرسنل است که در ۳ شیفت مشغول به کار می‌باشند. تولید سالانه این شرکت ۱۵۰۰۰ تن قطعات ریخته گری آلومینیوم موتور و قوای محرکه مورد مصرف انواع محصولات سواری ایرانخودرو است. این شرکت هدف کاهش

ضایعات داخلی و خارجی با نگرش دستیابی به ضایعات صفر را سرلوحه‌ی کار خود قرار داده ااست، در حالی که به گفته کارشناسان و برخی گزارشهای داخلی شرکت از نظر تولید ضایعات در وضعیت چندان مناسبی قرار ندارد.

۲- مبانی نظری تحقیق

۲-۱ بیان اهداف تحقیق

با توجه به آنچه گفته شد می‌توان اهداف این تحقیق را به شرح زیر اعلام کرد

اهداف اصلی:

۱:شناسایی عوامل موثر بر کاهش ضایعات تولید در خط ریخته گری کارخانه ایران خودرو

۲: مشخص کردن میزان اهمیت هر یک ازعوامل موثر بر کاهش ضایعات تولید در خط ریخته گری کارخانه ایران خودرو

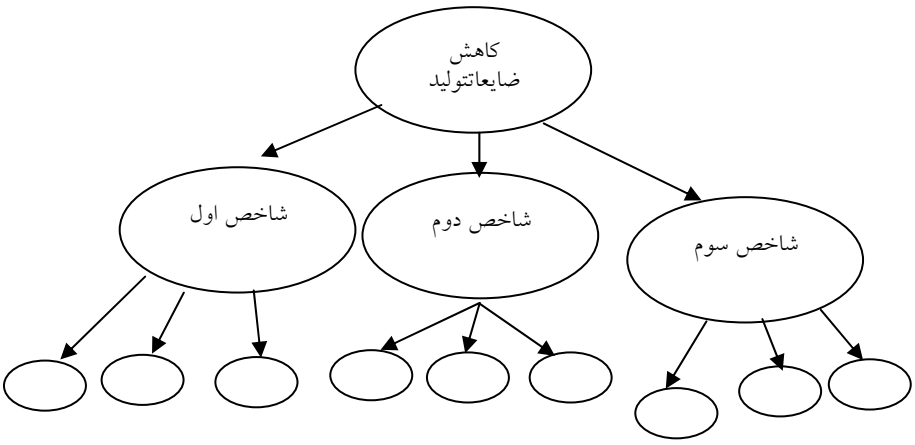
همچنین، به عنوان یک هدف فرعی در این پژوهش سعی خواهد شد با شناسایی دقیق علل موثر بر ایجاد ضایعات، ونیز میزان اهمیت هر یک از این عوامل پیشنهادهایی برای کاهش دورریز قطعات، ارائه واز این طریق، خط تولید متوازن شود.

همچنین چارچوب و طرح نظری تحقیق می‌تواند مورد توجه و استفاده سایر پژوهشگران در بررسی‌های مربوط به ضایعات در سایر شرکتهای تولیدی قرار گیرد.

۲-۲ بیان مسئله و اهمیت آن

اساس این تحقیق درگام اول یافتن مهمترین عوامل موثر بر کاهش ضایعات تولید از ادبیات موضوع و نیز با استفاده از بررسی‌های میدانی است سپس رتبه بندی آنها با استفاده از یکی از مدلهای تصمیم گیری چند معیاره یعنی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سپس بررسی روابط درونی بین این عوامل به کمک روش DEMATEL است.

لذا به شکل مفهومی‌مدل این تحقیق که روابط بین متغیرها رانشان می‌دهد دارای ساختاری سلسله مراتبی مشابه شکل ۱ است. البته شاخصها و زیر شاخص‌ها پس از از انجام تحقیق مشخص خواهند شد و در اینجا فقط شمای مدل نشان داده شده است.



شکل۱ :مدل ساختار سلسله مراتبی تحقیق

۳- روش تحقیق

از آنجا که این تحقیق در یک سازمان واقعی و عینی صورت گرفته است و از نتایج آن می‌توان به طور عملی استفاده کرد، یک تحقیق کاربردی می‌باشد. با توجه به اینکه این پژوهش درصدد بررسی عوامل موثر بر کاهش ضایعات در شرکت ریخته گری ایران خودرو می‌باشد بنابراین یک تحقیق توصیفی-پیمایشی است.

٤ فرضیه‌های پژوهش

از آنجا که هدف این پژوهش شناسایی عوامل موثر بر کاهش ضایعات در کارخانه ایران خودرو می‌باشد در این راستا می‌توان سوالات زیر را برای این پژوهش مد نظر قرار داد:

۱: عوامل موثر بر کاهش میزان ضایعات در کارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودرو کدامند؟

۲: میزان اهمیت هر یک از این عوامل چقدر است؟

همچنین با توجه به تحقیقات پیشین و ادبیات تحقیق موجود می‌توان فرضیات زیر را مطرح نمود؟

۱:آموزش نیروی انسانی در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودرو موثر است.

۲: تعداد پرسنل شاغل در خط تولید در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودرو موثر است.

۳:رعایت مسایل مربوط به تعمیر و نگهداری مناسب دستگاههای تولیدی در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودرو موثر است

٤:بهینه سازی مواد اولیه مصرفی از طریق خالص سازی و جایگزینی مواد اولیه در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودرو موثر است.

۵:بهینه سازی فنآوری به کار رفته در واحد تولیدی و نوع ماشین آلات در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودرو موثر است

۵ جامعه آماری و روش نمونه گیری

جامعه آماری این پژوهش را کلیه کارکنان و مدیران و کارشناسان تولید شرکت ریخته گری ایران خودرو تشکیل می‌دهدو در بحث تصمیم گیری در خصوص انتخاب و شناسایی شاخص‌های مساله تصمیم گیری، علاوه بر موارد ذکر شده از نظرات اساتید و صاحب نظران خارج از کارخانه نیز استفاده خواهد شد.

