

مدل های ترکیبی مهندسی ارزش و TRIZ

سیامک فرشاد

استادیار دانشکده‌ی مهندسی راه آهن - دانشگاه علم و صنعت ایران

Farshad@iust.ac.ir

احسان خاوندکار

بابک ابراهیمی

مریم خواجه افضلی

دانشجویان کارشناسی مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

انجمن علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

مهندسی ارزش متدولوژی سامانه‌مند و گروه‌گرایی است که با تجزیه و تحلیل کارکردهای محصول/خدمت، تلاش می‌کند با ارزش‌ترین کارکرد با صرف کم‌ترین هزینه را، بدون چشم‌پوشی از ایمنی، قابلیت اطمینان، قابلیت نگهداری و تعمیرات، کیفیت و سایر مشخصه‌های مطلوب محصول/خدمت محقق سازد. از سوی دیگر متدولوژی TRIZ با گردآوری کارآترین تجربیات حاصل از اختراعات و حل مسایل پیچیده‌ی طراحی و مهندسی، امکان شناسایی هم‌زمان کارکردهای مفید و زیان‌بار و مولفه‌های فیزیکی یک محصول/خدمت و ارائه‌ی بهبودیافته‌ترین کارکرد جایگزین برای آن را، داراست. در این میان بروز قابلیت‌های هم‌افزایی این دو متدولوژی، امکان کاربری هم‌زمان آنها را در حل مسایل، بهبود کارکرد و افزایش ارزش جالب توجه می‌سازد. مقاله‌ی حاضر ضمن معرفی ابزار توانمند و کارای TRIZ و بازنمایی نقاط ضعف مهندسی ارزش در مرحله‌ی آنالیز کارکرد- نمودار FAST و پروسه‌ی ایده‌پردازی، از خلال بررسی امکان هم‌افزایی این دو متدولوژی به ارائه‌ی مدل کارکردی جدید UHP-FAST برای آنالیز کارکرد پرداخته و از خلال مدل ارائه‌شده و قابلیت‌های افزوده شده توسط آن در فاز اطلاعات و مدل بهبودیافته‌ی طوفان ذهنی بوسیله‌ی TRIZ در قالب طوفان ذهنی جهتدار، برای پروسه‌ی ایده‌پردازی فاز خلاقیت پرداخته خواهد شد. در نهایت با توجه به مدل ارائه‌شده و اعمال این مدل و پیش‌فرض‌ها در برنامه‌ی کاری سنتی مهندسی ارزش، برنامه‌ی کاری جدید برای مهندسی ارزش پیشنهاد خواهد شد.

کلمات کلیدی: مهندسی ارزش - TRIZ - مدل آنالیز کارکردی - UHP-FAST¹ - طوفان ذهنی - جهت‌دار - برنامه‌ی کاری

۱- مقدمه

دستیابی به کارکرد بهبود یافته و ارزش افزونتر، به همراه کاهش هزینه، به عنوان گزینه‌ای ایده‌آل و تاثیرگذار در حوزه تصمیم‌گیری مدیریتی مطرح است. از اینرو، از نقطه نظر مدیریت، متدولوژی‌های ارزش-محور به عنوان رویکردی ارزش-افزا همواره به عنوان ابزاری قابل اتکا برای تغییر پنداشته شده است [3], [1]. اما بروز پیچیدگی‌های جدید در شرایط بازار و دشواری بقا در فضای رقابتی حاضر، لزوم روزآمدی و تطبیق مهندسی به کار رفته در فرآیند بهبود ارزش با شرایط پیش آمده را ضروری ساخته است. مهندسی به کار رفته در فرآیند بهبود ارزش و یا به عبارت بهتر مهندسی ارزش، بایستی ساختار تحلیل و خلاقیت زایی لازم برای کارکردهای سامانه و ارایه ایده‌های ارتقا آن را با خود به همراه داشته باشد.

بایستگی وجود برنامه‌کاری، با قابلیت تحلیل تمام کارکردها (اعم از مفید و زیان‌بار) و مولفه‌های فیزیکی سامانه و پروسه‌ای ساخت یافته به منظور ارایه ایده‌ها، برای تیم مهندسی ارزش، فرصتی به منظور رهایی از پوسته‌های سنتی مهندسی ارزش را فراهم می‌آورد که، ضرورت انجام مطالعات موازی برای شناسایی و بکارگیری متدولوژی‌ها و ابزارهایی در جهت بهبود فرآیند حاضر را بیش از پیش نمایان می‌سازد. در این میان TRIZ به عنوان متدولوژی نظام‌مند و ابزاری خلاقانه برای حل مسئله، این توانایی را داراست تا ضمن پوشش نقایص برنامه‌کاری مهندسی ارزش به ترکیبی هم افزا و کارا با آن دست یابد. مدلی که علاوه بر ارایه تحلیلی همه جانبه از کارکردهای سامانه به خلق ایده‌هایی با قابلیت اجرا و صرفه جویی هزینه بالا بیانجامد.

در نحوه ارایه مطالب، فرض بر آن بوده است که اکثر مخاطبان با مفاهیم مهندسی ارزش آشنا می‌باشند، لذا صرفاً مختصری راجع به برنامه‌کاری مهندسی ارزش که در مقاله‌ی حاضر مبنا قرار داده شده است، صحبت به میان آمده است. از آنجایی که تصور بر آن بوده که مخاطبان کمتر با مفاهیم TRIZ آشنایی دارند لذا توضیح مفصل‌تری پیرامون آن ارایه گردیده است. بحث اصلی مقاله با مقایسه دو متدولوژی مهندسی ارزش و TRIZ آغاز گشته و سپس به ارایه و توصیف مدل کارکردی UHP-FAST، بر اساس قابلیت‌های هم‌افزایی مهندسی ارزش و TRIZ به عنوان جایگزین نمودار FAST پرداخته شده است و پس از آن مدل بهبود یافته پروسه ایده‌پردازی با استفاده از ابزار TRIZ ارایه و در نهایت مدل ترکیبی برنامه‌کاری مهندسی ارزش و TRIZ پیشنهاد گشته است.

۲- برنامه کاری مهندسی ارزش

همانند سایر مطالعات و برنامه‌های کاری ارزش-محور، مهندسی ارزش نیز دارای برنامه کاری نظام‌مند و ساخت‌یافته‌ای است [4]. این برنامه کاری فعالیت‌های مطالعه مهندسی ارزش را در قالب شش فاز به انجام می‌رساند. مراحل برنامه‌کاری حاضر با تکیه بر هم پوشانی فازها ارایه شده است [2], [9], [11], [12].



