فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هفدهم/ شماره ۶۱ / پاییز ۱۴۰۱

بررسی فرآیند تولید ناب مبتنی بر TRIZ و رتبه بندی ابزارهای آن با استفاده از تکنیک تصمیم گیری چند شاخصه (مطالعه موردی : شرکت صنعتی نیرو محرکه)

سید حسن ضابطی اصل
گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
ابراهیم علی رازینی (نویسنده مسؤول)
گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
Email: a_razini@yahoo.com
مهرداد حسینی شکیب
گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۹ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

چکیده

تولید محصول بدون نقص یکی از اهداف استراتژیک هر سازمان است.این در حالی است که نیل به هدف مزبور جز با حذف ضایعات امکان پذیر نیست.روش نوین تولید ناب به عنوان روشی جهت حذف اتلاف، به کار گرفته می شود.این امر با تکنیک هایی محقق می گردد که ابزارهای تولید ناب نامیده می شوند. در ادبیات ناب روش های متنوعی برای شناسایی و حذف ضایعات مطرح شده است، اما با این حال بسیاری از سازمان ها در اجرای سیستم های تولید ناب با مشکلات متعددی روبرو می شوند. این پژوهش سعی دارد از Triz به عنوان یک ابزار قدرتمند ،کارا و ساختاریافته که نگاهی متفاوت را در حوزه تعریف و حل مسائل پیش روی بشر گشوده است، جهت کاهش اتلاف در شرکت صنعتی نیرو محرکه بهره برده و ابزارهای حل مسئله آن را به عنوان راهکارهایی موثر در جهت تحقق اصول ناب در این سازمان معرفی نماید. تحقیق حاضر یک تحقیق توصیفی – پیمایشی می باشد.به این صورت که جهت تدوین مبانی،تعاریف و مفاهیم نظری از منابع کتابخانه ای استفاده شد، سپس به منظور جمع آوری اطلاعات مورد نظر با طراحی پرسشنامه ای که پایایی آن از طریق ضریب آلفای کرونباخ (۰/۷۶) تایید شده، بین مدیران و کارشناسان شرکت صنعتی نیرو محرکه توزیع شد و ابزارهای TRIZ بر اساس معیارهای تولید ناب تعیین وضعیت شد و درجه اهمیت ابزارهای مذکور به کمک تکنیک TOPSIS تعیین گردید.طبق نتایج رتبه بندی ابزارهای Triz ، ابزار پیرایش با وزن نسبی ۰/۶۸۵ در اولویت اول قرار دارد، ابزار نتیجه نهایی ایده آل با وزن نسبی ۰/۶۷۹ در اولویت دوم، ابزارهای تضادهای تکنیکی و اصول ابداعی، تحلیل کارکرد، تضادهای فیزیکی و اصول تفکیک، روندهای تکامل، مدلسازی شی– اثر، تحلیل انهدام، منابع، رفع اینرسی تفکر و ARIZ به ترتیب با وزن های ۰/۶۶۷ ، ۰/۶۵۴ ، ۰/۶۴، ۰/۴۹۵ ، ۰/۴۷۹ ، ۰/۴۲۶، ۰/۴۱ ، ۰/۳۸۴ ، ۰/۳۶۴ در رتبه های سوم تا یازدهم قرار داشته و در نهایت ابزار دانش – اثرات با وزن نسبی ۰/۳۵ در اولویت آخر قرار دارد.بنابراین با توجه به اولویت اول ابزار پیرایش که یک ابزار تحلیلی است و در ساختاردهی مسئله و تحلیل شرایط نقش اساسی دارد، به طور مستقیم می تواند باعث حذف اتلاف و آفرینش ارزش شود.

کلمات کلیدی: تولید ناب، ابزار تریز، شرکت صنعتی نیرو محرکه، تصمیم گیری چند شاخصه.

۱-مقدمه

قرن بیستم شاهد ظهور غول های خودروسازی در ایالات متحده بود. این خودروسازان برای پاسخ به نیازهای روزافزون جامعه، نیاز به تولید در حجم بالا داشتند و این هدف را از طریق به کارگیری روش تولید انبوه انجام می دادند. از لازمه های به کارگیری این روش، سرمایه گذاری بالا در ماشین آلات تولیدی و یکنواختی در فرآیند تولید و تنوع اندک در محصولات بود که خیلی از کشورها از جمله ژاپن پس از جنگ جهانی دوم فاقد این نیازها و الزامات بودند. لذا از حدود سالهای ۱۹۵۰ به بعد شرکت تویوتا به عنوان پیش قراول خودروسازی ژاپن در جستجوی روش های جایگزینی برآمد که بتواند با سرمایه گذاری و اتلاف کمتر، تنوع بیشتری را برای بازماندگان جنگ جهانی دوم به ارمغان آورد.بر همین اساس ایده های اولیه تولید ناب در همان زمان شکل گرفت اما تا سالها در دنیای غرب ناشناخته بود و عمدتا با کارهای گروهی از پژوهشگران غربی معرفی شد.از جمله این افراد ووماک[1] و همکارانش ادعا می کنند که منشا شکل گیری تولید ناب[2] به اوایل دهه ی ۱۹۵۰ برمی گردد و تولید ناب را به عنوان یک استراتژی تولیدی تعریف کرده اند که در واقع دنباله ی تولید انبوه[3] به شمار می رود (Ghazanfari, 2008).

این رویکرد جایگزین، با تمرکز بر کاهش زمان های آماده سازی دستگاه و تغییر خط برای فرایند های مختلف، توسعه ی ایده های نوین در حوزه ی منابع انسانی و نیز روش های پیشرفته در زمینه ی کیفیت، در پی آن بود که به ساخت دامنه ی وسیع تر و متنوع تری از خودرو های مورد تقاضای بازار ژاپن بپردازد. بنابراین ایده ی نوین تولید ناب زمانی در کشور ژاپن پدیدار شد که دیگر ایده ی قدیمی تولید انبوه در آن کشور کارا نبود و برای رشد صنعتی آن کشور غیر قابل کاربرد بود (Woomack, 2006). یک تولید کننده ی ناب را تجلی تلفیقی از مشخصه های تولید کننده ی انبوه و صنعتگر دستی (یا به اصطلاح پیشه ور) می دانند. تولید ناب مزایای سبک پیشه وری و تولید انبوه را تلفیق نموده و از هزینه های بالای اولی و عدم انعطاف پذیری دومی اجتناب می کند.

برای رسیدن به این هدف، تولید کننده ی ناب گروه هایی از کارکنان چند مهارتی را در تمامی سطوح سازمان به کار گرفته و به منظور تولید انباشته هایی از محصولات مختلف با تنوعی بالا، از ماشین آلاتی خودکار شده و با انعطاف پذیری بالا، بهره می جوید. در یک کسب و کار ناب تمامی اجزاء باید ناب و ارزش افزا گردند و هدف برقراری یک جریان مستمر در روند تولیدات است. بنابراین هر فعالیتی که در این روند اختلال ایجاد کرده و بدون ارزش افزوده باشد، باید حذف شود.کاهش قابل ملاحظه ی هزینه ها، افزایش کیفیت محصولات، تحویل به موقع خدمات و محصولات به مشتریان، افزایش ایمنی کارکنان و بهبود وضعیت نیروی انسانی از مصادیق فرایند های بهره ور است.بر این اساس کمتر می توان مدیری را یافت که خواهان پیاده سازی و تحقق اصول ناب در سازمان خود نباشد. ولی چگونه می توان اصول تولید ناب را در یک سازمان آلوده به تولید انبوه محقق ساخت؟

امروزه، همه چیز تغییر یافته است. جهانی شدن و بین المللی شدن بازارها، شیوه ی کار و فعالیت شرکت های مدرن را به کلی تغییر داده است. به منظور رسیدن به صرفه جویی، مقیاس موردنیاز جهت دستیابی به هزینه های پایین و در نتیجه قیمت های پایین (به خاطر الزام به رقابت و سرپا بودن)، شرکت ها اکنون به جای بازار ملی به بازار جهانی (با گستره ی دنیا) فکر می کنند. با جهانی شدن بیش تر صنایع، اهمیت روش های تولید به طور روز افزونی افزایش می یابد چرا که باعث تداوم توسعه ی بین المللی شرکت شده و موقعیتی برای آن در بازار ایجاد می کند که از مزیت رقابتی بلند مدت (پایدار) برخوردار باشد و همچنین به واسطه ی وجود محیط رقابتی شدید در دنیا و نیاز مشتری به محصول با کیفیت بالاتر و ارزان تر، نیاز بیشتری به رویکردهای ابداعی در دنیا به وجود آمده است. در حال حاضر فعالیت های علمی باید در سطحی بالاتر، با بودجه ی کمتر و سرعت بیشتری نسبت به گذشته، صورت گیرند.

با این وجود شرکت هایی که نتوانند اصول ناب را محقق سازند و درک درستی از تکنیک های حل مسئله نداشته باشند دیر یا زود باید از گردونه ی رقابت خارج می شوند. از این رو چاره ی کار فراگیر و عام نمودن تفکر ناب و هوشمندانه تر کار کردن و

---

1. Woomack
2. Lean Production
3. Mass production

ارزش آفرینی و از بین بردن کلیه ی مظاهر اتلاف است. تا به امروز در خصوص اجرای تولید ناب نکته ها و راهکارهای فراوانی شنیده شده و در کتاب ها و مقالات فراوانی از آن به عنوان پارادایم مهمی در تولید یاد شده است. از این واژه امروزه به طور فراگیری در بسیاری از صنایع اعم از تولیدی و خدماتی و در حوزه های مختلف کسب و کار سخن به میان آمده و برای دستیابی به آن رهنمودها و دستورالعمل های فراوانی ارائه شده است.