در این پژوهش به دلیل اینکه از قضاوت‌های گروهی از خبرگان استفاده شده است به روش خاصی برای نمونه گیری احتیاج نیست،زیرا از نظرات کلیه کسانی که صاحب نظر و یا درگیر موضوع بوده اند استفاده شده است.

٦ روش گردآوری داده‌ها

در این تحقیق ابزار جمع آوری دادها شامل سه پرسشنامه می‌باشد که یکی باز و دو تا به صورت بسته طراحی شده است. در پرسشنامه اول که پرسشنامه ای باز و منعطف است و در اکثر موارد به همراه مصاحبه حضوری تکمیل می گردد به شناسایی شاخص‌ها پرداخته می شود. پرسشنامه شماره ۲ به منظور سنجش روابط علی ومعلولی و بر مبنای DEMATEL شکل گرفته است. مبنای پاسخ دهی به سوالات این پرسشنامه از اعداد ۱تا ۹ برای نشان دادن میزان اهمیت نسبی عوامل نسبت به هم استفاده می‌شود.

پرسشنامه شماره ۳ بر اساس مفهوم تکنیک AHP فازی طراحی شده است و با انجام مقایسات زوجی ضمن در نظر گرفتن تعامل تعیین شده در روش DEMATEL میزان اهمیت شاخص‌ها را نسبت به یکدیگر می‌سنجد.

مبنای پاسخ دهی به این پرسشنامه عبارات کلامی‌و اعداد فازی مندرج در جدول (۱) می‌باشد. تصمیم گیرندگان می‌بایست مطابق با جدول(۱) بین هر دو عنصر ارزش ترجیحی بین اعداد ۲ تا ۹را ثبت می‌کردند.

جدول۱ : عبارت کلامی و اعداد فازی جهت مقایسه ترجیحات معیارها(Semih et al., ۲۰۰۹)

متغیر زبانی	اعداد فازی	عدد فازی مثلثی
اهمیت یکسان		(۳و۱و۱)
کمی مهمتر		(۵و۳و۱)
مهمتر		(۷و۵و۳)
خیلی مهمتر		(۹و۷و۵)
کاملا مهمتر		(۹و۷و۷)
ارزش‌های ترجیحی بین ارزش‌های فوق	۲, ٤,٦, ٨	(۱و۲و٤) و (۲و٤و٦)و(٤و٦و٨) (٦و٨و٩)

چنانچه از جدول (۱) مشخص است تمام اعداد فازی مثلثی به کار رفته در این پژوهش به جز اعداد ابتدایی و انتهایی، اعدادی متقارن می‌باشند.

همچنین به منظور جمع آوری مشخصات جمعیت شناختی از پاسخ دهندگان خواسته می‌شود در ابتدای پرسشنامه اطلاعاتی نظیر سن، جنسیت و میزان تحصیلات خود را مشخص نمایند.

۷- روایی و پایایی پرسشنامه‌ها

در این پژوهش به منظور تعیین روایی پرسشنامه‌های تحقیق نظرات چند تن از اساتید این حوزه در این زمینه خواسته شد و آنها پس از مطالعه پرسشنامه‌ها نقطه نظراتشان را اعلام نمودند و پرسشنامه‌ها بر اساس نظرات آنان دوباره تصحیح گردید.

پایایی در این روش همانند تمامی روش‌های مبتنی بر مقایسات زوجی با محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی محاسبه می‌شود. ضریب آلفای کرونباخ به دست آمده برای پرسشنامه ۳ تحقیق ۸۵٪ به دست آمد. این مقدار پایایی، مقداری مناسب است که بیانگر پایایی قابل قبول ابزار گردآوری داده‌ها می‌باشد.

۸ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

۸-۱ فرآیند تحقیق

به منظور انجام این پژوهش مراحل متعددی مطابق نمودار(۱)زیر صورت گرفته است.که در قسمت‌های بعدی همین فصل به تفصیل در مورد آنها توضیح داده خواهد شد.

نمودار (۱): نمودار فرآیند تحقیق

شناسایی شاخص‌ها و رسم نمودار سلسله مراتبی مساله

الف:تهیه فهرست اولیه شاخص‌ها

پس از انجام مطالعات اولیه توسط محقق، وی اقدام به مصاحبه‌های پراکنده متعدد با دست اندرکاران تولید و سپس با استفاده از دانش حاصل از مطالعات در ادبیات تحقیق مندرج در فصل دوم مجموعه شاخص‌ها ی مرتبط با هدف، گرد آوری گردید.

ب:جمع آوری نظرات گروه تصمیم گیرنده در مورد فهرست اولیه

طی بررسی‌های به عمل آمده تعدادی از این شاخص‌ها که در فهرست اولیه وجود داشتند، به دلیل همراستا بودن، قابلیت قرارگیری در یک مفهوم جدید که تمامی شاخص‌های متعلق به آن گروه را پوشش دهد، دارا بودند. در نتیجه پرسشنامه اول (در راستای شناسایی شاخص‌های تاثیر گذار بر کاهش ضایعات تولید کارخانه ریخته گری ، ۳۰ نفر از افراد جامعه متشکل از(مدیران و کارشناسان و اساتید)توزیع گردید. در نامه همراه از گروه قضاوت خواسته شد تا:

در مورد هر معیار اظهار نظر کنند که آیا از دید آنها، اصولا معیار مورد بحث، جزءشاخص‌های مؤثر در کاهش ضایعات محسوب می‌شود یا خیر؟

چنانچه معیاری را مؤثر می‌دانند، مشخص نمایند که چه امتیازی از میان امتیازات(۱-۳-۵-۷-۹) برای اهمیت آن قائلند؟

۳- چنانچه به غیر از معیارهای عنوان شده در پرسشنامه، معیار دیگری را مؤثر می‌دانند، جهت اصلاح پرسشنامه در مرحله بعد آن را عنوان کنند.