گام	رویه
اطلاعات	در این فاز تیم مهندسی ارزش، سامانه پیشنهادی را به منظور شناسایی کارکردهای اساسی که از طریق آن کارایی و صرفه‌جویی افزایش می‌یابد مورد شناسایی و ارزیابی قرار می‌دهد. این کارکردها و وظایف در قالب نمودارهای FAST ساماندهی می‌شوند. نمودارهای FAST برای تحلیل و
خلاقیت	در این فاز تیم مهندسی ارزش، کارکردهای خاصی را برای تحلیل بیشتر و با اولویت هزینه و امکان بهبود انتخاب می‌کند. برگزاری جلسات طوفان ذهنی و گاهی دیگر تکنیک‌های خلاقیت‌زایی به منظور ایجاد کارکردها یا روش‌های جایگزینی
ارزیابی	در این فاز عموماً ایده‌های حاصل از برگزاری جلسات طوفان ذهنی مورد ارزیابی قرار گرفته و ایده‌های مشابه ترکیب و دسته‌بندی می‌شوند. تیم مهندسی ارزش در مورد منافع نسبی و معایب هر ایده به بحث و تبادل نظر می‌پردازد. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و سایر تکنیک‌ها در این فاز به کار گرفته می‌شوند تا ایده‌ها را بر معیار استفاده از منابع، سهم کارکرد، قابلیت احداث، املت‌بندی، کنند.
ایجاد و توسعه	در این فاز بروی ایده‌هایی را که فاز ارزیابی برگزیده شده‌اند تست‌های فنی دامن‌داری شامل کمیت‌های خاص، هزینه‌ها و محاسبات صورت می‌پذیرد. در گام بعدی بر روی ایده‌هایی که از نقطه نظر فنی انجام پذیر به نظر رسیده‌اند تحلیل‌های اقتصادی صورت می‌پذیرد. ایده‌های مطلوب
گزارش و ارائه	همه ایده‌ها، محاسبات و تحلیل‌های هزینه که در طول فرآیند مهندسی ارزش تا بدین فاز صورت پذیرفته در قالب نتایج مطالعه به تصمیم‌گیران کلیدی پروژه ارائه می‌شود و در نهایت گزارشی با هدف مستندسازی متدولوژی تحلیل نتایج
پیاده‌سازی	طرح پیشنهادی پذیرفته شده، در پروژه به اجرا در می‌آید.

جدول شماره یک: برنامه‌کاری مهندسی ارزش

۳- نظریه حل ابتکاری مسئله (TRIZ)

درست در همان زمانی که میلز مهندسی ارزش را پایه‌ریزی می‌کرد، آلتشولر^۱ به دنبال روشی برای حل خلاقانه مسئله بود. مسئله‌ای که ذهن او را به خود مشغول می‌کرد حاوی این پرسش بود که آیا اختراع صرفاً محصول نبوغ خلاقانه است، یا بر پایه ساختار یا روشی که توسط آنها اختراعات پدید می‌آیند استوار است. از ۲۰۰/۰۰۰ اختراعی که او به مطالعه آنها پرداخت، ۴۰ طرح و الگوی نوآوری را در آنها آشکار ساخت. آلتشولر معتقد بود که این الگوها می‌توانند پایه و اساس یک متدولوژی ساخت یافته نوآوری باشند، او این متدولوژی ساخت یافته را TRIZ نامید [8].

۳-۱- ابزارهای متدولوژی TRIZ

ابزارهای متدولوژی TRIZ به دو دسته‌ی، ابزارهای تحلیلی برای تعریف و ساختاردهی مسئله و ابزارهای مبتنی بر دانش که پایگاه اطلاعاتی لازم برای خلق ایده‌ها را فراهم می‌آورند، تقسیم می‌شوند [6].

۳-۱-۱- ابزارهای تحلیلی برای تعریف و ساختاردهی مسئله

ابزارهای تحلیل‌گرای TRIZ به منظور شناسایی و ساختاردهی مسائل در قالب دو دسته زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

¹ Altshuller



پرسشنامه شناخت موقعیت‌های نوآوری ISQ به منظور پیاده سازی TRIZ، بایستی مسئله به صورت صحیح تعریف و مختصات آن شناسایی شود. از اینرو پرسشنامه شناخت موقعیت‌های نوآوری ISQ جهت جمع‌آوری و مستندسازی اطلاعات لازم توسط تیم مجری TRIZ تهیه و تکمیل می‌گردد. ایده‌پردازی توسط اعضای تیم به عنوان فاکتوری اساسی برای تکمیل این پرسشنامه بشمار می‌رود. اطلاعات مندرج در این پرسشنامه پیرامون موضوعات زیر می‌باشند:

- سامانه‌ای که مایل به ایجاد یا بهبود آن هستیم و محیط پیرامونی (اسم، ساختار، کارکردها و دلیل اجرای آنها، محیط سامانه)
 - موقعیت مسئله (تاریخچه پیدایش، ایجاد بهبودهای مطلوب یا حذف اثرات فرآیندی که باعث ایجاد مسئله شده است).
 - تغییر دادن سامانه (تغییرات ممکن در سامانه، محدودیت‌هایی که برای تغییر سامانه وجود دارد).
 - منابع موجود، تمام دارایی‌ها و موقعیت‌های درون سامانه و محیط اطراف آن که برای بهبود سامانه به کار گرفته می‌شوند. این منابع در ۶ سطح طبقه‌بندی می‌شوند؛ منابع کارکردی، اطلاعاتی، زمانی، مکانی، مواد و زمینه‌ها.
 - تاریخچه راه‌حل‌ها آزمایش شده روی مسئله (تلاش‌هایی که در گذشته برای سامانه‌هایی با مسایل مشابه انجام شده است).
 - معیار انتخاب ایده‌های راه‌حل (مشخصات فنی و اقتصادی مطلوب، زمانبندی مطلوب و سطح نوگرایی مورد انتظار) [15]
- فرموله کردن مسئله: فرموله کردن جهت ساختار دهی به مسئله و تعیین کارکردهای مفید و زیان‌بار سامانه و رابطه بین آنها بکار برده می‌شود. این ابزار، مسئله را بر حسب تناقض‌های فنی بیان کرده، سپس به بررسی این نکته پرداخته می‌شود که آیا بهبود یک مشخصه فنی موجب بدتر شدن دیگر مشخصات فنی و ایجاد مسایل ثانویه دیگر گردیده است یا خیر. کارکردهای زیان‌بار شامل ورودی‌های نامطلوبی چون: هزینه، انرژی مصرف شده، آلودگی، خطر و فضای اشغال شده هستند. حالت ایده‌آل شرایطی است که فقط منافع وجود داشته باشند. از این رو از نقطه نظر طراحی مهندسان باید به پیگیری منافع بیشتر و کاهش هزینه کار، مواد، انرژی و تاثیرات منفی بپردازند [16].