سوالی که در اینجا مطرح می گردد این است که، چگونه می توان روش تولیدی را در سازمان اجرا کرد که سعی در کاهش اتلاف و زوائد تولیدی دارد حال آن که هر بهبودی در سیستم های تولیدی خود مستلزم صرف منابع، هزینه و زمان زیادی است که خود از مظاهر اتلافند؟در واقع سوال اساسی تر این است که، کوتاهترین و مطمئن ترین راه برای تحقق اصول ناب (بهبود سیستم) که تمامی اجزاء متناسب با یکدیگر بهبود داده شوند و بهبود برخی از اجزاء بر عملکرد برخی دیگر تاثیرات نامطلوبی ایجاد نکند و بهبود دهندگان نیز به مصالحه بین تاثیرات مطلوب و نامطلوب تن در ندهند، کدام است؟

چگونگی اجرای صحیح تولید ناب چالشی است که باید به آن توجه نمود. تحقیقات اخیر نشان می دهد که روش هایی همچون تریز بین ۷۰٪ تا ۳۰۰٪ به تولید ایده برای محصولات و خدمات جدید و ایجاد بهبود کیفیت، سرعت می بخشد. در این پژوهش بر آنیم تا از تریز به عنوان تکنیکی که با استفاده از ابزار های متعدد حل مسئله ی خود سعی در ارائه ی بهترین راه حل متناسب با شرایط و ماهیت مسئله دارد در جهت تحقق اصول ناب استفاده کنیم و با تجزیه و تحلیل ابزار های آن مشخص کنیم که کدام ابزار تریز برای تحقق اصول ناب از اولویت بالاتری برخوردار است؟

الف) تولید ناب

تولید ناب[۴] اصطلاحی است که جان گرافسیک[۵] پژوهشگر[۶] IMPV بر نهاده است. چند سال پس از جنگ جهانی دوم، آقای ای جی تویوتا[۷] از شرکت اتومبیل سازی تویوتا، در مسافرت خود به آمریکا از شرکت های اتومبیل سازی آمریکا بازدیدی به عمل آورد تا از تجربیات آنها در کارخانه های اتومبیل سازی ژاپن استفاده کند. با استفاده از خدمات آقایان تائی چی اوهنو و شیگیو شیکو[۸] از کارکنان شرکت تویوتا، این شرکت نهایتا نظام بهینه سازی مستمر و منسجمی را ارائه کرد. هدف این نظام منسجم تولید، کاهش یا از میان بردن فعالیت هایی بود که ارزش افزوده نداشت بلکه موجب هزینه بیشتر می شد. این ها در حقیقت فعالیت هایی بود که مشتری بهایی در مورد انجام آنها پرداخت نمی کرد. مفاهیم و روش هایی که در این نظام مورد استفاده قرار می گیرد، امروزه تحت عنوان «سیستم تولید تویوتا[۹]» شناخته می شود. این نظام که در ده سال اخیر برای مرتبه دوم در آمریکا مورد استفاده قرار می گیرد، به «تولید ناب» مشهور شده است. مفاهیم موجود در تولید ناب همچنین در فعالیت های غیر تولیدی نیز مورد استفاده قرار می گیرد و موجب افزایش قابل ملاحظه ی کارایی می شود. این مبحث در فعالیت های غیر تولیدی به «تجارت ناب» مشهور شده است(Mehraban, 2005).

یکی از روش های نوین مدیریتی در تولید، روش ناب است که در آن تلاش می شود ضایعات تولید به حداقل ممکن رسیده و زمان فرآوری محصول کاهش یابد. به این ترتیب ارزش افزوده ی تولید افزایش خواهد یافت و در عین حال فعالیت هایی که ارزش افزوده ندارند، از فرایند تولید حذف می شوند. مفهوم بنیادی تولید ناب در ریشه کن کردن اتلاف و آفرینش ارزش در سازمان نهفته است. تولید ناب نگرشی است برای افزایش بهره وری و ارزش آفرینی مستمر و حداقل کردن هزینه ها و اتلاف ها. این سیستم شیوه ای را فراهم می کند که از طریق آن بتوان با منابع کمتر، تجهیزات کمتر، زمان کمتر، فضای کمتر به بیشترین ها دست یافت و با توجه به نیاز مشتری و در عین حال با تامین نیاز مشتریان به آنها نزدیک شد(Jaffarnezhad, 2011).

ب) تریز[۱۰] چیست؟

---

4 . Lean Manufacturing
2. John Krafcik
3. International Motor Vehical Program
4. Eiji Toyoda
5.Taiichi ohno & Shigio shico
9. Toyoda Production System
2. TRIZ

واژه تریز بر گرفته شده از حروف اول کلمات یک عبارت روسی[11] است که مخفف انگلیسی آن حروف (TIPS[12]) و به معنای نظریه ی حل ابداعانه ی مسئله می باشد. این دانش در سراسر جهان تحت عنوان تریز شناخته می شود و متداول شدن این نام به این علت است که بنیانگذار آن، دانشمند خلاقیت شناس روسی گنریچ سائولویچ آلتشولر[13] می باشد. تریز در سال ۱۹۴۶توسط آلتشولر به جامعه صنعتی کشور روسیه معرفی گردید.این تکنیک در حوزه های مختلف علوم مهندسی، خدماتی، مدیریتی، اجتماعی وسیاسی بکار برده می شود(Salimi, 2002).

در دانش تریز مفهوم تناقض از مفاهیم بنیادی و اصلی است. منظور از تناقض دو ویژگی با وضعیت متعارض یا متضاد با یکدیگر می باشد. اگر چنانچه بین دو ویژگی یک سیستم حالت تضاد و ضد و نقیض بودن وجود داشته باشد یعنی ایجاد تغییر مثبت در یک ویژگی (مثلا افزایش کیفیت یک محصول) منجر به ایجاد تغییر منفی در یک ویژگی دیگر (مثلا ازدیاد قیمت محصول) بشود، در این صورت سیستم دچار تناقض می باشد. دانش تریز بیان می دارد که مسئله ابداعی با وجود نوعی تناقض همراه است و حل مسئله (مثلا اختراع) هنگامی روی می دهد که این تناقض برطرف شود. یکی از مهم ترین نقش های تریز، شناسایی و تحلیل تناقض ها و ارائه ی راهکارهای برطرف نمودن آن می باشد(Jaffari, 2016).

ج) پیشینه پژوهش

در زمینه ی تریز و ناب به صورت مجزا مقالات و پایان نامه های ارزشمندی تدوین شده است اما به صورت مشترک در خصوص این دو ابزار و اثرگذاری آن ها بر یکدیگر تحقیقات اندکی صورت گرفته است. برخی از تحقیقاتی که مرتبط با موضوع مورد تحقیق می باشند و با مطالعه ادبیات موضوع توسط محققان قبلی تدوین شده بودند در این بخش ارائه می شوند :

عباسی نیا، کلات پور، معتمدزاده و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود از اصول تولید ناب جهت کاهش خطای انسانی و بهبود پاسخ دهی در شرایط اضطراری استفاده کردند. نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی قبل و بعد از اجرای مداخلات تولید ناب نشان داد سطح کنترل سه زیر وظیفه از سطح تاکتیکی به سطح استراتژیک ارتقاء یافت. بیشترین احتمال خطای انسانی در زیر وظیفه آمارگیری جهت تخلیه کامل افراد از محل حادثه بود(Abbassinia et al., 2020).

ملا، عباسی، چوبچیان و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی عوامل موثر بر پیاده سازی اصول تولید ناب در شرکت های کوچک و متوسط پرداختند. نتایج نشان داد که سه متغیر مدیریت ارتباط با مشتری، مدیریت منابع انسانی و توانمندسازی کارکنان بیشترین اثر را در پیاده سازی اصول تولید ناب دارند(Molla et al., 2019).

ضرغامی، جعفری و اخوان (۱۳۹۷) با بهره برداری از قابلیت ابداعی مدلسازی مسائل پیچیده اجتماعی در تریز، به تحلیل تضادهای تعامل ارکان سه جانبه در فرآیند نوآوری (از ایده تا تجاری سازی) فناوری نانو پرداختند. داده ها با رویکرد توصیف ضخیم، تحلیل زمینه محور و مبتنی بر ابزار های تریز تحلیل شده اند. تعداد ۳۷ مسئله عادی و ۶۳ مسئله ابداعی در میدان پژوهش شناسایی شد. مسائل ابداعی در قالب ۹۴ تضاد فیزیکی و ۱۳۰ تضاد تکنیکی مدلسازی شدند. در نهایت اولویت مسائل و تضاد ها با رویکرد منطق مولفه مشترک و شبکه تضادها در تریز خلاصه و اولویت بندی شدند(Zarghami et al., 2018).