در نامه همراه هدف از گردآوری داده‌ها به وسیلهٔ پرسشنامه و ضرورت همکاری پاسخ دهنده در عرضهٔ داده‌های مورد نیاز، بیان شده است. برای این منظور بر با ارزش بودن داده‌های حاصل از پرسش نامه تأکید گردیده تا پاسخ دهنده به طور مناسب پاسخ سوال‌ها را عرضه کند.

ج: تهیه فهرست نهایی شاخص‌ها

پس از جمع آوری پرسشنامه اولیه و پس از محاسبه مجموع ارزش‌های عددی اهمیت هر کدام از معیارها و پس از اعمال پیشنهادات و اصلاح شاخص‌ها، مجددا نتایج برای گروه ۳۰ نفره ارسال گردید.

د:آزمون دو جمله ای

پس از جمع آوری پرسشنامه اصلاح شده اولیه در راستای اثبات فرضیات و تاثیرگذاری شاخص‌های پیشنهادی در پرسشنامه نهایی، آزمون دو جمله ای که یکی از انواع آزمون‌های ناپارامتریک می‌باشد انجام گردید.

هـ: جانمایی شاخصها در ساختار سلسله مراتبی بر اساس روش DEMATEL:

پس از نهایی شدن شاخص‌های مؤثر ضمن بررسی ادبیات موضوع و با اظهار نظر خبرگان شاخصها در ساختار سلسله مراتبی جا نمایی شدند

۳-۷-۲.گردآوری داده‌ها

الف: انجام مقایسات زوجی

در این مرحله ابتدا اقدام به طراحی پرسشنامه شماره ۲ و شماره ۳ برای جامعه آماری هر قسمت فرستاده شد. در هر بخش از جداول مقایسات زوجی پرسشنامه شماره ۳، تعداد پرسش‌های موجود طبق قاعده متناسب با تعداد عناصری که قرار است با هم مقایسه شوند در نظر گرفته شد یعنی چنانچه تعداد عناصر مورد مقایسه nفرض شود تعداد $\frac{n(n-1)}{2}$ مقایسه در جدول گنجانیده خواهد شد. در این پژوهش از گروه تصمیم گیرنده خواسته شد تا از اعداد فازی مثلثی مطابق با توضیحات فصل دوم استفاده کنند.

ب: تکمیل ماتریس‌های مقایسات زوجی

انجام تحقیق به روش AHPفازی مستلزم طی مسیرخاصی از پردازش داده‌هاست که در اینجا به مرور این مسیرها می پردازیم. چنانچه از جدول(۱) پیداست هر یک از اعضای گروه خبره برای مقایسه بین دو شاخص یا گزینه یک مورد از موارد ترجیحی فوق را مشخص خواهد کرد. با توجه به پاسخ‌های گروه تصمیم گیرنده نسبت به تکمیل ماتریس‌های مقایسات زوجی اقدام می‌شود.

همچنین در تمام ماتریس‌های فوق الذکر توجه به این نکته ضروری است که تمام درایه‌های واقع در قطر اصلی ماتریس‌های مقایساتی حاصله برابر (۱و۱و۱) خواهد بود..

با تکمیل ماتریس مقایسات زوجی که از جداول فوق الذکر استخراج می‌گردد مرحله جمع آوری داده‌ها نیز پایان می‌پذیرد.

ج: ادغام ماتریس‌های مقایسات زوجی

برای مهیا کردن زمینه تصمیم گیری گروهی ماتریس‌های مقایسات زوجی، برای اعداد فازی باکلی رابطه (۳-۲) را پیشنهاد نموده است:

$$\tilde{r}i = (\tilde{a}i \otimes \tilde{a}i \otimes ... \otimes \tilde{a}i_n)\overline{n}$$

(۲-۳)

که حالت خاص رابطه (۳-٤) حالتی است که اعداد قطعی را شامل می‌شود و مطابق رابطه (۳-۳) می‌باشد.

$$[\prod_K^N = a_{ij}^{(wk)}]^{\overline{N}} = \left[\prod_{k=1}^{N} a_{ij}^{(w_k)}\right]^{\frac{1}{N}} \qquad (۳-۳)$$

بطوری که:

$$\sum_{k=1}^{L} w_k \; N = \sum_K^L = w_k$$

در این رابطه w_k وزن هر تصمیم گیرنده است که معمولا عددی طبیعی انتخاب می‌شود.

برای انجام محاسبات فوق به قواعد جمع، تفریق ، ضرب و تقسیم اعداد فازی مثلثی احتیاج است. روابط (۳-٤) تا (۳-۷) به ارائه این روابط می‌پردازند: (مومنی،۱۳۸۷)

$$\tilde{A}1 \otimes \tilde{A}2 = (L1,M1,U1) \oplus (L2,M2,U2) = (L1+L2,M1+M2,U1+U2). \quad (٤-۳)$$

$$\tilde{A}1 \otimes \tilde{A}2 = (L1,M1,U1) \ominus (L2,M2,U2) = (L1-U2,M1-M2,U1-L2). \quad (۵-۳)$$

$$\tilde{A}1 \otimes \tilde{A}2 = (L1,M1,U1) \otimes (L2,M2,U2) = (L1L2,M1M2,U1U2) \quad (٦-۳)$$

$$\tilde{A}1 \otimes \tilde{A}2 = (L1, M1, U1) \emptyset (L2, M2, U2) = (L1/U2, M1/M2, U1/L2) \qquad (۷-۳)$$

که در این روابط برای هر عدد فازی مثلی خواهیم داشت:

Li>۰

البته این مرحله در واقع شروع مرحله محاسبات و تجزیه و تحلیل اطلاعات است اما چنانچه پس از محاسبه شاخص ناسازگاری، نرخ محاسبه شده بیش از ۰/۱ به دست آید دوباره می‌بایست نسبت به تکمیل پرسش نامه‌ها و انجام مقایسات زوجی اقدام نمود. لذا در گزارش نهایی این پژوهش، این مرحله به عنوان بخشی از مرحله گردآوری داده‌ها تلقی گردید. چگونگی محاسبه نرخ ناسازگاری برای ماتریس‌های مقایسات زوجی در بخش بعدی خواهد آمد.