۳-۱-۲- ابزارهای حل مسئله مبتنی بر دانش

این ابزار که به ابزار کلاسیک TRIZ نیز شهرت دارند به چهار گونه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

تحلیل تناقض: از این ابزار، برای حل مسایلی که به شکل یکی از تناقض‌هایی که با انطباق پارامترهای ۳۹ گانه پدیدار گشته، استفاده می‌شود. این ابزار بیشترین کاربرد را در TRIZ کلاسیک دارا می‌باشند. از نظرگاه TRIZ همه مسایل تکنیکی حداقل دارای یک تناقض هستند. این موضوع بدان معنا است که اگر به طور مثال کارکرد/الف به وقوع کارکرد ج نیازمند باشد و ایجاد کردن ج نیز به کارکرد ب لطمه وارد کند یا کارکرد منفی ب را به وجود آورد. این بدان معنا است که ما با یک تناقض روبرو شده‌ایم. TRIZ با به کارگیری جدول تناقض‌ها از اطلاعات موجود و اسناد ثبت اختراع برای پیدا کردن راه‌حل‌های احتمالی استفاده می‌کند [13].

ایده‌آل سازی: این ابزار بیشتر در فرموله کردن و حل تناقض‌ها به کار می‌رود. در این ابزار، حل مسئله با فرمول بندی آن آغاز می‌گردد، این امر سبب می‌شود که کارکردهای زیان‌بار و همین‌طور کارکردهای مفید مسئله مورد شناسایی قرار گیرند. از دریچه TRIZ ایده‌آل بودن نسبت مجموع کارکردهای مفید سامانه به مجموع کارکردهای زیان‌بار آن است. ایده‌آل بودن برای هر سامانه در اثر تغییراتی که موجب کاهش کارکردهای زیان‌بار آن سامانه می‌گردد، ایجاد می‌گردد.

الگوهای تکامل: ابزار قدرتمندی برای تسهیل طراحی نسل‌های بعدی (آینده) یک محصول یا فرآیند هستند

تحلیل شیء-اثر: این ابزار، برای ایجاد ایده‌هایی پیرامون طراحی‌های موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد، که از دیگر حوزه‌های دانش برای طراحی‌های موجود استفاده می‌کند [14], [6].

۴- مقایسه کارکردهای مهندسی ارزش و TRIZ

حال با توجه به ارائه تعاریف و بازشناسی برنامه کاری متدولوژی‌های مهندسی ارزش و همچنین TRIZ، به مقایسه کارکرد و نتایج پیاده‌سازی این دو متد به طور مجزا می‌پردازیم:



TRIZ	VE
هرچند در آغاز بر مسائل مکانیکی متمرکز بوده است، اما بیشترین کارایی را پیرامون مسائل فنی دارا می‌باشد، و در عین حال برای مطالعه مسائل مدیریتی، کارایی کافی	در گستره وسیعی از مسائل همچون فرآیندها و مطالعات مدیریتی، پیش مطالعات اجرایی پروژه‌ها و غیره کارایی دارد.
دارای معیاری برای اندازه‌گیری مجموع کارایی سامانه بوده و می‌تواند میزان تکامل فرآیند را اندازه‌گیری کند.	توانایی اندازه‌گیری میزان پیشرفت فرآیند و مجموع کارایی سامانه را ندارد.
به سرعت مسائل و پارامترهای مقداری را تحلیل نموده و راه‌حل‌ها و راهکارهای ممکن پیشنهادی خود را ارائه می‌دهد.	به اندازه TRIZ در شناخت مسئله اصلی و مرکزی کارا نیست.
امکان فرموله کردن مسئله، و همچنین شناسایی کارکردهای زیانبار و کارکردهای مفید و روابط میان آنها را، داراست.	نمودارهای FAST توانایی شناسایی کارکردهای زیانبار را نداشته و نمی‌توانند روابط بین کارکردهای زیانبار را با سایر کارکردها به اندازه TRIZ شناسایی کند
راه‌حل‌هایی ابتکاری و با گستره وسیع برای	نوآوری محدود به تحلیل و تجربه تیم مهندسی
یک پایگاه نرم افزاری مفید و کارا با گستره ابداع وسیع داراست	پایگاه نرم افزاری برای ابداع نداشته و پارامترهای مهندسی و فیزیکی TRIZ را با خود به همراه ندارد.
از آنجایی که TRIZ، معمولاً به عنوان فرآیند بهبود کلی سامانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، توانایی اعمال بهبودها بر روی زیر سیستم‌ها را نیز دارا بوده و پتانسیل	توانایی اعمال تغییرات کوچک و قابلیت تجدید نظر در کل سامانه و اصلاح آن را داراست. از مجموعه‌ای از ابزارهای ارزیابی مانند مقایسات دوگانه در طول مرحله تحلیل
مستقیماً به منظور ایجاد فرآیندهای گروه‌گرا بکار نمی‌رود. اگر تیم TRIZ و تیم پروژه جدا از هم تشکیل شوند عموماً کارکرد ارتباطی متفاوتی با هم پیدا	به ایده‌آل فرآیند کارگروهی نزدیکتر بوده، بویژه با قابلیت تحلیل کارکرد در مطالعات توسعه فرآیند نسل‌های بعدی محصول/خدمات و FACDS
فقط راه‌حل‌ها و مزایای فنی را ارائه می‌کند و تحلیل هزینه/سود را بر عهده تیم پروژه	مهندسی ارزش به عنوان یک اسلوب کاری، طرح‌های پیشنهادی خود را در شکلی با
حاوی استراتژی پیاده‌سازی نیست.	استراتژی‌های پیاده سازی جز ذاتی

۵- بهبود متدولوژی، جدول شماره دو: مقایسه کارکردهای مهندسی

TRIZ

براساس آنچه از جدول مقایسه کارکردهای مهندسی ارزش و TRIZ برآمد، لزوم انجام مطالعات موازی و امکان‌سنجی قابلیت‌های هم‌افزایی این دومتدولوژی بیش از پیش آشکار می‌گردد. ازاینرو مقاله حاضر به عنوان بخشی از نتیجه انجام مطالعات همزمان مهندسی ارزش و TRIZ، از خلال تحلیل ضعف‌های برنامه کاری مهندسی ارزش در آنالیز کارکردی و نمودار FAST (فاز اطلاعات) و همچنین کرانمندی پروسه ایده‌پردازی آن (فاز خلاقیت)، به ارایه مدل آنالیز کارکردی (UHP-FAST) بر اساس کارکردهای مفید، زیانبار، و مولفه‌های فیزیکی سامانه و روابط مابین، به جای نمودار FAST و همین‌طور مدل ارتقایافته‌ای برای پروسه ایده پردازی با تکیه بر منطق و ابزار FAST خواهد پرداخت. در نهایت، فرآیندهای بهبود یافته در قالب برنامه کاری ترکیبی مهندسی ارزش-TRIZ به عنوان جایگزین برنامه کاری سنتی مهندسی ارزش، پیشنهاد خواهد شد.