جعفری، شفیعا، رحیمی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثر آموزش تریز بر خلاقیت، توانمندسازی و مهارت مدیریت و قشر کارگر در شرکت بهمن دیزل پرداختند. روش پژوهش آزمایشی بوده و با انتخاب یک نمونه از مجموعه کارگران و آموزش ۹ ساعته دانش تریز، تاثیر آموزش بر مولفه های یاد شده، نمونه آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که آموزش مجموعه تکنیک های تریز بر خلاقیت و مهارت مدیریت کارگران تاثیر مثبت می گذارد و می توان آن را به عنوان راهکاری اثربخش در جهت بالابردن خلاقیت و مهارت مدیران به کار بست(Jaffari et al., 2016).

پنا،فریرا، سیلوا و همکاران[14] (۲۰۲۱) پژوهشی را در بخش تحرک الکتریکی شرکتی که شارژر های مخصوص وسایل نقلیه الکتریکی تولید می کرد را با هدف بهبود فرآیندهای تولید به منظور افزایش پاسخگویی به تقاضای روزافزون انجام دادند. پس از

---

11. Teoriya Resheniya Izobrototelskikh Zadatch
12. Theory of Inventive Problem Solving
13. G.S.Altshuller
14. Pena, R.Ferreira,L.P.Silva, et al.

اقدامات بهبود، مشاهده ۱۴/۹ درصد کاهش در روند برش کابل امکان پذیر بود و همچنین مصرف هفتگی سیم کشی برآورده و روش هایی برای تولید سفارش مواد اولیه و تامین ایستگاه های کاری تعریف شد که منجر به رفع کمبود موجودی شد(Pena et al., 2020).

لی، هو، داینسر و همکاران[15](۲۰۲۱) استراتژی های ابتکاری مناسب برای سرمایه گذاری در انرژی خورشیدی را برای کاربران تجاری و غیرتجاری شناسایی کردند. برای این منظور ۸ استراتژی نوآورانه مبتنی بر تریز شناسایی شدند و برای تعیین استراتژی های مهمتر، آنها با استفاده از روش دیمتل فازی نوع ۲ وزن دهی شدند. یافته ها نشان داد که جایگزینی سیستم مکانیکی به عنوان موثر ترین استراتژی سرمایه گذاری مبتنی بر تریز برای پروژه های انرژی خورشیدی در مورد مشتریان تجاری و غیر تجاری شناخته شده است. بنابراین توصیه کردند که شرکت های انرژی خورشیدی باید پشتیبانی ویژه ای از مشتریان خود داشته باشند(Li et al., 2021).

ستا وکالدارلی[16](۲۰۲۰) در پژوهش خود تحت عنوان «تولید ناب به عنوان ابزاری برای تولید سبز (مطالعه موردی: ریخته گری سبز) چگونگی تاثیر گذاری نوآوری های فناوری برای دستیابی به پایداری اقتصادی، اجتماعی و محیطی بر روند تولید را آنالیز کردند(Saetta & Caldarelli, 2020). هالتالر، برانریدر و رینهارت[17](۲۰۲۰) در پژوهش خود به عنوان«چارچوبی عملکردی برای توصیف فناوری های دیجیتالی در زمینه تولید ناب» چارچوبی را ارائه کردند که، فناوری های دیجیتالی را بر اساس یک ویژگی عملگرا و اثر محور در مورد تاثیرات آنها در کاهش ضایعات و اهداف تولید ناب توصیف می کنند(Hoellthalerd et al., 2018).

روسینی،کوستا، استاداچر و همکاران[18](۲۰۱۹) در پژوهش خود تحت عنوان «صنعت ۴.۰ و تولید ناب (یک مطالعه تجربی) » به بررسی تاثیر ارتباط بین پذیرش صنعت نسل ۴ و تولید ناب (LP) در سطح بهبود عملکرد عملیاتی پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که دستیابی به سطوح بالاتر پذیرش صنعت ۴.۰ در صورت اجرای گسترده اقدامات LP در شرکت، ممکن است آسان تر باشد. در مقابل، وقتی فرآیندها به طور محکم طراحی نشوند و روش های بهبود مستمر ایجاد نشوند، ممکن است شرکت ها نیز متمرکز بر اتخاذ فناوری های جدید نباشند(Rossini et al., 2019).

ایکمکسی و نباتی[19](۲۰۱۹) در پژوهش خود به روش تریز با جزئیات و کابردهای آن و مفاهیم خلاقیت و نوآوری پرداختند. همچنین نرم افزار سمپلینگ[20] که با استفاده از روش تریز انجام شد، شرح کاملی درباره آن و روش استفاده تریز ارائه کردند(Ekmekci & Nebati., 2019).

یانگ، یی، مائو و همکاران[21](۲۰۱۸) نوآوری مکانیسم کوددهی بذر پاش را بر اساس تریز طراحی کردند. آنها از دو صفحه نمایش، تجزیه و تحلیل عملکرد و دو ابزار تریز برای تکمیل طراحی مدل استفاده کردند. سرانجام از طریق طراحی منطقی قسمت کنترل شده الکترونیکی و ساختار دستگاه مکانیکی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به طور خودکار مخلوط و بارور کردند که این باعث بهبود استفاده از نیتروژن می شود و از اتلاف کود جلوگیری می کند(Yang et al., 2018).

دومبراوسکی، ریچر وکرینکل[22](۲۰۱۷) با تجزیه و تحلیل موارد استفاده، وابستگی متقابل صنعت نسل ۴.۰ وسیستم های تولید ناب را بررسی کردند. برای تجزیه و تحلیل دقیق وابستگی متقابل بین سیستم های تولید ناب (LPS) و صنعت نسل ۴.۰ چندین عنصر صنعت نسل ۴.۰ بر اساس ۲۶۰ مورد استفاده از فناوری های کاربردی صنعت نسل ۴.۰ در صنعت آلمان مورد بررسی قرار

15. Li,Y.Wu, Z.Dincer,H et al.
16. Saetta, S & Caldarelli, V
17. .Hoellthaler,G.Braunreuther,S & Reinhart,G
18. Rossini, M. Costa, F.Staudacher,A.P et al.
19. Ekmekci, I. & Nebati, E.E
20. sampling
21. Yang, L.Yi, S.Mao, X et al
22. Dombrowski, U.Richter, T & Krenkel, Ph

گرفت. آنها به این نتیجه رسیدند که یک سازمان فرآیند گرا و درنتیجه سیستم های تولید ناب می تواند یک توانمندی برای اجرای موفقیت آمیز و پایدار صنعت نسل ۴.۰ در محیط تولید باشد(Dombrowski et al., 2017).

جدول شماره (۱) : خلاصه تحقیقات انجام شده

محقق(سال)	موضوع	تکنیک مورد استفاده	یافته ها و نتایج
Abbasi nia et al(1399)	کاربرد تولید ناب در کاهش خطای انسانی و بهبود پاسخ دهی در شرایط اضطراری :مطالعه موردی در یک صنعت پتروشیمی	CREAM	نتایج حاصل از ارزیابی خطاهای انسانی قبل و بعد از اجرای مداخلات تولید ناب نشان داد سطح کنترل سه زیر وظیفه از سطح تاکتیکی به سطح استراتژیک ارتقا یافت و بکارگیری اصول ناب باعث کاهش خطای انسانی شد
Molla et al(1398)	عوامل موثر بر پیاده سازی اصول تولید ناب در شرکت های کوچک و متوسط صنایع غذایی استان خوزستان	تکنیک های تصمیم گیری چند شاخصه	نتایج نشان داد که سه متغیر مدیریت ارتباط با مشتری، مدیریت منابع انسانی و توانمندسازی کارکنان بیشترین اثر را در پیاده سازی اصول تولید ناب دارند
Jaffari et al(1397)	بررسی تاثیر آموزش دانش تریز بر ارتقای خلاقیت،توانمندسازی و مهارت مدیریت کارگران خط تولید شرکت بهمن دیزل	spss	نتایج نشان داد که آموزش مجموعه تکنیک های Triz بر خلاقیت و مهارت مدیریت کارگران تاثیر مثبت می گذارد و می توان آن را به عنوان راهکاری اثربخش در جهت بالابردن خلاقیت و مهارت مدیران به کار بست
Pena et al(2021)	کاربرد تولید ناب در فرآیند تولید سیم کشی	تکنیک های تریز	نتایج حاکی از آن بود که پس از اقدامات بهبود، مشاهده ۱۴.۹ درصد کاهش در روند برش کابل حاصل شده است
Li et al(2021)	تحلیل تریز برای استراتژی های ابتکاری مناسب برای سرمایه گذاری در انرژی خورشیدی برای کاربران تجاری و غیرتجاری	دیمتل فازی نوع ۲	نتیجه رتبه بندی نشان داد که جایگزینی سیستم مکانیکی به عنوان موثر ترین استراتژی سرمایه گذاری مبتنی بر Triz برای پروژه های انرژی خورشیدی در مورد مشتریان تجاری و غیر تجاری شناخته شده است.
Seatta & Caldarelli(2020)	تولید ناب به عنوان ابزاری برای تولید سبز (مطالعه موردی : ریخته گری سبز)	روش های آماری	طراحی تکنیک های ناب در صنعت ریخته گری به منظور تولید سبز
Hoelltharer, Braunreuther & Reinhart(2020)	چارچوبی عملکردی برای توصیف فناوری های دیجیتالی در زمینه تولید ناب	تکنیک های تریز	ارائه روش های دیجیتالی که تولید ناب را در شرایط بد بازار به روز رسانی می کند
Rossini et al(2019)	صنعت ۴.۰ و تولید ناب (یک مطالعه تجربی)	تکنیک های چند متغیره	نتایج نشان داد که با اجرای گسترده اقدامات LP در شرکت،دستیابی به سطوح بالاتر پذیرش صنعت ۴.۰ آسانتر می شود
Ekmekci & Nebati(2019)	متدولوژی و کاربردهای تریز	نرم افزار سمپلینگ	ساخت اپلیکیشن با استفاده از روش های تریز برای توسعه محصول
Yang et al(2018)	طراحی نوآورانه مکانسیم کوددهی بذر پاش بر اساس تریز	تکنیک های تریز	با طراحی دستگاه الکترونیکی نیتروژن،فسفر و پتاسیم را به طور خودکار مخلوط و بارور کردند که باعث بهبود استفاده از نیتروژن شد و از اتلاف کود جلوگیری کرد
Dombrowski et	وابستگی های متقابل صنعت ۴.۰ و	رگرسیون چند	نتایج نشان داد که سازمان فرآیندگرا و سیستم های تولید ناب یک مزیت برای اجرای پایدار صنعت نسل