۳-۷-۳. نرخ ناسازگاری

الف: تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی(defuzzification)

در این پژوهش به منظور دیفازی کردن اعداد فازی حاصل از ادغام ماتریس‌های مقایسات زوجی از روش مرکز ناحیه مطابق با رابطهء(۳-۱۰) استفاده شده است:

$$BNP_1 = ((UW_t - LW_t) + (MW_t - LW_t))/3 + LW_t$$

(۸-۳)

از آنجا که ماتریس مقایسات زوجی نسبت به قطر اصلی معکوس یکدیگر می‌باشند، ولی در خصوص اعداد فازی الزاما حاصل ضرب یک عدد فازی در معکوس آن برابر یک نیست ابتدا ناحیه بالا مثلثی دفازی شده و سپس معکوس هر درایه در درایه متناظر نسبت به قطر اصلی ماتریس قرار می‌گیرد . از رابطه دیفازی کردن در مساله تاپسیس فازی این تحقیق استفاده خواهد شد.

ب: نرمال سازی

در ماتریس‌های مقایسات زوجی حاصل از اعداد قطعی، نرمال سازی با استفاده از رابطه (۳-۱۱)انجام می‌شود:

(۹-۳)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=}^{m} a_{ij}}$$

که درآن، r_{ij} درایه نظیر a_{ij} در ماتریس نرمال شده است.

ج :محاسبه میانگین موزون

برای این منظور در ماتریس‌های مقایسات زوجی متشکل از اعداد قطعی، میانگین اعداد هر سطر ماتریس مقایسات زوجی نرمال شده محاسبه می‌شود. برای محاسبه میانگین موزون از رابطه (۳-۱۲) استفاده می‌شود:

$$w = \frac{\sum_{i=}^{m} r_{ij}}{n} \qquad (۱۰-۳)$$

د: محاسبه نرخ ناسازگاری

محاسبه نرخ ناسازگاری دقیقا همانند آنچه توسط ساعتی و برای روشAHP ارائه گردیده است، انجام می‌گیرد. برای محاسبه نرخ سازگاری از ماتریس حاصل از ادغام ماتریس‌های مقایسات زوجی قبل از نرمال کردن ماتریس فازی، اقدام به دیفازی کردن عناصر آن ماتریس کرده سپس مراحل زیر پی گرفته می‌شود:

گام اول:محاسبه بردار مجموع وزنی $(WSV)^{i}$:

ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی" وزنهای نسبی" ضرب می‌شود. بردار جدیدی که از این طریق به دست می‌آید بردار مجموع وزنی نامیده خواهد شد.

گام دوم:محاسبه بردار سازگاری $(CV)^{ii}$

عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار اولویت نسبی تقسیم می‌شود.

گام سوم: به دست آوردن $\lambda_{\max}$

میانگین عناصر بردار سازگاری محاسبه می‌شود.

گام چهارم: محاسبه شاخص ناسازگاری $(II)^{iii}$

شاخص ناسازگاری براساس رابطه((۳-۱۱) محاسبه می‌شود:

(۱۱-۳)

گام پنجم: محاسبه نرخ ناسازگاری $(IR)^{iv}$:

نسبت ناسازگاری مطابق با رابطه (۳-۱۲) از تقسیم شاخص ناسازگاری (II) بر شاخص ناسازگاری تصادفی[v] (IIR) مطابق با جدول (۳-۳) محاسبه می‌شود.(مومنی، ۱۳۸۷)

$$IR = \frac{II}{IRI} \qquad (۱۲-۳)$$

جدول ۲-۳: شاخص ناسارگار تصادفی

n	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
IRI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥	۱/٥۱

گفتنی است ساکر وهاکی این جدول را براساس شاخص ناسازگاری تصادفی جایگزین‌های رقیب تهیه کرده اند.(صامتی، ۱۳۸٦)

الگوریتمهای مورد استفاده در این تحقیق:

جهت توصیف داده‌های جمع آوری شده از انواع جداول و نمودارهای آمار توصیفی استفاده می‌گردد. هم چنین به منظور توصیف مشخصات فردی افراد مورد بررسی از قبیل سن، جنسیت، تحصیلات و ... از جداول و نمودارهای درصد فراوانی استفاده می‌گردد.

با استفاده از روش DEMATEL روابط علی و معلولی بین عوامل به دست می‌آید.

همچنین با استفاده از روش Fuzzy AHP درجه اهمیت هر یک از عوامل موثر بر کاهش بر ایجاد ضایعات به دست خواهد آمد. بنابر این در این قسمت به توضیح این دو روش پرداخته می‌شود.

۳-۸-۱.فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در سال ۱۹۸۳ دو محقق هلندی به نام‌های (لارهورنو و پدریک) [vi] روشی را برای فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی، بنا شده است. تعداد محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش موجب شده است که چندان مورد استفاده قرار نگیرد.

در سال ۱۹۹٦ روش دیگری به نام روش تحلیل توسعه ای (EA) [vii] توسط یک محقق چینی به نام چانگ [viii]، ارائه گردید. اعداد مورد استفاده در این روش اعداد فازی مثلثی هستند.در اینجا به توصیف مراحل روش EA اقدام می‌شود.

در روش EA برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی ارزش که خود یک عدد فازی مثلثی است به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kj} \times [\sum_{j=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} M_{ij}] \qquad (۱۳\text{-}۳)$$

که در آن k بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب نشان دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها می‌باشند.