۵-۱- مدل آنالیز کارکردی UHP-FAST²

مدل حاضر با تأکید بر افزودن کارکردهای زیانبار و مولفه‌های فیزیکی سامانه برپایه نمودار FAST از طریق بکارگیری منطق ابزارهای ISQ، ایده‌آل سازی، فرموله کردن، متدولوژی TRIZ و به عنوان جایگزینی برای نمودار FAST فاز اطلاعات متدولوژی مهندسی ارزش ارایه گردیده است.

² Useful, Harmful, Physical component Function Analysis System Technique



۵-۱-۱- اجزای مدل:

کارکردها:

کارکردهای مفید / اولیه: کارکردهای اساسی که سامانه برای تحقق آنها طراحی شده است .
 کارکردهای مفید ثانویه: کارکردهای مفیدی که سامانه علاوه بر کارکردهای اولیه فراهم می‌کند.
 کارکردهای مفید کمکی: کارکردهایی که به منظور پشتیبانی از کارکردهای اساسی سامانه انجام می‌پذیرد.
 کارکرد های زیان‌بار: کارکردهایی ناخواسته و زیان‌بار که یک سامانه در کنار کارکردهای مفید اساسی ایجاد می‌کند.
 مولفه‌های فیزیکی: مولفه‌هایی که به واسطه بکارگیری مستقیم آنها، کارکردهای سامانه پدید می‌آیند.



شکل شماره یک: نشان‌های گرافیکی کارکردها و مولفه‌های فیزیکی سامانه

۵-۱-۲- ارتباط کارکردها و مولفه‌ها :

ارتباطات کارکردها و مولفه‌ها در قالب فلش نمایانده می‌شوند. فلش ساده به معنای تولید کارکرد/مولفه مقصد توسط کارکرد/مولفه مبدا است. فلش با یک خط بر روی آن به معنای خنثی کردن اثر کارکرد/مولفه مقصد به واسطه کارکرد/مولفه مبدا است. ارتباطات حاضر با الهام از ابزار فرموله کردن TRIZ شکل گرفته است.



شکل شماره دو: نشان‌های گرافیکی ارتباطات کارکردها و مولفه‌ها، فن‌نگ سامانه

۵-۱-۳- پیاده‌سازی مدل کارکردی UHP-FAST

پیاده‌سازی مدل حاضر، در سه بخش زیر انجام می‌پذیرد :

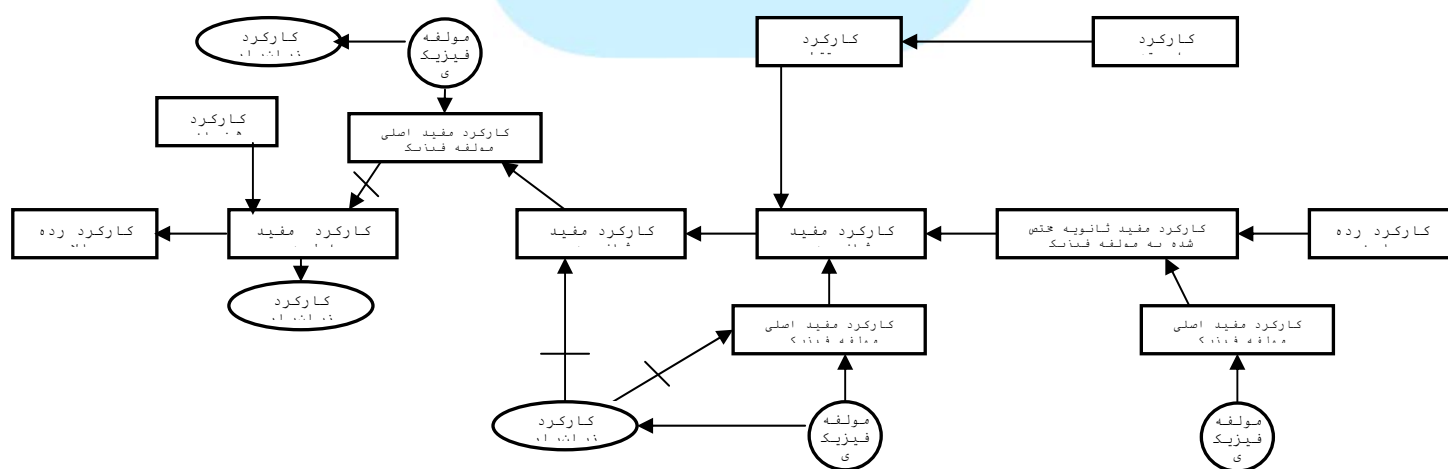
بخش اول: رسم و تبدیل نمودار FAST به مدلی کارکردی؛ نتایج تحلیل اولیه کارکردها در قالب نمودار FAST و براساس کارکردهای مفید رسم می‌گردد. حال، تمام روابط موجود که در قالب خطوط ساده نمایانده گردیده‌اند، در جهت چرا (Why)، با فلش‌های ساده جایگزین می‌شوند. بدین ترتیب حرکت از سمت راست به چپ، این معنا را متبادر خواهد ساخت که کارکرد سمت راست باعث تولید کارکرد سمت چپ می‌گردد. سه نکته اساسی در این بخش باید مورد توجه قرار گیرد. اول اینکه مفهوم میدان در شکل ظاهری آن زده می‌شود بدین معنا که مدل در سمت راست آن با کارکرد رده پایین آغاز، و در سمت چپ با کارکرد رده بالا پایان می‌یابد. دوم؛ سایر کارکردها که در شاخه اصلی قرار ندارند، در مسیر افقی؛ از کارکرد چپ به راست فلش گذاری، و اگر در مسیر عمودی قرار دارند، به سمت شاخه اصلی فلش گذاری می‌گردند. حال می‌توان مدل کارکردی را به لحاظ سنجش فرصت‌های بهبود کارکردهای مفید، مورد بررسی قرار داد. در این بخش برای بررسی فرصت‌های بهبود کارکردهای مفید، می‌توان با انتخاب کارکردی که انتظار بهبود آن می‌رود، به ۴۰ اصل نوآوری TRIZ رجوع کرد.