al(2017)	سیستم های تولید ناب	متغیره	۴.۰ در محیط تولید است

۲- روش شناسی

این پژوهش از نظر هدف یک تحقیق کاربردی و از نظر نحوه ی گردآوری داده ها توصیفی – پیمایشی می باشد. جامعه آماری متشکل از کارشناسان و مدیران شرکت صنعتی نیرو محرکه می باشد و از روش نمونه گیری هدفمند و قضاوتی استفاده شده است. بدین منظور کلیه ی مدیران و کارشناسان شرکت صنعتی نیرو محرکه که آشنا به تفکر ناب و تا حدودی تکنیک تریز و با سابقه ی کاری بیش از ۵ سال هستند انتخاب شدند که تعداد آنها ۲۷ نفر می باشد. ابزار تحقیق در مقاله حاضر پرسشنامه طراحی شده است. در این پرسشنامه سعی شده نظرات خبرگان و متخصصان را در رابطه با معیارها و ابزارهای تعیین شده جویا شده تا ابزارهای نهایی مشخص گردند.در پرسشنامه ی طراحی شده از آنجا که سوالات از مقیاس های نسبی بهره مند بودند، مبادرت به استفاده از طیف لیکرت گردید و به ترتیب برای گزینه های خیلی کم،کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد ضرایب ۱، ۲،۳،۴، ۵ در نظر گرفته شد و بدین ترتیب اطلاعات کیفی و ناپارامتریک با مقادیر کمی و عددی تعبیر شدند و در محاسبه ها ملاک عمل قرار گرفتند. برای تعیین روایی پرسشنامه، محتوای آن توسط ۳ تن از اساتید موسسه ی مطالعات نوآوری و فن آوری ایران، ۲ تن از مدیران شرکت صنعتی نیرو محرکه و ۳ تن از کارشناسان این شرکت از لحاظ مطابقت پرسش های مطرح شده با اهداف و مفاهیم ناب و تریز ، واضح و گویا بودن عبارات و پرسش های مذکور بررسی شد و بر اساس نظرات آنها تغییرات ضروری اعمال و در نهایت پرسشنامه موجود تهیه گردید. با استفاده از داده های بدست آمده و به کمک نرم افزار آماری Spss[۲۳] میزان ضریب اعتبار (پایایی) با روش آلفای کرونباخ محاسبه شده که برای کل سوالات پرسشنامه عدد ۰/۷۶۰ بدست آمد. این عدد نشان دهنده ی سازگاری درونی مناسب است زیرا بیشتر از ۰/۷ می باشد. بنابراین پرسشنامه ی مورد استفاده از قابلیت اعتماد و یا به عبارت دیگر از پایایی لازم برخوردار است. در جدول شماره ۲ آلفای کرونباخ و تعداد معیارها ارائه شده است:

جدول شماره (۲) : آلفای کرونباخ

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
۰/۷۶۰	۰/۷۶۸	۸

در نهایت با تکمیل پرسشنامه توسط مدیران و کارشناسان مکان مورد مطالعه، ابزارهای تریز براساس معیارهای تولید ناب تعیین وضعیت شده و درجه ی اهمیت ابزارهای مذکور به کمک تکنیک TOPSIS[۲۴] تعیین گردید. با انجام مراحل فوق ابزارهای کاراتر تریز در دستیابی به معیارهای تولید ناب وتحقق اصول ناب معرفی گردید.در ادامه متدولوژی به معرفی معیارها و مدل پژوهش پرداخته شده است.

الف) معرفی معیارها و مدل پژوهش

در این پژوهش سعی بر این است که مشخص گردد کدام ابزار تریز بر معیارهای تولید ناب موثراست تا سرانجام به عنوان راهکاری جهت تحقق اصول ناب معرفی و پیشنهاد گردد. در این مدل معیار های تولید ناب به عنوان متغیر مستقل واصول ناب را به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفتیم. همچنین ابزار های تریز را به عنوان متغیر های تعدیل گر که جهت یا میزان رابطه ی میان معیار های تولید ناب و اصول ناب را تحت تاثیر قرار می دهد در نظر گرفتیم. در این پژوهش پس از معرفی ابزار های ۱۲ گانه ی تریز به عنوان متغیرهای تعدیل گر، ابزار های کاراتر آن در تحقق معیارهای تولید ناب که با مرور بر ادبیات نابی شناسایی شده (و در این پژوهش به عنوان معیارهایی جهت سنجش اثرگذاری ابزار های تریز برای تحقق اصول ناب در نظر گرفته شده اند) را به عنوان راهکار هایی به منظور تحقق اصول ناب شناسا یی و اولویت بندی می کنیم. با مرور بر ادبیات تولید ناب ۸ معیار مورد نظر تولید ناب که همگی برگرفته از اصول ۵ گانه ی تولید ناب هستند، با بررسی محقق از بین ۱۵ معیار انتخاب گردیدند و در این مقاله به عنوان معیارهایی جهت سنجش اثر گذاری ابزارهای تریز برای دستیابی به تولید ناب مد نظر قرار گرفتند.۱۲ ابزار تریز همگی برگرفته از اصول نوآوری و روندهای مشاهده شده در رشد و توسعه ی سیستم های فنی هستند. از آنجایی که فلسفه

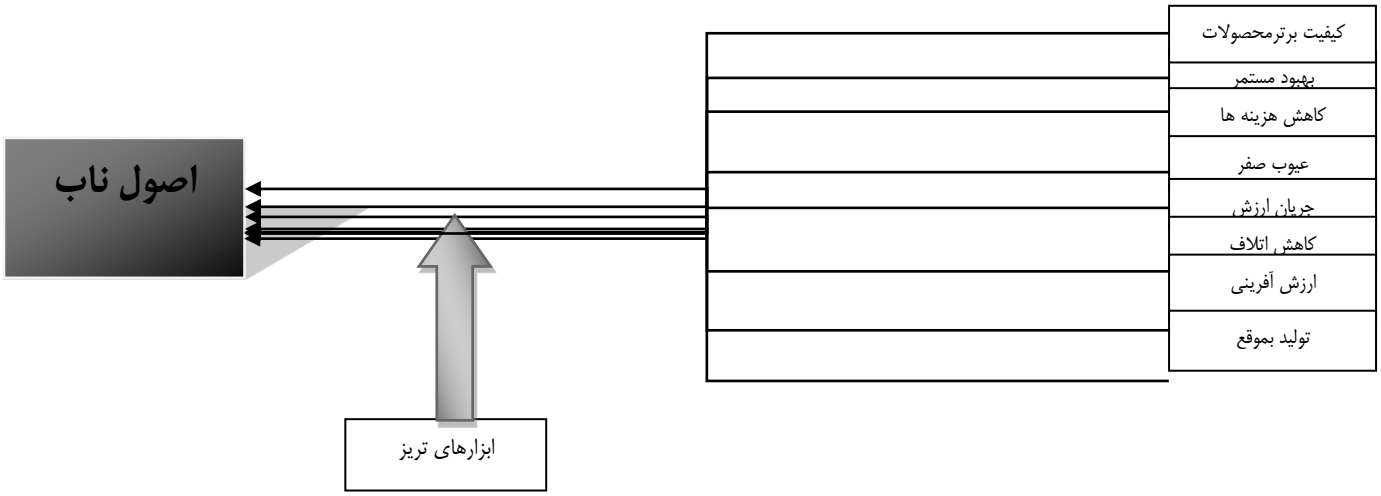
[1]. ststistical pachage for social science
[2]. Technique for order – preference by similarity to ideal solution

و اصول تفکر تریز با معیارهای تولید ناب مرتبط هستند، باید بتوان در سطح ابزارها نیز ارتباطی معنادار بین ابزارهای تریز و معیارهای تولید ناب، برقرار نمود. ابزارهای تریز عبارتند از : ۱- ARIZ[۲۵] ۲- مدلسازی شئ – اثر[۲۶] ۳- پیرایش[۲۷] ۴- روندهای تکامل[۲۸] ۵- تحلیل انهدام ۶- تضادهای تکنیکی و اصول ابداعی[۲۹] ۷- تحلیل کارکرد و خواص[۳۰] ۸- تضادهای فیزیکی و اصول تفکیک[۳۱] ۹- دانش – اثرات[۳۲] ۱۰- نتیجه نهایی ایده آل ۱۱- رفع اینرسی تفکر ۱۲- منابع[۳۳].