در این روش پس از محاسبه S_k ها باید درجه بزرگی آنها را نسبت به هم به دست آورد. به طور کلی اگر و دو عدد فازی مثلثی باشند. درجه بزرگیبر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{max}(x) = \begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \mu_{\max}(x) = \{V(M_1 \geq M_2) = 1M \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) & V(M_1 \geq M_2) = \end{cases} \quad (۱٤\text{-}۳) \quad)$$

از طرفی با استدلال ریاضی اثبات می‌شود:

$$hgt(M_1 \cap M_2 = (u_1 - L_2)/[(u_1 - L_2) + (M_1 - M_2)]$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلتی از K عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, ...M_k) = V(M_1 \geq M_2, ...V(M_1 \geq M_k)$$

همچنین برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$k = 1,2,3,...,n \quad \text{و} \quad k \neq i \qquad (۱٥\text{-}۳)$$

$$W'(x_i) = \min\{v(S_i \geq S_k)\}$$

بنابراین بردار وزن شاخص‌ها به صورت زیر محاسبه خواهد شد که همان بردار ضرائب غیر بهنجار AHPفازی است

$$W' = W'(x_1), W'(x_2), \ldots \qquad (۱۶-۳)$$

با ب ما یا همان بردار غیر بهنجار فازی با استفاده از روابط نرمال سازی و نیز تبدیل اعداد فازی به قطعی بردار وزنی لازم جهت ایجاد سوپر ماتریس مهیا می‌شود.(مومنی، ۱۳۸۷)

۲-۸-۳: روش DEMATEL:

DEMATELبر اساس گرافهای جهت دار عمل می کند، می‌دانیم که گراف‌های جهت دار از گراف‌های بدون جهت، مفیدتر اندزیرا این گراف‌ها قادر به نمایش روابط جهت دار میان زیرسیستم‌ها هستند. بعلاوه، گراف‌های جهت دار مفاهیم پایه‌ای موجود در روابط بین عناصر را توصیف نموده و به طور عددی مقادیر تاثیر را نشان می دهند. نتیجه روشDEMATEL، تقسیم عوامل موجودبه دو گروه علت و معلول است. به منظور کاربرد آسان DEMATEL، این تحقیق وزن‌های استفاده شده توسط گابوس فونتلا (۱۹۷۶) را خلاصه نموده و در ۵ گام اصلی به صورت زیر ارائه می دهد:

گام ۱: تهیه ماتریس روابط مستقیم

در این قسمت از تحقیق، به منظور سنجش روابط میان فاکتورها به کمک نظر افراد خبره، نیازمند یک مقیاس مقایسه‌ای چهار سطحی هستیم. این چهار مقیاس که در توصیف میزان روابط فاکتورها بر هم به کار می‌رود به ترتیب عبارتند از:۰ (بی تاثیر)، ۱ (تاثیر کم)، ۲ (تاثیر بالا) و ۳ (تاثیر خیلی بالا). مرحله ی بعدی، دریافت نظر خبرگان در خصوص انجام مقایسات زوجی و ثبت نتایج است. حاصل این مرحله را با نماد Z و مولفه‌های آن را با نمایش می‌دهیم هر عضو Z بیانگر درجه تاثیری است که معیار iبرمعیار j دارد.

گام ۲: نرمال کردن ماتریس روابط مستقیم

از طریق فرمول‌های۱ و۲ ماتریس روابط مستقیم Z، را می‌توان به ماتریس نرمال روابط مستقیم تبدیل کرد(Hung et al , ۲۰۰۶).

$$\mathrm{X} = \mathrm{s}.\mathrm{Z},\ X = s, Z$$

$$sisn \sum_{j=1}^{n} z_{ij}, 1/\max, sisn \sum_{j=1}^{n} z_{ij} \}, i, j = 1,2,\ldots,n$$

گام ۳: تشکیل ماتریس روابط کلی

هنگامی که ماتریس x، یعنی ماتریس نرمال شده ماتریس روابط مستقیم محاسبه شد، ماتریس روابط کل T با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می شود که در آن I ماتریس همانی است (Hung et al , ۲۰۰٦).

$$T = X(I - X)^{\rightarrow} \quad (۳)$$

گام ٤:تهیه نمودار عِلّی

مجموع عناصر سطرها و ستونهای ماتریس T به ترتیب و به صورت بردارهای D و R نامگذاری می شوند که از طریق فرمول‌های ٤ تا ٦ محاسبه خواهند شد. مقدار di نشان دهنده تاثیرات مستقیم و غیر مستقیم فاکتور iام بر سایر فاکتورها می‌باشد.همچنین مقدار ri بیانگر کل تاثیرات سایر فاکتورها بر فاکتور iام است(Lio et al,۲۰۰۷). مقدار محور افقی نمودار که "محور اهمیت" نامیده شده و نشان‌دهنده درجه اهمیتی است که معیار مربوطه دارا می‌باشد از طریق جمع بردارهای R و D، $(D+R)$، محاسبه می شود. به همین ترتیب، محور عمودی نمودار که "محور وابستگی" نامیده می‌شود از طریق رابطه $(D-R)$ محاسبه می‌شود. به کمک این محور قادر خواهیم بود تا معیارها را به دو گروه علت و معلول تقسیم کنیم. به طورکلی، هنگامی که $(D-R)$ مثبت است، معیار مربوطه متعلق به گروه علت و در غیراینصورت، معیار مربوطه به گروه معلول تعلق دارد. بنابراین، نمودار علی از طریق رسم نقاطی با مختصات $(D-R)$, $(D+R)$ قابل دستیابی است که فراهم‌کننده اطلاعات ارزشمندی برای تصمیم‌گیری‌های آینده است.

$$T = [t_{ij}]_{n\times n}, i, j = 1,2,...,n \quad (٤)$$

$$D = [\sum_{i=1}^{n} t_{ij}], xn = [t, j]_{nx} \quad (٥)$$

$$R = [\sum_{i=1}^{n} t_{ij}], xn = [t, j]_{nx} \quad (٦)$$

گام پنجم : ایجاد ماتریس وابستگی درونی:

در این مرحله با استفاده از روش نرمال سازی مجموع اعداد هر سطر تبدیل به یک می‌شود و بدین ترتیب ماتریس به دست آمده ماتریس وابستگی درونی است.(Wu ,۲۰۰۸).