بخش دوم: وارد کردن مولفه‌های فیزیکی سامانه در مدل؛ این بخش، در واقع دریچه عبور از FAST سنتی است. با افزودن مولفه‌های فیزیکی سامانه، بایستی کارکرد فیزیکی اصلی این مولفه‌ها، که دلیل اساسی طراحی و جایگذاری آنها در سامانه می‌باشد، به مدل افزوده شود. مولفه‌های فیزیکی و کارکردهای اصلی آنها در امتداد When به مدل افزوده می‌شوند. با افزوده شدن این کارکردها، بایستی نقطه‌ای اتصال این کارکردها، با کارکردهای شاخه اصلی مورد تحلیل قرار گیرد. اگر کارکرد اصلی یکی از مولفه‌ها در شاخه اصلی قبلاً قید شده باشد، بایستی عنوان کارکرد شاخه اصلی، تغییر کرده و تاثیر مولفه‌های



حاضر به عنوان آن کارکرد افزوده شده باشد. اگر کارکرد اصلی مولفه‌ای، پس از تعریف، در تقدم و تاخر کارکردهای شاخه اصلی، به لحاظ ویژگی کارکردی، ارتباطی میانجی داشته باشد، بایستی روابط شاخه اصلی اصلاح گردد. بطوری که کارکرد متقدم شاخه اصلی به کارکرد مولفه متصل و کارکرد مولفه به کارکرد بعدی شاخه اصلی متصل شود. اگر کارکرد اصلی مولفه‌ای به خنثی‌سازی کارکرد دیگری بیانجامد، بایستی با فلش و خط به آن کارکرد متصل گردد. در این بخش می‌توان برای بهبود کارکردهای مفید و مولفه‌های سامانه رجوع مجددی به ۴۰ اصل نوآورانه TRIZ داشت.

بخش سوم: وارد کردن کارکردهای زیان‌بار سامانه در مدل؛ کارکردهای زیان‌بار سامانه در قالب کارکردهای زیان‌بار فیزیکی و کارکردهای زیان‌بار هزینه به مدل افزوده می‌گردند. کارکردهای زیان‌بار فیزیکی؛ کارکردهایی هستند که منجر به تحمیل تأثیرات نامطلوب به سامانه می‌گردند. کارکردهای زیان‌بار هزینه، کارکردهایی هستند که حجمی از هزینه را به سامانه تحمیل می‌کنند. این کارکردها نیز در راستای (When) به مدل افزوده خواهند شد و هیچ کارکرد زیان‌باری به شاخه اصلی افزوده نخواهد شد. کارکردهای زیان‌بار محصول مولفه‌های فیزیکی یا کارکردی همزمان کارکردهای مفید سامانه می‌باشند. از اینرو بایستی در مدل، این کارکردها به مولفه‌های فیزیکی یا کارکردهای مفید متصل شوند و فلش‌ها نیز به سمت کارکردهای زیان‌بار ترسیم شوند. اگر کارکرد زیان‌بار محصول کارکرد مفیدی از شاخه اصلی، به کارکرد اصلی مولفه‌های فیزیکی یا کارکرد مفید دیگری از شاخه اصلی تأثیر بگذارد و اثر آنرا خنثی نماید بایستی این تأثیر در قالب فلش و خط به آن کارکرد متصل گردد. در این حالت کارکرد زیان‌بار مبدأ فلش و خط خواهد بود. در این بخش می‌تواند از ابزار حل تناقضات، ایده‌آل‌سازی، و اصول نوآورانه TRIZ برای کاهش و حذف کارکردهای زیان‌بار و تناقضات استفاده کرد. نمونه فرضی پیاده‌سازی شده‌ای از مدل کارکردی UHP-FAST در قالب شکل سه (صفحه بعد) که نمایانگر روابط موجود مابین کارکردهای مفید، کارکردهای زیان‌بار و مولفه‌های فیزیکی سامانه فرضی می‌باشد، تصویر شده است.



شکل شماره سه: نمونه طرح کرافیکی مدل کارکردی UHP-FAST

۵-۱-۴ مزایای مدل UHP-FAST ارائه شده نسبت به نمودار FAST

- توانایی افزوده‌شدن مولفه‌های فیزیکی، پارامترها، کارکرد های اصلی مولفه‌های فیزیکی و کارکردهای زیان‌بار را به همراه دارد.
- فرصت بهبود بیشتری برای کارکردهای مفید سامانه پیش رو قرار می‌دهد.
- ارتباطات پنهان موجود بین مولفه‌های فیزیکی، کارکردهای مفید و کارکردهای زیان‌بار را هویدا می‌سازد.
- تأثیرات متقابل کارکردهای اصلی مولفه‌های فیزیکی و کارکردهای مثبت و منفی سامانه را، نمایان می‌سازد.
- امکان بهبود طراحی را به واسطه‌ی افزوده شدن مولفه‌های فیزیکی، فراهم می‌سازد.

- امکان کاهش هزینه‌های سامانه را به سبب افزوده‌شدن کارکردهای زیان‌بار به عنوان عوامل تحمیل هزینه، به مدل ایجاد می‌کند.
- شناخت تاثیرات نامطلوب فیزیکی حاصل از کارکردهای زیان‌بار را میسر می‌سازد.
- فرصت بهبود سامانه را از طریق بهبود مولفه‌های فیزیکی و کارکردهایشان و حذف کارکرد های زیان‌بار را، فراهم می‌سازد.
- کارکردهای مفید و زیان‌بار و کارکردهای اصلی مولفه‌های فیزیکی را می‌توان به مفهوم ایده‌آل بودن نزدیک کرد.
- اصلاح سامانه را بواسطه تغییرات در زیر سامانه‌ها و تغییرات با مقیاس کوچک، امکان پذیر می‌نماید.
- از قواعد FAST ساختارزدایی کرده و امکان آنالیز کارکردی جامع‌تری، پدید می‌آورد.
- امکان توسعه کارکردهای ثانویه سامانه را در جهت خنثی سازی کارکردهای زیان‌بار، پدیدار می‌گرداند.
- از طریق شناسایی اجزا کارکردی و فیزیکی سامانه، چارچوبی مناسب برای ایده‌پردازی شکل می‌دهد.
- شرایط بکارگیری اصول مبتکرانه و ابزارهای TRIZ را، در فاز خلاقیت به وجود می‌آورد.