اصول ۵ گانه ی تولید ناب و ۸ معیار برگرفته شده از آنها در جدول شماره ۳ ارائه گردیده است:

جدول شماره (۳) : ارتباط بین معیارها و اصول تولید ناب

ارتباط معیارها و اصول	اصل ۱	اصل ۲	اصل ۳	اصل ۴	اصل ۵
عیوب صفر	×			×	×
بهبود مستمر	×				×
کیفیت برترمحصولات	×		×		
تولید بموقع				×	
ارزش آفرینی	×	×	×		
حذف اتلاف	×	×	×	×	×
کاهش هزینه ها		×	×	×	×
به جریان درآوردن ارزش			×		



شکل شماره (۱): مدل مفهومی پژوهش

۳- نتایج و بحث

برای شروع ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل شده است. قبل از اجرای مراحل محاسباتی روش تاپسیس، ابتدا می بایست ضرایب اهمیت شاخص ها (معیارهای ناب) تعیین گردد. در این مقاله با استفاده از روش آنتروپی شانون این ضرایب بدست آمده اند که در قالب جدول شماره ۴ نمایش داده می شوند:

[۲۵] . الگوریتم حل مسائل ابداعی

[26]. substance – field analysis
[27] . Trimming
[28] . trends of evolution
[29] . technical contradiction & inventive principles
[30]. function & attribute analysis
[31]. physical contradiction & separation principles
[32] . knowledge - effects
[33] . Resources

جدول شماره (۴) : مقادیر اوزان هر یک از معیارها

Wj								
عیوب صفر	بهبود مستمر	کیفیت برتر محصولات	تولید به موقع	ارزش آفرینی	حذف اتلاف	کاهش هزینه ها	به جریان درآوردن ارزش
۰/۰۲۵۴۴۳	۰/۰۴۰۸۹۲	۰/۱۰۰۰۶۵	۰/۴۳۰۵۹	۰/۲۳۸۴۰۸	۰/۱۹۶۱۴۴	۰/۱۷۷۱۴۳	۰/۱۷۸۸۴۶

با توجه به نتایج بدست آمده از روش آنتروپی، مشاهده می شود که بیشترین وزن را معیار ارزش آفرینی دارا بوده است و معیار حذف اتلاف با وزن نسبی ۰/۱۹۶۱ در اولویت بعدی قرار دارد، معیارهای به جریان در آوردن ارزش، کاهش هزینه ها، کیفیت برتر محصولات، تولید به موقع و در نهایت بهبود مستمر به ترتیب با وزن های ۰/۱۷۸۸، ۰/۱۷۷۱، ۰/۱۰۰۰۶، ۰/۴۳۰۵، ۰/۰۴۰۸ در رتبه های سوم تا هفتم قرار داشته و در نهایت معیار عیوب صفر با وزن نسبی ۰/۰۲۵۴ در اولویت آخر قرار دارد.

رتبه بندی معیارها با استفاده از تکنیک تاپسیس

تاپسیس یکی از معروف ترین روش های تصمیم گیری چند شاخصه است که به طور گسترده ای در موقعیت های تصمیم واقعی به کار گرفته شده است.این روش یک روش چند معیاره جهت شناسایی راه حل ها از میان مجموعه ی محدودی از گزینه ها بر پایه ی کمینه سازی فاصله از راه حل ایده آل مثبت و به حداکثر رساندن فاصله از راه حل ایده آل منفی است.پیش فرض این تکنیک آن است که m گزینه و n شاخص را به صورت m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر می گیرد.براین اساس اولویت بندی با گزینه ای شروع می شود،که کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی داشته باشد.فرض بر این است که هر شاخص به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است.یعنی هرچه x_{ij} بیشتر باشد در شاخص های افزایشی مطلوبیت بیشتر است و برعکس در شاخص های کاهشی هر چقدر مقدار آن کمتر باشد،مطلوبیت بیشتر است. که طی گام های زیر انجام می شود:

گام صفر : در این گام ماتریس تصمیمی ارزیابی می شود که شامل m گزینه و n شاخص است.

جدول شماره (۵) : ماتریس میانگین حاصل از داده های پرسشنامه

	عیوب صفر	بهبود مستمر	برتر کیفیت محصولات	تولید به موقع	ارزش آفرینی	حذف اتلاف	کاهش هزینه ها	به جریان درآوردن ارزش
ARIZ	۱۴۸۱۴۸ ۳/	۰۷۴۰۷۴ ۳/	۳/۰۷۴۰۷۴	۳/۰۳۷۰	۲/۵۹۲۵۹	۳/۱۴۸۱	۲/۵۹۲۵	۲/۷۴۰۷۴۰
مدلسازی شئ– اثر	۱۱۱۱۱۱ ۳/	۱۴۸۱۴۸ ۳/	۳/۲۲۲۲۲۲	۲/۵۹۲۵	۳/۰۷۴۰۷	۲/۵۵۵۵	۳/۲۲۲۲	۲/۸۱۴۸۱۴
پیرایش	۲۲۲۲۲۲ ۳/	۱۸۵۱۸۵ ۳/	۳/۲۵۹۲۵۹	۳/۱۱۱۱	۳/۶۶۶۶	۳/۴۴۴۴	۳/۱۴۸۱	۲/۶۲۹۶۲۹
روندهای تکامل	۹۶۲۹۶۳ ۲/	۳	۲/۸۸۴۶۱	۳/۱۸۵۱	۲/۸۸۸۸	۳/۱۱۱۱	۲/۸۵۱۸	۳/۰۳۷۰۳۷
تحلیل انهدام	۸۸۸۸۸۹ ۲/	۷۷۷۷۷۸ ۲/	۲/۵۵۵۵۵	۲/۸۱۴۸	۳/۲۵۹۲۵	۲/۳۷۰۳	۲/۵۱۸۵	۲/۸۸۸۸۸
تضادهای تکنیکی	۱۱۱۱۱۱ ۳/	۷۷۷۷۷۸ ۲/	۳/۱۴۸۱۴	۳	۳/۴۰۷۴۰	۲/۹۶۲۹	۲/۹۶۲۹	۳/۵۱۸۵۱۸
تحلیل کارکرد	۰۳۷۰۳۷ ۳/	۱۱۱۱۱۱ ۳/	۳/۲۲۲۲۲	۲/۷۴۰۷	۳/۰۳۷۰۳	۳/۲۵۹۲	۳/۷۴۰۷	۲/۹۲۵۹۲۵
تضادهای فیزیکی	۹۶۲۹۶۳ ۲/	۳۳۳۳۳۳ ۳/	۳/۱۱۱۱۱	۲/۹۶۲۹	۲/۹۲۵۹۲	۳/۵۹۲۵	۳/۲۲۲۲	۳/۱۴۸۱۴۸
دانش – اثرات	۲۲۲۲۲۲ ۳/	۹۶۲۹۶۳ ۲/	۲/۲۱۸۵۱	۲/۹۲۵۹	۲/۲۲۲۲۲	۲/۷۰۳۴	۳/۸۸۸۸	۳/۳۳۳۳۳۳
نتیجه نهایی ایده	۰۳۷۰۳۷	۳	۳/۱۸۵۱۸	۳	۳/۵۵۵۵۵	۳/۰۳۷۰	۳/۰۳۷۰	۳/۱۱۱۱۱۱

آل	۳/							
رفع اینرسی تفکر	۸۸۸۸۸۹	۱۱۱۱۱۱	۳/۲۵۹۲۵	۲/۹۲۵۹	۲/۸۱۴۸۱	۲/۶۶۶۶	۲/۹۲۵۹	۲/۷۷۷۷۷۷
	۲/	۳/						
منابع	۸۱۴۸۱۵	۲۵۹۲۵۹	۳/۱۸۵۱۸	۲/۷۷۷۷	۳/۱۸۵۱۸	۲/۸۸۸۸	۲/۵۱۸۵	۲/۲۲۲۲۲۲
	۲/	۳/						