٤- یافته‌های پژوهش

بحثی در مورد شاخص‌ها و عوامل موثر بر کاهش تولید ضایعات

جدول ۲ وزن نهایی شاخصها، و زیر شاخص‌ها ی موثر بر کاهش ضایعات

عوامل موثر بر کاهش ضایعات	کارکنان ۰.۳٤٦٦	جلوگیری از خطاهای عمدی کارکنان	۰.۰۱۱
		آموزش موثر کارکنان	۰.۱۳۰
		عدم انجام کار در زمان‌های خستگی کارکنان	۰.۱۱۹
		جلوگیری از سهل انگاری کارکنان	۰.۰۸۵
	شرایط فیزیکی محیط ۰.۰۳۰۳	تامین دمای مناسب	۰.۰۰۵
		تامین تهویه مطبوع مناسب	۰.۰۰۷

		تامین نور کافی	۰.۰۰٦
		جلوگیری از آلودگی‌های صوتی	۰.۰۱۰
	اندازه گیری ۰.۱۰٤٥	کالیبراسیون هفتگی تجهیزلت اندازه گیری	۰.۰۷٤
		تعویض تجهیزات اندازه گیری با تجهیزات مدرن تر و دقیقتر	۰.۰۲۰
		بیشتر در معرض دید قرار دادن نمایشگرهای تجهیزات اندازه گیری	۰.۰۰۹
	برنامه ریزی ۰.۰٦۱۹	برنامه ریزی صیح جهت ایجاد زمان برای تعمیرات پیشگیرانه	۰.۰۱۰
		مرور دائمی‌تغییرات در برنامه تولید	۰.۰۵۱
	فرآیندها و روشها ۰.۲٦٦۸	رعایت فواصل نمونه گیری و تست	۰.۰۸۰
		تغییر در تعداد و موقعیتهای نقاط کنترلی در خط تولید	۰.۰۹٤
		انجام سریع تست و ارائه بازخورد سریع به خط تولید	۰.۰٤۰
		اصلاح و به دروز رسانی دستورالعملها	۰.۰۵۰
	تکنولوژی و تجهیزات۰.۱۸۹۹	کیفیت یکنواخت ماده اولیه(چدن)	۰.۰۰۵
		تعویض ماشین آلات با ماشین آلات جدید	۰.۰۵٦
		کالیبراسیون و تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات	۰.۰۵۷
		تغییر تکنولوژی	۰.۰۰۷
		تعویض قطعات دستگاهها قبل از فرسودگی کامل	۰.۰٦۳

چنانچه مشاهده می‌شود عوامل در شش دسته کلی طبقه بندی می‌شوند که در این قسمت به طور فشرده مورد بررسی قرار می‌گیرند.

الف: عوامل مربوط به کارکنان:

این عامل با کسب وزن ۰.۳٤٦ مهمترین عامل در کاهش ضایعات است که خود از چهار شاخص آموزش موثر کارکنان با وزن ۰.۱۳ ، عدم انجام کار در زمان‌های خستگی کارکنان با وزن ۰.۱۱۹، جلوگیری از سهل انگاری کارکنان با وزن ۰.۰۸۵ و جلوگیری از خطاهای عمدی کارکنان با وزن ۰.۰۱۱ تشکیل شده است.

این تحقیق نیز همچون هزاران تحقیق سازمانی به نقش کلیدی و حیاتی کارکنان در تمام ابعاد سازمانی اشاره و تصریح دارد.

ب: عوامل مربوط به شرایط فیزیکی محیط:

توجه به شرایط فیزیکی محیط و نقش آن در اندازه و شکل فعالیت کارکنان از نخستین روزهای ایجاد علم مدیریت و با مکتب روابط انسانی و مطالعات‌هاثورن همواره مد نظر مدیران و پژوهشگران بوده استو کسب وزن ۰.۰۳ برای شرایط محیطی نشان دهنده آن است که تا حدود زیادی شرایط مناسب کاری در کارخانه ایران خودروی ابهر فراهم گردیده است.

ج: عوامل مربوط به اندازه گیری:

توجه به اندازه گیری و تجهیزات کالیبراسیون و استفاده دقیق آن به عنوان ابزار کنترلی قوی، قابل اندازه گیری و قابل فهم برای همه یکی از راههای بسیار کم هزینه و زود بازده در کاهش ضایعات خواهد بود.

د: عوامل مربوط به برنامه ریزی:

از آنجا که عملا تغییرات پارادایمی‌در تولید و در جهان عمدتا همراه با تغییرات صنعت خودرو سازی بوده است انتظار می‌رود که برنامه ریزی دقیق باعث کاهش اتلاف در منابع تولیدی گردد. خصوصا توجه به برنامه‌های تعمیرات و نگهداری می‌تواند راهگشا باشد.

ه: عوامل مربوط به فرآیندها و روشها:

فرآیندها و روشها از آنجا که عمدتا محصول تعامل جدی و پیگیر سازمان با محیط خود و با درون خود است همواره و با هزینه ای کم می‌توانند به بهبود عملکرد سیستم منجر شوند. بدیهی است بهبود مستمر سیستم که نتیجه درگیری کامل همه پرسنل است به کاهش ضایعات نیز منجر خواهد شد.

و: تکنولوژی و تجهیزات:

تغییر تکنولوژی و تجهیزات عمدتا با سرمایه گزاری وسیع و سنگینی همراه است لذا همواره باید به عنوان آخرین راه حل در کاهش ضایعات مد نظر قرار گیرد. بدیهیست فارغ از هر گونه حکم کلی تصمیم گیری در هر مورد به تحلیل هزینه و منفعت آن مورد بستگی خواهد داشت

پاسخ به سوالات تحقیق و بررسی فرضیه‌ها:

چنانچه در فصل اول نیز مطرح شد هدف این پژوهش شناسایی عوامل موثر بر کاهش ضایعات در کارخانه ایران خودرو ابهر می‌باشد در این راستا سوالات و فر ضیاتی مطرح شد که در این قسمت به تفکیک مورد توجه قرار می‌گیردند.