۵-۲- بهبود فرآیند و ساختار ایده‌پردازی بر اساس مدل UHP-FAST با اعمال متدولوژی TRIZ

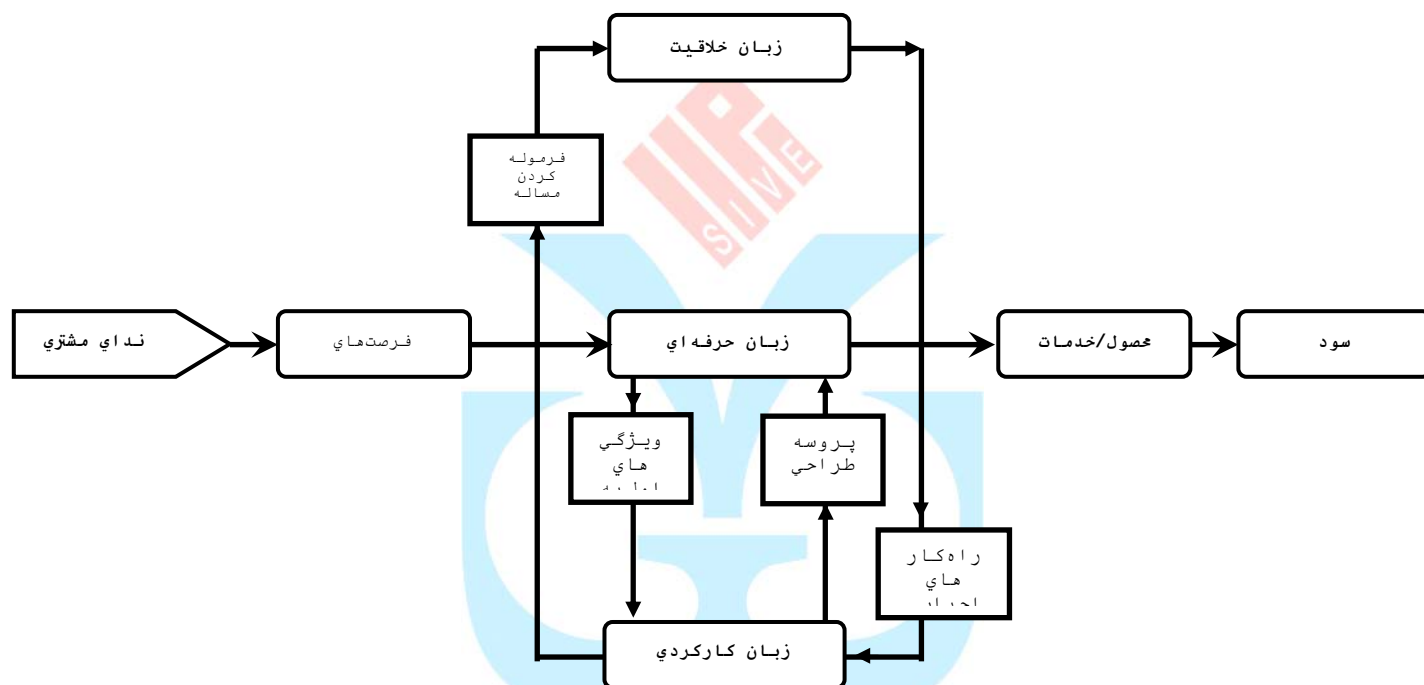
مدل آنالیز کارکردی UHP-FAST پیشنهاد شده، تمام زوایای کارکردی یک سامانه، اثرات و تعاملات متقابل کارکردها و مولفه‌های سامانه را به روشنی آشکار می‌سازد. در برنامه‌ی کاری سنتی مهندسی ارزش در فاز خلاقیت، بر اساس آنالیز کارکردی و نمودار FAST، چارچوب ایده‌پردازی بر تیم مهندسی ارزش تعیین می‌گردد. در حالی که نمودار FAST صرفاً بر اساس کارکردهای مفید پایه‌ریزی شده و توانایی تحلیل کارکردهای زیان‌بار، کارکردها و مولفه‌های فیزیکی سامانه را با خود به همراه ندارد [4], [10]. در این میان شناخت کارکردهای زیان‌بار به عنوان عواملی اساسی در تحمیل هزینه‌های سامانه، زمینه‌ای موثر در جهت ایده‌پردازی، به منظور کاهش هزینه‌های تحمیلی پدید می‌آورد.

ضعف اساسی مهندسی ارزش در درک مفهومی و شناخت مسایل در چارچوب تکنیک‌های روانشناختی طوفان ذهنی است. هنگامی که تیم مهندسی ارزش مسئله یا کارکردی را مورد طوفان ذهنی قرار می‌دهد، اعضای تیم با معضل لختی روانشناختی روبرویند. لختی روانشناختی نتیجه کرانمندی تجربیات بشری و محصول سعی کاربران آن، برای یافتن راه‌حل‌های مسئله با تکیه بر تجربیات گذشته خود است. هر چند مشارکت کنندگان در جلسات طوفان ذهنی بواسطه استفاده از گستره جمعی تجربیاتشان تا حدودی بر این مسئله فایق می‌آیند، با این وجود لختی روانشناختی هرگز به طور کامل رفع نمی‌گردد. از آنجاکه اصول نوآورانه TRIZ، بر پایه پایگاه اطلاعاتی دانش محوری استوار است، امکان ارایه راه‌حل‌هایی انتزاعی برای مسایل را فراهم می‌آورد. این قابلیت، لختی روانشناختی را در جریان سیال ذهن و کانال‌های دانش محور TRIZ، حل می‌کند. در واقع TRIZ با اتکا بر اسلوب‌های حل مسئله خود، ایده‌پردازان را از انحرافات ذهنی حاصل از عدم شناخت موقعیت و شرایط مسئله و طی مسیرهایی که به واسطه آن هر لحظه از راه‌حل فاصله می‌گیرد، به دور می‌دارد. TRIZ، با ارایه ابزارهای تحلیل مسئله و ارایه راهکارهای استاندارد و اصول نوآورانه، می‌تواند جلسات طوفان ذهنی را درست در مسیر ارایه ایده‌های بهبود، متناسب و متناظر با مسایل هدایت کند.

از سوی دیگر ضعف اساسی در فاز خلاقیت مهندسی ارزش، عدم تعریف صحیح سامانه و روابط کارکردی میان اجزای آن است. نمودارهای FAST که به عنوان انعکاسی از روابط سامانه و مسیرها و فرصت‌های بهبود برای اعضای تیم در پروسه ایده‌پردازی مطرح‌اند، از آنجایی که صرفاً برپایه کارکردهای مفید سامانه پایه‌ریزی گشته‌اند، از بازتاب کارکردهای زیان‌بار و مولفه‌های فیزیکی سامانه عاجزند. مدل ارایه گشته UHP-FAST با تکیه بر تحلیل کارکردهای مفید و کارکردهای زیان‌بار و مولفه‌های فیزیکی و روابط مابین آنها و تاثیرات متقابلشان، ضمن تصویر شمایی روشن برای اعضای تیم، فرصت شناخت مسئله و انتخاب ابزارهای مناسب TRIZ برای حل مسئله را فراهم می‌آورد. از این رو می‌توان با ترکیب TRIZ و مهندسی ارزش در گام ارایه ایده، با تکیه بر مدل UHP-FAST، به روند تولید ایده با گستره‌ای افزون‌تر و توسعه‌ای ایده‌ها به سوی تفکراتی با قابلیت اجرایی بیشتر، حرکت کرد. در این میان هم‌افزایی و برهم‌کنش مثبت TRIZ مهندسی ارزش سبب می‌گردد تا از یک سو آنالیز هزینه مورد نیاز بواسطه شناخت کارکردهای زیان‌بار در مدل UHP-FAST و فرموله کردن مسایل در نقطه