گام ۱ : کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی مقیاس سازی نرم

رابطه (۱) $$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2}}$$

جدول شماره (۶) : نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری

nij							
به جریان درآوردن ارزش	کاهش هزینه ها	حذف اتلاف	ارزش آفرینی	تولید به موقع	کیفیت برترمحصولات	بهبود مستمر	عیوب صفر
۰/۲۶۸	۰/۲۵۰	۰/۳۰۳	۰/۲۴۳	۰/۳۰۰	۰/۲۹۰	۰/۲۸۹	۰/۲۹۹
۰/۲۷۶	۰/۳۱۱	۰/۲۴۶	۰/۲۸۸	۰/۲۵۶	۰/۳۰۴	۰/۲۹۶	۰/۲۹۶
۰/۲۵۸	۰/۳۰۴	۰/۳۳۲	۰/۳۴۴	۰/۳۰۷	۰/۳۰۷	۰/۳۰۰	۰/۳۰۶
۰/۲۹۷	۰/۲۷۶	۰/۳۰۰	۰/۲۷۱	۰/۳۱۴	۰/۲۷۲	۰/۲۸۲	۰/۲۸۲
۰/۲۸۳	۰/۲۴۳	۰/۲۲۸	۰/۳۰۶	۰/۲۷۸	۰/۲۴۱	۰/۲۶۲	۰/۲۷۵
۰/۳۴۵	۰/۲۸۶	۰/۲۸۵	۰/۳۲۰	۰/۲۹۶	۰/۲۹۷	۰/۲۶۲	۰/۲۹۶
۰/۲۸۷	۰/۳۶۱	۰/۳۱۴	۰/۲۸۵	۰/۲۷۰	۰/۳۰۴	۰/۲۹۳	۰/۲۸۹
۰/۳۰۸	۰/۳۱۱	۰/۳۴۶	۰/۲۷۴	۰/۲۹۲	۰/۲۹۳	۰/۳۱۴	۰/۲۸۲
۰/۳۲۷	۰/۲۷۹	۰/۲۶۰	۰/۲۰۸	۰/۲۸۹	۰/۲۳۷	۰/۲۹۷	۰/۳۰۶
۰/۳۰۵	۰/۲۹۳	۰/۲۹۲	۰/۳۳۴	۰/۲۹۶	۰/۳۰۰	۰/۲۸۲	۰/۲۸۹
۰/۲۷۲	۰/۲۸۳	۰/۲۵۷	۰/۲۶۴	۰/۲۸۹	۰/۳۰۷	۰/۲۹۳	۰/۲۷۵
۰/۲۰۸	۰/۲۴۳	۰/۲۷۸	۰/۲۹۹	۰/۲۷۴	۰/۳۰۰	۰/۳۰۷	۰/۲۶۸

ARIZ

مدلسازی شی-اثر

پیرایش

روندهای تکامل

تحلیل انهدام

تضادهای تکنیکی

تحلیل کارکرد

تضادهای فیزیکی

دانش – اثرات

نتیجه نهایی ایده آل

رفع اینرسی تفکر

منابع

هر یک از درایه های ماتریس مسئله ی اصلی بر مجذور مجموع توان دوم های مقادیر جدول صورت مسئله تقسیم می گردد.

گام ۲ : به دست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون

رابطه (۲) $$V = N \times W$$

ماتریس مرحله ی قبل را در ماتریس قطری وزن ها (حاصل از آنتروپی شانون) ضرب می کنیم. در واقع جدول زیر حاصل ضرب درایه های هر یک از ستون های جدول قبل در وزن شاخص ها می باشد.

جدول شماره (۷) : وزن دهی به ماتریس نرمالایز شده

V							
به جریان درآوردن ارزش	کاهش هزینه ها	حذف اتلاف	ارزش آفرینی	تولید به موقع	کیفیت برترمحصولات	بهبود مستمر	عیوب صفر
۰/۰۴۸	۰/۰۴۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۸	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸
۰/۰۴۹	۰/۰۵۵	۰/۰۴۸	۰/۰۶۹	۰/۰۱۱	۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸
۰/۰۴۶	۰/۰۵۴	۰/۰۶۵	۰/۰۸۲	۰/۰۱۳	۰/۰۳۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸
۰/۰۵۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۰۶۵	۰/۰۱۴	۰/۰۲۷	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷
۰/۰۵۱	۰/۰۴۳	۰/۰۴۵	۰/۰۷۳	۰/۰۱۲	۰/۰۲۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷
۰/۰۶۲	۰/۰۵۱	۰/۰۵۶	۰/۰۷۶	۰/۰۱۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸

ARIZ

مدلسازی شی-اثر

پیرایش

روندهای تکامل

تحلیل انهدام

تضادهای

تکنیکی								
تحلیل کارکرد	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۶۸	۰/۰۶۲	۰/۰۶۴	۰/۰۵۱
تضادهای فیزیکی	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳	۰/۰۲۹	۰/۰۱۳	۰/۰۶۵	۰/۰۶۸	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵
دانش – اثرات	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۲۴	۰/۰۱۲	۰/۰۵۰	۰/۰۵۱	۰/۰۴۹	۰/۰۵۸
نتیجه نهایی ایده آل	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۳۰	۰/۰۱۳	۰/۰۸۰	۰/۰۵۷	۰/۰۵۲	۰/۰۵۵
رفع اینرسی تفکر	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۳۱	۰/۰۱۲	۰/۰۶۳	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۹
منابع	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۲	۰/۰۷۱	۰/۰۵۵	۰/۰۴۳	۰/۰۳۹

گام ۳ : تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی

$\left(A_j^+\right)$ راه حل ایده آل مثبت : بیشینه ی بردار مقادیر هر معیار در ماتریس V

$\left(A_j^-\right)$ راه حل ایده آل منفی : کمینه ی بردار مقادیر هر معیار در ماتریس V

بیشینه ی هر ستون از ماتریس قبل را به عنوان راه حل ایده آل مثبت و کمینه ی هر ستون را به عنوان راه حل ایده آل منفی مربوط به هر معیار مشخص می کنیم.

جدول شماره (۸) : راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی هر معیار

معیارها	عیوب صفر	بهبود مستمر	کیفیت برتر محصولات	تولید به موقع	ارزش آفرینی	حذف اتلاف	کاهش هزینه ها	به جریان درآوردن ارزش
V+	۰/۰۰۸	۰/۰۱۳	۰/۰۳۱	۰/۰۱۴	۰/۰۸۲	۰/۰۶۸	۰/۰۶۴	۰/۰۶۲
V-	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۰/۰۲۴	۰/۰۱۱	۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶

گام ۴ : محاسبه ی فاصله ی هر گزینه از ایده آل مثبت و ایده آل منفی در هر معیار

رابطه (۳) $d_i^+ =$ فاصله گزینه i ام از ایده آل $= \left\{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij} - V_j^+\right)^2\right\}^{0/5} \quad ; \quad i = 1,2,\dots,m$

رابطه (۴) $d_i^- =$ فاصله گزینه i ام از ایده آل منفی $= \left\{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij} - V_j^-\right)^2\right\}^{0/5} \quad ; \quad i = 1,2,\dots,m$

در فاصله از ایده آل مثبت درایه های هر سطر ماتریس بی مقیاس موزون از ایده آل های مثبت کم شده اند سپس به توان ۲ رسیده و نهایتا از مجموع آنها جذر گرفته شده است. برای فاصله از ایده آل منفی همین روش با بکارگیری ایده آل های منفی انجام شده است.

جدول شماره (۹) : فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی

ابزارها	di+	di-
ARIZ	۰/۰۳۴۹۸	۰/۰۱۸۰
مدلسازی شی–اثر	۰/۰۲۸۲۳	۰/۰۲۴۰
پیرایش	۰/۰۱۸۸۰	۰/۰۴۰۳
روندهای تکامل	۰/۰۲۶۵۰	۰/۰۲۲۸
تحلیل انهدام	۰/۰۳۵۰۲	۰/۰۲۳۷
تضادهای تکنیکی	۰/۰۱۸۹۴	۰/۰۳۴۲
تحلیل کارکرد	۰/۰۱۸۷۲	۰/۰۳۳۵
تضادهای فیزیکی	۰/۰۱۹۹۶	۰/۰۳۲۳
دانش – اثرات	۰/۰۴۰۰۱	۰/۰۱۵۳
نتیجه نهایی ایده آل	۰/۰۱۷۷۵	۰/۰۳۵۲
رفع اینرسی تفکر	۰/۰۳۲۱۶	۰/۰۱۷۷
منابع	۰/۰۳۵۳۶	۰/۰۲۵۶

گام ۵ : تعیین نزدیکی (CL) یک گزینه به راه حل ایده آل

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad ; \quad 0 \le cl_i^+ \le 1 \quad ; \quad i = 1,2,\dots,m$$ رابطه (۵)

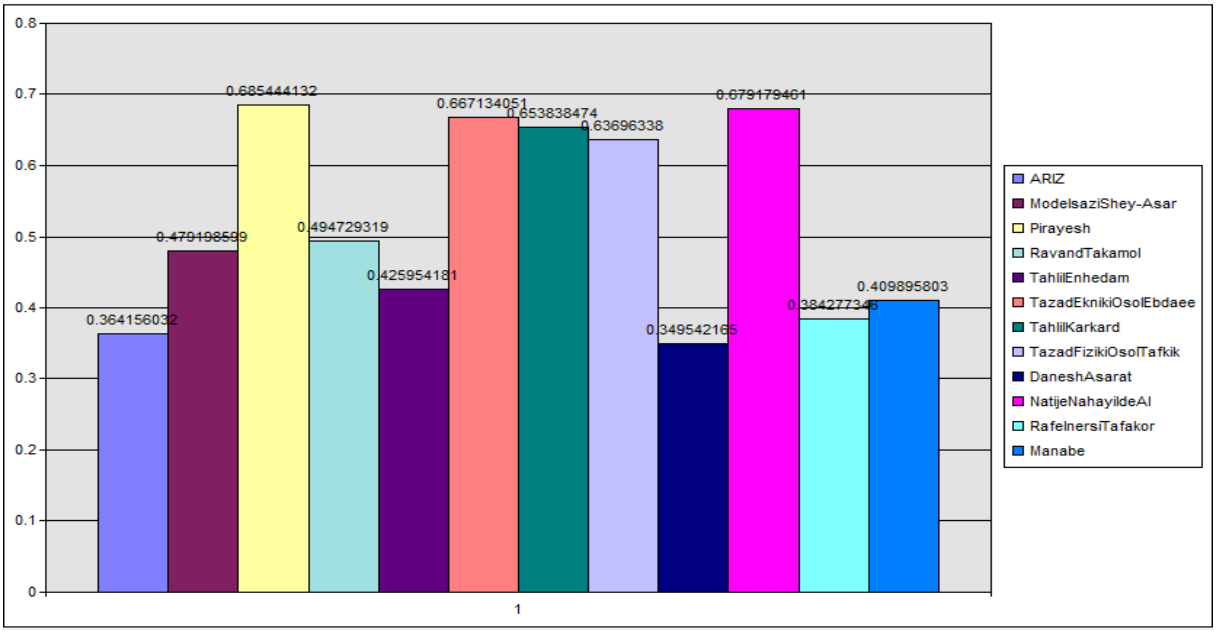
در این مرحله فاصله از ایده آل منفی هر گزینه تقسیم بر مجموع فاصله از ایده آل منفی و فاصله از ایده آل مثبت آن گزینه می گردد.