سوال اول: عوامل موثر بر کاهش میزان ضایعات در کارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودروی ابهر کدامند؟

عوامل موثر بر کاهش ضایعات طبق جدول ۲ بیست وچهار شاخص شناسایی شده اند که در ٦عامل مندرج در همان جدول طبقه بندی شده اند.

سوال دوم: میزان اهمیت هر یک از عوامل فوق چقدر است؟

میزان اهمیت هر یک از شش عامل و نیز ۲۲ شاخص نهایی مساله مطابق با اعداد جدول ۲ محاسبه شده اند.

فرضیه اول:آموزش نیروی انسانی در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودروی ابهر موثر است.

چنانچه از جدول ۲ مشخص است شاخص آموزش نیروی انسانی که زیر مجموعه عامل کارکنان است با کسب وزن نهایی ۰.۱۳ بیشترین وزن نهایی را در بین شاخص‌های ۲۲ گانه شناسایی شده تحقیق به خود اختصاص می‌دهد. لذا این فرضیه تایید می‌شود.

فرضیه دوم تعداد پرسنل شاغل در خط تولید در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودروی ابهر موثر است.

چنانچه از نتایج تحقیق که در جدول ۲ مندرج است مشخص است تعداد کارکنان تاثیری بر کاهش ضایعات ندارد لذا این فرضیه رد می‌شود

اما اگر شاخص خستگی کارکنان را به علت تعداد کم نیروها بدانیم ۰.۱۱۹ اهمیت شاخص جلوگیری از اشتغال کارکنان در زمان خستگی است که البته این فرض می‌بایست با یک تحقیق مجزا مورد بررسی قرار گیرد.

فرضیه سوم: رعایت مسایل مربوط به تعمیر و نگهداری مناسب دستگاههای تولیدی در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودروی ابهر موثر است.

چنانچه از جدول ۲ مشخص است مسائل مربوط به تجهیزات و نگهداری در سه شاخص کالیبراسیون و تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات با وزن ۰.۰۵۷، تعویض قطعات دستگاهها قبل از فرسودگی کامل با وزن ۰.۰۶۳ و برنامه ریزی صیح جهت ایجاد زمان برای تعمیرات پیشگیرانه با وزن ۰.۰۱ در مجموع با کسب وزن ۰.۱۳ در کاهش ضایعات کارخانه ایران خودرو ابهر موثر است. لذا این فرضیه تایید می‌شود

فرضیه چهارم: بهینه‌سازی مواد اولیه مصرفی از طریق خالص سازی و جایگزینی مواد اولیه در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودروی ابهر موثر است.

چنانچه از جدول ۲ مشخص است کیفیت مواد اولیه تنها ۰.۰۰۵ وزن نهایی را به خود اختصاص داده است لذا این فرضیه رد می‌شود.

فرضیه پنجم: بهینه سازی فنآوری به کار رفته در واحد تولیدی و نوع ماشین آلات در کاهش میزان ضایعات درکارگاه ریخته گری کارخانه ایران خودروی ابهر موثر است.

چنانچه از جدول ۲ مشخص است این شاخص با کسب وزن نهایی ۰.۰۵۶ در بین شاخص‌های مساله تاثیر تغییر تکنولوژی بر کاهش ضایعات را به نمایش می‌گذارد. لذا این فرضیه تایید می‌شود.

۵- نتیجه گیری

۵-۳ – پیشنهادات‌کاربردی در رابطه با کاهش ضایعات:

با توجه به مبانی تحقیق و مطالعات صورت گرفته موارد زیر در این زمینه قابل ارائه است:

۱. توصیه می‌شود که به‌منظور کاهش ضایعات مطابق با نتایج این تحقیق در بهبود وضع شاخصهای ۲۲ گانه یاد شده کوشش شود.
۲. به منظور آموزش و بهنگام سازی دانش، نگرش و مهارت منابع انسانی در خصوص تولید با ضایعات کمتر باید برنامه ریزی جامع و دقیقی صورت گیرد وبه صورت مداوم دنبال شود.
۳. نظر به این که یکی از مهم‌ترین گام‌های لازم در جهت اجراء و بهبود کیفیت داشتن یک سند چشم‌انداز راهبردی است توصیه می‌شود که سازمان به این موضوع توجه بیشتری نماید در سند چشم‌انداز باید اهداف، استراتژیها و برنامه‌های ضروری مشخص باشد و اولویتها و مراحل اجرایی کار به‌طور جامع و کامل روشن شده باشد، در این سند باید جهتگیری و حرکت استراتژیک به سمت تولید بدون ضایعات مشخص باشد تا بر اساس آن برنامه ریزی عملیاتی برای اجراء تدوین گردد.

٤. برای اجرای کامل و مناسب کاهش ضایعات کلیه عناصر و مستندات و استانداردها را شناسایی نمود وفرایندهای عملیاتی آن را مشخص نمود، چون هرقدر به این استانداردها و شاخصها نزدیکتر شویم، در پیاده‌سازی موفقتر خواهیم بود.

برای این کار از دانش مشاورین و متخصصین دانشگاهی نیز بهره گرفت و تجربیات موفق شرکت‌های سایرکشورها دراین زمینه هم مفید خواهد بود .

۵. با توجه به این که برای دستیابی به اهداف ضایعات صفر همکاری، هماهنگی وهمسویی لازم در تمام ابعاد وجود داشته باشد . بنابراین پیشنهاد می‌شود که سازمان از طریق برگزاری جلسات درون سازمانی و بین سازمانی با سایر شرکت‌های همکار در این راستا گام بردارند.

٦. از دیگر نقاط ضعف در این بخش، کمبود افراد متخصص است، لذا ضروری است توسعه کمی‌و کیفی نیروی متخصص در دستور کار قرار گیرد.