تأثیرات متقابل کارکردهای مفید و زیان‌بار در قالب تناقضات و در نهایت استفاده از جدول تناقضات TRIZ برای حل آن و حرکت ایده‌های توسعه‌یافته جدید به سمت اجرایی شدن و از سوی دیگر به سطوح بالایی از خلاقیت در ایده‌پردازی، دست یافت. در واقع فرموله کردن مسایل در متدولوژی TRIZ، نتایج زبان کارکردی ارائه شده در مهندسی ارزش را به زبان خلاقیت بدل می‌سازد. پروسه حاضر در قالب شکل شماره چهار نمایانده شده است. شکل حاضر مبین نحوه کارکرد و تأثیر اعمال TRIZ بر پروسه طراحی و در نهایت تغییر در کیفیت و میزان سود و رضایت مشتری می‌باشد.

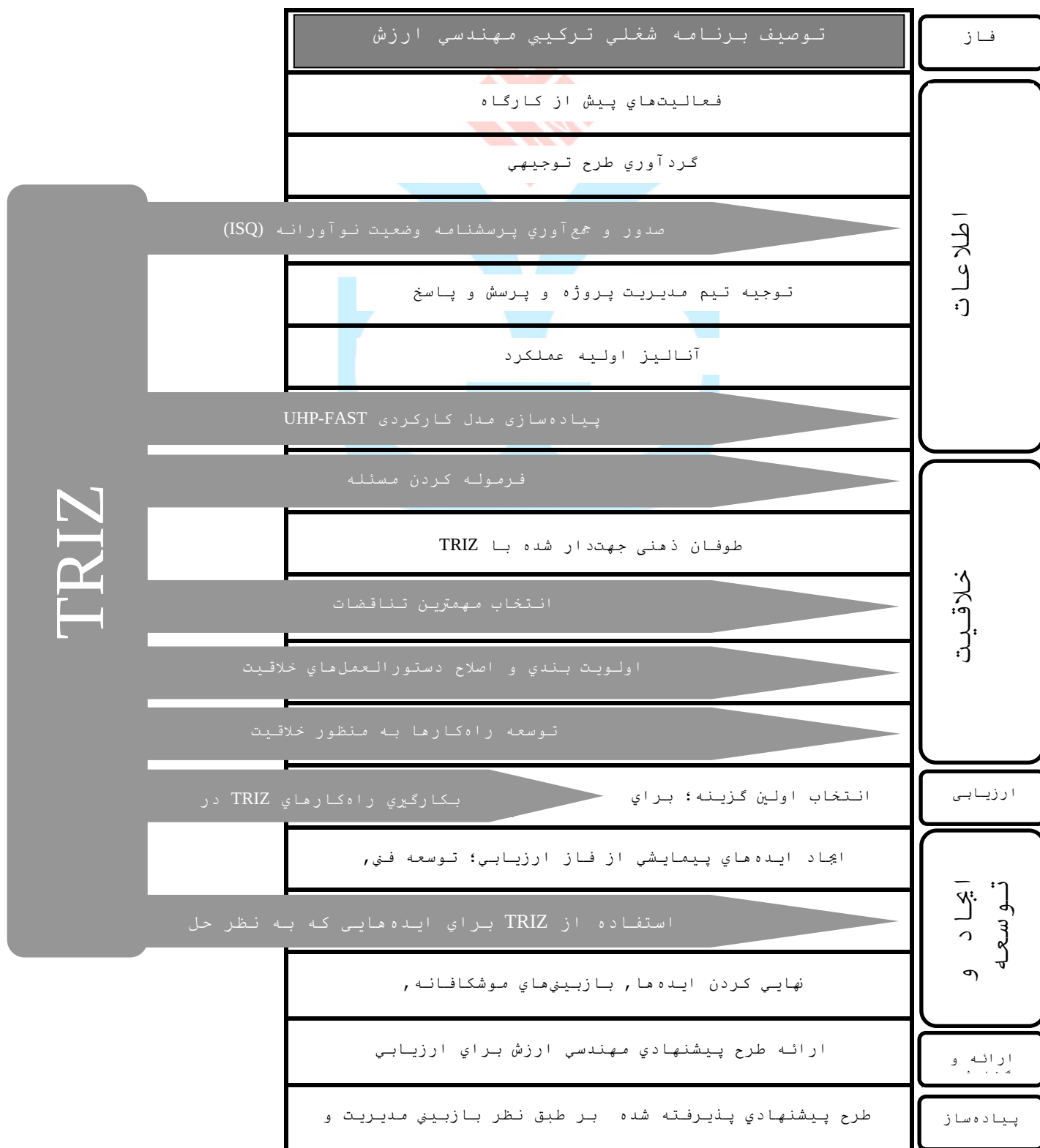


شکل شماره چهار: مدل بکارگیری زبان خلاقیت توسط TRIZ

ابزارهای TRIZ بر پایه قوانین مهندسی تکامل سامانه (LESE) پایه گذاری گشته است. روش‌های پیش‌بینی و بهبود یک سامانه بر پایه کاربردهای LESE شامل دو فاز تعریف مسئله با به کارگیری قواعد LESE و سپس حل آن مسئله می‌باشد [13]. قواعد LESE برای پیش‌بینی توسعه یک محصول، خدمات یا فن‌آوری، بهبود کیفیت و قابلیت اطمینان و کاهش هزینه‌ها به کار می‌رود. با به کارگیری یکی از روش‌های LESE ما قادر به تعریف و تعیین مهمترین و باارزش‌ترین مسائل برای بهبود یک سامانه خواهیم بود، که قابل تسری برای تمام زیر سامانه‌ها و ابرسامانه‌ها خواهد بود. توسعه حقیقی در سیستم مهندسی در متد TRIZ، تنها زمانی رخ خواهد داد که میزان نزدیکی به سامانه خیالی ایده‌آل افزایش یابد. این جمله بدان معنی است که بهبودهای لازم، بدون هیچ نوع تغییر و تأثیر زیان‌بار و هزینه‌ای برای اجرا صورت پذیرد. در این میان تغییر سامانه، نیازمند شناسایی تصویر سامانه ایده‌آل است، که بایست برای تمام زیر سامانه‌ها و ابر سامانه‌ها نیز مورد نظر قرار گرفته شود. تصور یک سیستم ایده‌آل و راه‌حل ایده‌آل به ما کمک خواهد کرد، بر عقاید از پیش شکل گرفته خود و لختی روانشناختی به طور کامل غلبه کرده، مسیر حل مسائل و بهبودها را بدست آورده و از اتلاف وقت در فرآیند ایده‌پردازی اجتناب کنیم. افزایش میزان نزدیکی به سیستم خیالی ایده‌آل، بر خلاف طوفان ذهنی نیازی به تولید انبوهی از ایده‌های ممکن نخواهد داشت. قاعده ترکیبی جدید طوفان ذهنی جهت‌دار شده با TRIZ نامگذاری می‌گردد.