جدول شماره (۱۰) : نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل

ابزارها	Cli
ARIZ	۰/۳۶۴
مدلسازی شئ – اثر	۰/۴۷۹
پیرایش	۰/۶۸۵
روندهای تکامل	۰/۴۹۵
تحلیل انهدام	۰/۴۲۶
تضادهای تکنیکی	۰/۶۶۷
تحلیل کارکرد	۰/۶۵۴
تضادهای فیزیکی	۰/۶۴
دانش – اثرات	۰/۳۵
نتیجه نهایی ایده آل	۰/۶۷۹
رفع اینرسی تفکر	۰/۳۸۴
منابع	۰/۴۱

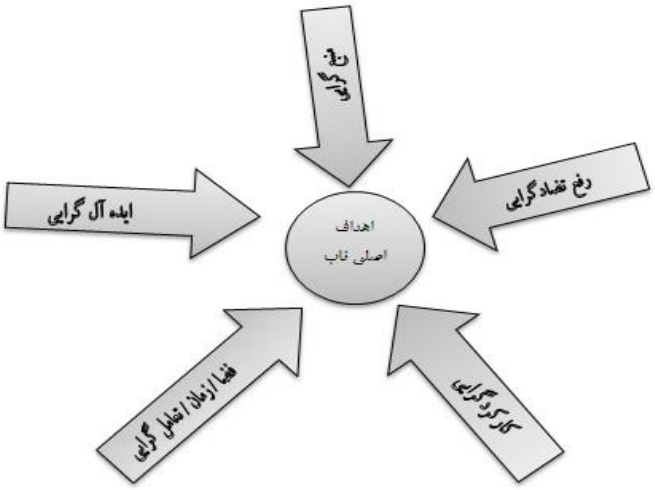
گام ۶ : رتبه بندی گزینه ها

هر گزینه ای که CL آن بزرگتر باشد، دارای اولویت بالاتری است. با توجه به فرمول مورد استفاده در گام ۵، نتایج نرم افزار نشان داد که، ابزار پیرایش با وزن نسبی ۰/۶۸۵ در اولویت اول قرار دارد، ابزار نتیجه نهایی ایده آل با وزن نسبی ۰/۶۷۹ در اولویت بعدی قرار دارد، ابزارهای تضادهای تکنیکی و اصول ابداعی، تحلیل کارکرد، تضادهای فیزیکی و اصول تفکیک، روندهای تکامل، مدلسازی شی– اثر، تحلیل انهدام، منابع، رفع اینرسی تفکر و ARIZ به ترتیب با وزن های ۰/۶۶۷ ، ۰/۶۵۴، ۰/۶۴ ، ۰/۴۹۵ ، ۰/۴۷۹ ، ۰/۴۲۶ ، ۰/۴۱، ۰/۳۸۴ ، ۰/۳۶۴ در رتبه های سوم تا یازدهم قرار داشته و در نهایت ابزار دانش – اثرات با وزن نسبی ۰/۳۵ در اولویت آخر قرار دارد که نتایج نرم افزاری آن در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.



نمودار شماره (۱) : رتبه بندی ابزارها بر اساس نزدیکی به راه حل ایده آل

مطالعه ی ادبیات ناب و تریز ابعاد مختلفی از همسویی اهداف دو تکنیک را روشن می سازد و مبنا قرار دادن و بکارگیری ستون های تفکر تریز می تواند تا حد زیادی منجر به دستیابی اهداف اصلی تولید ناب که همان ارزش آفرینی و حذف اتلاف هستند، گردد. چنانکه کارکردگرایی و ابزارهای مرتبط با آن می تواند ارزش های اساسی مورد نظر مشتریان را تعیین کند، ایده آل گرایی می تواند چگونگی دستیابی به آن ارزش ها را در قالب روش، محصولات و یا خدمات ایده آل تعریف کند. فضا / زمان / تعامل گرایی با کشف روابط علت و معلولی و رفع تضادگرایی با شناسایی تضادهای موجود در سیستم های فنی سعی دارد، با اجتناب از مصالحه های مرسوم در سایر روش ها، اتلاف های موجود را شناسایی کرده و سعی در رفع آنها داشته باشند. منبع گرایی نیز تلاش می کند به طور پیوسته منابع موجود در دسترس سیستم را شناسایی نموده تا با استفاده از آنها ارزش مورد انتظار مشتریان را حداکثر سازد.



شکل شماره (۳) : اثر گذاری ستون های تفکر تریز بر اهداف تولید ناب

در این پژوهش با اتکاء به پیش فرض فوق سعی گردید، ابزارهای کاراتر تریز در دستیابی به اصول تولید ناب شناسایی شده و بر اساس میزان اثر گذاری اولویت بندی گردند. برای این منظور نیز از تکنیک تاپسیس به عنوان یکی از کارآمدترین روش های تصمیم گیری چند شاخصه استفاده گردید و پس از تحلیل داده های جمع آوری شده در این پژوهش، ابزارهای ۱۲ گانه ی تریز براساس میزان تاثیرگذاری آنها بر معیارهای تولید ناب به صورت زیر رتبه بندی گردیدند:

۱- پیرایش
۲- نتیجه نهایی ایده آل
۳- تضادهای تکنیکی و اصول ابداعی
۴- تحلیل کارکرد
۵- تضادهای فیزیکی و اصول تفکیک
۶- روندهای تکامل
۷- مدلسازی شئ – اثر
۸- تحلیل انهدام
۹- منابع
۱۰- رفع اینرسی تفکر
۱۱- ARIZ
۱۲- دانش – اثرات

نتایج رتبه بندی ابزارهای تریز حاکی از آن است که ، ابزار پیرایش در اولویت اول قرار دارد که یک ابزار تحلیلی می باشد که در ساختاردهی مسئله و تحلیل شرایط نقش اساسی دارد و به طور مستقیم باعث حذف اتلاف و آفرینش ارزش می شود و با توجه به فاصله نسبی ابزارها تا راه حل ایده آل، فاصله نسبی ابزارهای پیرایش، نتیجه نهایی ایده آل، تضادهای تکنیکی و اصول ابداعی، تحلیل کارکرد و تضادهای فیزیکی و اصول تفکیک بزرگتر از ۰/۵ می باشد و به عنوان ابزارهای کاراتر تریز در این پژوهش، جهت دستیابی به تولید ناب و به منظور استفاده عملیاتی در خط تولید تعیین گردیدند.

ابزار پیرایش

این ابزار به دنبال آن است که،کارکردهای اصلی با کمترین اجزای کمکی تحقق یابند و اجزای غیر ضروری سیستم حذف شوند. ابزار پیرایش با نام های هرس و یا کاهش قطعات نیز شناخته می شود. بکارگیری این ابزار همچون دیگر ابزارهای حل مسئله در تریز، به شناخت دقیق سیستم، زیر سیستم ها و تعاملات آنها وابسته است. از این منظر مدل تحلیل کارکرد و خواص نقطه ی شروع مناسبی برای بکارگیری این ابزار است و اگر یک مدل تحلیل کارکرد و خواص از یک سیستم تهیه شده باشد، بکارگیری ابزار پیرایش بسیار ساده خواهد بود. هدف اصلی این ابزار، حذف عناصر ناخواسته است. چگونه می توان عناصر ناخواسته را تشخیص داد و ترتیب حذف آنها چگونه است؟ پاسخگویی به این سوال الگوریتم بکارگیری ابزار پیرایش را شکل خواهد داد.در ادامه نیز پیشنهاد هایی مبتنی بر یافته های پژوهش به مسئولین شرکت صنعتی نیرو محرکه و محققین آینده ارائه می گردد :

ممکن است درصد قابل قبولی از کل هزینه های شرکت به خرید کالاها و مواد خام اختصاص یابد. بنابراین، شرکت ها باید اقدام به بهبود عملکرد تامین کنندگان بکنند تا از اتلافات ناشی از عدم جریان ارزش در شرکت های تامین کننده جلوگیری به عمل آید و از آنجایی که خرید های شرکت صنعتی نیرو محرکه مبتنی بر سفارش هر قطعه و هر نوع مواد خام به چند تامین کننده می باشد، لذا شرکت باید در صدد کاهش تعداد تامین کنندگان و بهبود عملکرد آنها باشد. ابزار پیرایش می تواند شرکت را در این امر مهم یاری کند. به این صورت که برای کاهش تعداد تامین کنندگان و بهبود عملکرد آنها پس از فرموله بندی مسئله و شناسایی همه ی ارتباطات موجود بین اجزاء (تامین کنندگان)، به کمک یک متخصص تریز و با بکارگیری الگوریتم این ابزار، تامین کنندگان غیر ضروری را حذف، و کار را با اصلی ترین تامین کنندگان شروع کند و به آنها بیاموزد که چگونه ارزش را ببینند و آن را به حرکت در بیاورند .برای این امر مهم باید زمان های تبدیل ماشین آلات در شرکت های تامین کننده تقلیل یابند که در نتیجه ی این تقلیل، تولید بموقع و در پی آن اصول ناب در سازمان تحقق می یابند.