البته از طریق بازآموزی نیروهای موجود و اتخاذ روش‌های مناسب برای جذب و حفظ نیروهای متخصص در این حوزه میتوان بر مشکل کمبود نیروی متخصص در این زمینه غلبه کرد. به علاوه بهره گیری از دانش متخصصین دانشگاهی در این زمینه می‌تواند مؤثرباشد .

۷. حرکت به سوی حداقل ضایعات می‌بایست به‌عنوان یک طرح بلندمدت در نظر گرفته شود نه یک طرح مقطعی و زودگذر.

ضمن اینکه مدیران ارشد سازمان باید در این زمینه دارای تفکری پویا و هوشمندانه باشند و توان جهتگیری‌های مناسب به هنگام نیاز به تحلیل ریسک را داشته باشند تا قادر به انتخاب راه حل مناسب باشند، لذا پیشنهاد می‌گردد دوره‌های آموزشی مربوط در زمینه‌های فوق برای مدیران تشکیل گردد و از مشاورین با تجربه در این زمینه استفاده شود.

۸- برای موفق شدن در مسیر اجراء و بهبود در کاهش ضایعات باید نظر موافق و مشارکت مدیران مربوطه در شرکت را جلب کرد ونسبت به اصلاح دیدگاه مدیران نسبت به مقوله تولید و ضایعات اقدام نمود.

۹. تأمین هزینه‌های مالی جذب و به‌سازی نیروی انسانی عملیاتی و دادن پاداش به کارکنانی که طرح‌هایی عملیاتی برای کاهش ضایعات تولید دارند بسیار موثر خواهد بود.

٦- منابع و مآخذ

۱. اصغرپور، محمدجواد،۱۳۸۲،تصمیم‌گیری گروهی و نظریه بازیها با نگرش تحقیق درعملیات، دانشگاه تهران،۱۳

۲.شاهین،آرش،۱۳۸۸ « تولید و مدیریت ضایعات الگو سازی عوامل موفقیت در صنایع تولیدی ژاپن»، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. صابری حقایق ، رحمت علی؛ ۱۳۸۷،"مفاهیم کلی ضایعات" ، مجله روش ، شماره ۸٦ سال سیزدهم.

٤. مجید قیاسوند،۱۳۸۵« مدیریت بر ضایعات در مجتمع فولاد مبارکه»،مجتمع فولاد مبارکه.

٥.Afs. ١٩٩١. “proceeding: ٢th annual environmental affairs conference”, american foundry men’s society inc., illinois

٦. Carl a. Zimring ,٢٠٠٥, “cash for your trash: scrap recycling in america”, new brunswick, nj: rutgers university press, pp. ٧٠–١١٢.

٧. Cardinali, r. (٢٠٠١), “waste management: a missing element in strategic planning”, work study, vol.٥٠, no.٥, pp.١٩٧–٢٠١

٨. Causay, g.c, elements of agility in manufacturing, phd thesis ,case western reserve university, usa, ١٩٩٩

٩. chase, r.b., aquilano n.j., and jacobs, f.r. (٢٠٠١), “operations management for competitive advantage”, ٩th ed., mcgraw-hill/irwin, new york, ny

١٠. deming, w.e. (١٩٨٦), out of thecrisis, mit press, cambridge, ma

١١. Guides to pollution prevention: metal casting and heattreating industry”, epa, ١٩٩٨, pp. ١٨–٤٣.

١٢. hirano h. (١٩٨٨), “jit factoryrevolution: a pictorial guide to factory design of the future”, productivitypress, cambridge, ma.

١٣. Hornby, a.s wxford advanced learner’s dictionary ofcurrent english, sixth edition, oxford university press,٢٠٠٠

١٤. ishikawa, k. (١٩٨٥), “guide to quality control”, asianproductivity press, ١٠. Lavergane mark, “the important of industrial waste management”, waste management industry survey: business and government sectors”, ٢٠٠٤, canada.

١٥. Kosec, borut& at all, " foundry waste management", international journal for quality research, ٢٠٠٨, pp. ١٢٩–١٣٣.

١٦. Kidd, p.t agile manufacturing: forging new forntiers, addison-wesley, london, ١٩٩٤.

١٧. Maskell, b, the age of agile manufacturing, supply chain management: aninternational journal, ٦(١),٢٠٠١,١١–٥

١٨. Metal manufacturing, refining and finishing works:iron and steel works, department of the environment industry profile, ٢٠٠٧

١٩. Nicholas p. Cheremisinoff,٢٠٠٠٣, “handbook of waste management and waste minimization technologies”, butterworth- heinemannpp.٢٤٩–٢٧٧.

٢٠. N.o. adedipe, “ecosystems and human well-being: policy responses”, crc press, ٢٠٠٤, pp.٣١٠-٣٤٨.

٢١. Salah el-haghar,٢٠٠٧, “sustainable industrial design and waste management”, academic press, pp. ١–٣٦& ٣٠٧–٣٦٠.

٢٢. “sound management of solid waste in the lead industry”, ilmc tool box series, ٢٠٠٩.

٢٣.S. Ramachndrarao,٢٠٠٦. “resource recovery and recycling fom metallurgical waste”, elsevier, pp. ١٦٧–١٨٤

٢٤. Shingo, s. (١٩٩٢), the shingo production management system, productivity press, cmbridge, ma.

٢٥. Tchobanoglous, g., burton, f.l., and stensel, h.d. (٢٠٠٣)

٢٦.Yusuf, y.y, sarhadi, m. Andgunasekaran, a, agile manufacturing: the drivers, concepts and attributesinternational journal of production economics, ٦٢,١٩٩٩, ٤٣–٣٣

٢٧. Wastewater engineering (treatment disposal reuse) / metcalf & eddy, inc. (٤th ed.). Mcgraw-hill book company.

---

[i]. Weitghed Sum Vector
[ii]. Consistency Vector
[iii]. Inconsistency Index
[iv]. Inconsistency Ratio
[v]. Inconsistency.Random.Index
[vi]. Laahoren & Padrycz
[vii]. Extent Analysis Method
[viii]. Chang