۵-۳-ارایه برنامه کاری ترکیبی مهندسی ارزش و TRIZ

پس از ارائه مدل کارکردی UHP-FAST و ترکیب و بازآفرینی فرآیند ایده‌پردازی مهندسی ارزش در مدل ترکیبی آن با TRIZ، حال به ارائه برنامه کاری جدید مهندسی ارزش منطبق بر متدولوژی TRIZ و با اعمال مدل کارکردی UHP-FAST (در فاز اطلاعات) و طوفان ذهنی جهتدار شده با متدولوژی TRIZ در قالب جدول زیر می‌پردازیم.



شکل شماره پنج: برنامه کاری جدید ترکیبی مهندسی ارزش

TRIZ



۶- جمع بندی:

در این مقاله

- برنامه کاری مهندسی ارزش و مفاهیم کلی و ابزارهای متدولوژی TRIZ مورد بررسی قرار گرفت.
- مدل کارکردی جدید UHP-FAST بر اساس کارکردهای مفید، کارکردهای زیان بار و مولفه‌های فیزیکی برای آنالیز کارکردی سامانه به عنوان جایگزین نمودار FAST در مهندسی ارزش ارائه گردید.
- از خلال مدل ارائه گشته به بررسی اعمال ابزارهای TRIZ در جهت بهبود فرآیند ایده‌پردازی فاز خلاقیت مهندسی ارزش پرداخته شد.
- برنامه کاری جدید ترکیبی مهندسی ارزش و متدولوژی TRIZ براساس بهبودهای اعمال شده در فاز اطلاعات و خلاقیت مهندسی ارزش پیشنهاد گردید.

۶- نتیجه‌گیری

مدل کارکردی ارائه شده UHP-FAST، با تکیه بر آنالیز کارکردهای مفید و کارکردهای زیان بار و مولفه‌های فیزیکی سامانه و ارتباطات مابین، ضمن افزایش امکان ترکیب مهندسی ارزش و متدولوژی TRIZ و بهبود قابلیت‌های هم‌افزایی این دو، نسبت به نمودار FAST سنتی مهندسی ارزش، علاوه بر آشکارسازی زوایای ارتباطات بینا کارکردی پنهان سامانه، با توجه به افزودن کارکردهای زیان بار و مولفه‌های فیزیکی فرصت‌های بهبود مضاعفی به منظور کاهش هزینه‌ها و بهبود اثرات نامطلوب فیزیکی سامانه پیش روی تیم مهندسی ارزش قرار می‌دهد. از سوی دیگر امکان‌آفرینی این مدل، برای روبرویی تیم ایده‌پردازی مهندسی ارزش با مسایلی به مختصات و محیط تعیین شده و بکارگیری ابزار متدولوژی TRIZ در پروسه ایده‌پردازی و حل مساله، ضمن پیشگیری از ایجاد لختی روانشناختی در ایده‌پردازی، نزدیکی سامانه را به تصور ایده‌آل میسر ساخته و بهبودیافته‌ترین راه حل ممکن را پیش روی تیم مهندسی ارزش قرار می‌دهد. از این رو برنامه کاری ترکیبی مهندسی ارزش و TRIZ با اعمال بهبودهای صورت پذیرفته در فازهای اطلاعات و خلاقیت، ضمن رفع نواقص برنامه کاری سنتی مهندسی ارزش، به عنوان راهکاری قابل اطمینان برای پیاده‌سازی مهندسی ارزش پیشنهاد می‌گردد.

منابع:

- [1] ای. یر. اس. اس، "روش بکارگیری مهندسی ارزش"، چاپ دوم، مترجمین: محمد سعید جبل عاملی، علیرضا میرمحمد صادقی، انتشارات فرات، ۱۳۸۱.
- [2] جبل عاملی، محمد سعید "جایگاه مهندسی ارزش در مدیریت پروژه"، چاپ اول، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی، ۱۳۸۳.
- [3] جبل عاملی، محمد سعید، علی محمدی، "مدیریت ارزش و مفاهیم مرتبط"، نهمین همایش دانشجویی مهندسی صنایع ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۲.
- [4] امام، محمدرضا، رضا بنی رضی مطلق، "تجربه‌ای موفق از اعمال آنالیز ارزش در برنامه مهندسی ارزش"، مجله سامانه، شماره ۱۳، تابستان ۱۳۸۰.
- [5] مهندسین مشاور مترا، "گزارش کارگاه مهندسی ارزش پروژه راه آهن شیراز - بوشهر"، شرکت مترا ۱۳۸۲.
- [6] ترینکو، جان، آلازوسمن، بوریس زلاتین، "نوآوری نظام یافته: مقدمه‌ای بر TRIZ"، مترجمین: مصطفی جعفری و همکاران، موسسه خدمات فرهنگی رسا، ۱۳۸۰.
- [7] Altshuler, genrich. "Crativity as an exact science", Translated by Anthony Williams, gordan and bleach science publishers, 1984.
- [8] Kaplan, Stan. "An Introduction to TRIZ: The Russian Theory of Inventive Problem Solving." Ideation International Inc. 1998.
- [9] Lochnitt, Jacques. L`analyse la valeur", Third Edition. French University Publishers, 1994.
- [10] Akiyama, Kanaeo, "Function Analysis-Systematic Improvement of Quality and Performance", Productivity Press, 1991.



- [۱۱] Shilito , M.larry, "Value It`s Measurement , Design , And Management", John Wiley and Sons Inc, 1999.
- [۱۲] Demarle, J.and M, Shilito, "Value Engineering", Industrial Management Hands Book, Jhon Wiley and Sons, 1982.
- [۱۳] W.clarker Dana, "Integrating TRIZ with Value Engineering: Discovering Alternative to Traditional Brain Storming and the Selection and Vse of Ideas", Save International Conference Preceding, 1999.
- [۱۴] Hannan Donald, "Value Methodology, Creative Problem Solving Strategies And TRIZ", Save International Conference Proceeding, 2000.
- [۱۵] Royzen ,Zinovy , "Application TRIZ In Value Management And Quality Improvement ", International Conference Of The Society Of American Value Engineering , Fort Lauderdale , Florida , 1993.
- [۱۶] Dull, C.bernerd, "Comparing And Combining Value Engineering and TRIZ Techniques ", Save International Conference Proceedings, 1999.