خلاصه اینکه که، ابزار پیرایش می تواند با کاهش تعداد تامین کنندگان و سامان دهی آگاهانه به زیر سیستم ها شرکت صنعتی نیرو محرکه را در جهت بهبود و ارتقای سیستم خود هدایت کند و در ایجاد نسل جدیدی از سیستم که با تکیه بر ارزش مورد نظر

مشتری سعی در کاهش زوائد، اتلاف ها و کارکرد های غیر مفید دارد، موثر واقع شود. لذا این ابزار به مدیران شرکت صنعتی نیرو محرکه پیشنهاد شد.

۱. با توجه به سرعت اعجاب انگیز تغییرات و نوآوری ها در سطح شرکت ها و وضعیت نه چندان مناسب شرکت صنعتی نیرو محرکه در ایجاد این تحولات، توجه بیشتر به اصول تریز و خلاقیت و نوآوری در این سازمان به شدت احساس می شود. بنابراین استفاده از رفتار و نگرش فعالتر نسبت به پیاده سازی و استفاده از اصول و ابزارهای تریز به مدیران این شرکت توصیه گردید.

۲. از آنجایی که ۸ معیار تولید ناب که در این پژوهش استفاده شد تماما برگرفته از اصول تولید ناب هستند و با مشاوره خبرگان از بین ۱۵ معیار انتخاب گردیدند استفاده از آنها به عنوان معیارهای منتخب تولید ناب به مدیران شرکت صنعتی نیرو محرکه پیشنهاد گردید.

۳. با توجه به اینکه مطالعه ی ادبیات ناب و تریز جنبه های مختلفی از همسویی اهداف هر دو رویکرد را مشخص می نماید و نتایج این پژوهش نیز بر این موضوع صحه گذاری می نماید. لذا جهت دستیابی به تولید ناب به مدیران شرکت نیرو محرکه پیشنهاد شد که با بهره گیری از تکنیک تریز و متدولوژی مورد استفاده در این پژوهش به این مهم دست یابند.

۴. بنابر نتایج رتبه بندی، لزوم توجه بیشتر به ابزارهای پیرایش، نتیجه نهایی ایده آل، تضادهای تکنیکی و اصول ابداعی، تحلیل کارکرد و تضادهای فیزیکی و اصول تفکیک به عنوان ابزارهای کاراتر تریز در این پژوهش، به منظور استفاده عملیاتی در خط تولید به مسئولین شرکت صنعتی نیرو محرکه پیشنهاد گردیدند.

۵. استفاده از اصول ناب و تریز یک روش سیستمی است که مستلزم مشارکت و همکاری همه شرکا در زنجیره ارزش است.لذا آشنایی با جزئیات تکنیک های تولید ناب و تریز، آموزش آگاهانه و استفاده از آنها توسط همه شرکای شرکت نیرو محرکه برای رسیدن به موفقیت لازم است تا بدین طریق حذف اتلاف و ارزش آفرینی در کل سازمان محقق گردد.

٤-منابع

1. Abbassinia, M., Kalatpour, O., Motamedzadeh, M., Soltanian, A., & Mohammadfam, I. (2020). The application of lean production in reducing human error and improving response in emergencies: A case study in a petrochemical industry. *Iranian Journal of Ergonomics*, *8*(2), 39-49.

2. Arabi, S., M & Hamidrafiee, M.A. (1999). An Introduction to Qualitative Research: Philosophical Attitudes, Methods and Methods of Information Collection. Management Quarterly(6(21)), 124-138.

3.Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & lean production systems: A use cases analysis. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1061-1068.

4. Duflou, J. R., & D'hondt, J. (2011). Applying TRIZ for systematic manufacturing process innovation: the single point incremental forming case. Procedia Engineering, 9, 528-537.

5. Ekmekci, I. N., E.E. (2019). triz Methodology and Applications. (Time,158), 303-315. Ghazanfari, m. (2008). *Production management system*.

6. Fazlalizadeh, R., Naderi, E., & Naraghi, M. S. (2015). Integration office (Information and Communication Technology) with Elements of Undergraduate Program Curriculum in Educational Sciences of Farhangian University in Tehran. Fen Bilimleri Dergisi (CFD), 36(6).

7.Hoellthalerd, G. B. S. R., T. (2018). Requirements for a methodology for the assessment and selection of technologies of digitalization for lean production systems. (79), 198-203.

8.Issa, U. H. (2013). Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. Alexandria Engineering Journal, 52(4), 697-704.

9.Jaffari, M. S., M.A.Rahimi,N & Zarghami,H. (2016). Investigating the effect of knowledge-based training on promoting creativity, empowerment and Bahman Diesel Company's

production line management skills. *Journal of Innovation and creativity in the humanities*, *6(2):77-100*.
10.Jaffarnezhad, A. A. A. (2011). *Lean production and pure measurement in organizations*. Mehrban Book Publishing Institute.
11.Johansson, J., & Abrahamsson, L. (2009). The good work–A Swedish trade union vision in the shadow of lean production. Applied ergonomics, 40(4), 775-780.
12.Li, Y.-x., Wu, Z.-x., Dinçer, H., Kalkavan, H., & Yüksel, S. (2021). Analyzing TRIZ-based strategic priorities of customer expectations for renewable energy investments with interval type-2 fuzzy modeling. *Energy Reports*, *7*, 95-108.
13.Molla, M., Abbasi, E., & Choobchian, S. (2019). Factors Influencing Implementation of Lean Production Principles in Small and Medium-sized Food Enterprises of Khuzestan Province. *Journal of food science and technology (Iran)*, *16*(87), 239-253.
14.Noorwali, A. (2013). Apply lean and Taguchi in different level of variability of food flow processing system. Procedia Engineering, 63, 728-734.
15.Pena, R., Ferreira, L., Silva, F., Sá, J., Fernandes, N., & Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1387-1394.
16.Rossini, M., Costa, F., Tortorella, G. L., & Portioli-Staudacher, A. (2019). The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *102*(9), 3963-3976.
17.Saetta, S., & Caldarelli, V. (2020). Lean production as a tool for green production: the Green Foundry case study. *Procedia Manufacturing*, *42*, 498-502.
18.Yang, L., Yi, S., Mao, X., & Tao, G. (2018). Innovation design of fertilizing mechanism of seeder based on TRIZ theory. *IFAC-PapersOnLine*, *51*(17), 141-145.
19.Yu, H., & Fan, D. (2012). Man-made boards technology trends based on TRIZ evolution theory. Physics Procedia, 33, 221-227.
20. Zarghami, H., Jafari, M., & Akhavan, P. (2018). Application of TRIZ Methodology to Detect and prioritize Problems among Iranian Triple Helix Actors using (Case study: at Nanotechnology Sector). *Innovation Management Journal*, *6*(4), 99-136.
21.Zhang, J., & Shang, J. (2010). Research on developing environmental protection industry based on TRIZ theory. Procedia Environmental Sciences, 2, 1326-1334.

Investigation of TRIZ-Based Lean Manufacturing Process and Ranking of Its Tools Using Multi-Criteria Decision Making Technique (Case study: Niro Mohrakeh Industrial Company)

Seyed Hassan Zabeti Asl
Department of Industrial Management, Karaj Branch, Islsmic Azad University, Karaj, Iran
Ebrahim Ali Razini (Correspodning Author)
Department of Industrial Management, Karaj Branch, Islsmic Azad University, Karaj, Iran
Email: a_razini@yahoo.com
Mehrdad Hoseini Shakib
Department of Industrial Management, Karaj Branch, Islsmic Azad University, Karaj, Iran

Abstract
Flawless product production is one of the strategic goals of any organization. However, achieving this goal is not possible without eliminating waste. Lean production method is used as a way to reduce waste. The main philosophy of lean production in one sentence can be "the elimination of any activity and process that does not create value." Such activities are called wastage. This is achieved by techniques called lean manufacturing tools. The lean literature offers a variety of methods for identifying and disposing of waste, but many organizations still face several difficulties in implementing lean manufacturing systems. This study tries to use Triz as a powerful, efficient and structured tool that has opened a different perspective in the field of defining and solving problems facing human beings, to reduce waste in the driving force industrial company and use its problem-solving tools as solutions. Introduce effective in order to achieve pure principles in this organization. For this purpose, Topsis technique was used as one of the most efficient MADM methods and more efficient Triz tools in achieving pure principles were identified and prioritized based on effectiveness. According to the ranking results of Triz tools, the splicing tool is in the first priority, which is an analytical tool that plays a key role in structuring the problem and analyzing the situation, and directly eliminates the loss and creation of value.

Keywords: Lean Production, Triz Tool, Niroo Mohrakeh Industrial Company.