

طراحی مبتنی بر بدیهیات ابزاری جهت فازبندی و استقرار سیستم تولیدی

محمود صارمی^۱، رضا شیخ^{۲*}

۱. استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

۲. استادیار گروه مدیریت و حسابداری، دانشگاه صنعتی شاهرود

(تاریخ دریافت ۸۴/۳/۳۰، تاریخ تصویب ۸۵/۶/۶)

چکیده:

حضور موفقیت آمیز بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در عرصه رقابت جهانی منوط به این است که بتوانند با استفاده از سیستم‌های تولیدی خاص صنایع خود را مورد حمایت قرار دهند. لازمه انجام چنین کاری شناخت کافی از عناصر و روابط موجود در سیستم تولیدی مورد نظری باشد. دخالت عامل انسانی در سیستم‌های پیچیده تولیدی و اجتماعی و گستردگی آن موجب گردیده تا شناسایی اجزا و تعیین تقدم و تاخر روابط بین عناصر مشکل گردد. شناخت نا کافی نسبت به سیستم و روابط بین اجزا آن موجب طراحی نا مناسب و ایجاد سیستم زمانبندی نا کارا شده است. یکی از ابزارهای مفید در طراحی انواع سیستمها از جمله طراحی و فازبندی سیستمهای تولیدی تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات است. استفاده از دو اصل بدیهی موجب می‌شود که طراحی انجام شده از اعتبار بالایی برخوردار بوده و نسبت به سایر تکنیکها ارجحیت داشته باشد. با استفاده از این تکنیک، عناصر و روابط بین اجزاء سیستم شناسایی شده و بر اساس اصول بدیهی؛ سیستم مورد نظر طراحی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: طراحی مبتنی بر بدیهیات، نیازهای عملکردی، پارامترهای طراحی،

فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی

مقدمه

حضور موفق در عرصه رقابت جهانی منوط به برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیری و انطباق با تغییرات می‌باشد. در این میدان سازمانها و صنایعی دوام خواهند آورد که ضمن شناسایی توقعات و نیازهای جدید بهترین طراحی را جهت تحقق آنها داشته و زمانبندی معقولانه‌ای را انجام دهند. متدولوژیهای تولیدی بعنوان ضامن حفظ و بقا صنایع تولیدی بوده و کشورهای مختلف از جمله ژاپن، آمریکا، آلمان و غیره توانسته‌اند با استفاده از سیستم تولیدی ناب^۱ و بایونیک^۲ سیستم تولیدی چابک^۳ سیستم تولیدی فرکتال^۴ و هولونیک^۵ از صنایع خود حمایت نمایند. کشورهای در حال توسعه نیز با الگو برداری از سیستم‌های تولیدی زمینه رشد و حفظ صنایع خود را فراهم نموده‌اند [۶] و [۷] و [۲۶] و [۲۷].

طراحی بد هزینه‌های زیادی را به سازمان و جامعه تحمیل نموده و دانشمندان آنها را جزء ضایعات بشمار می‌آورند. بنابراین الگو برداری از سیستم در حقیقت نوعی طراحی می‌باشد لازمه طراحی مناسب داشتن شناخت کامل از سیستم می‌باشد. سیستم متشکل از اجزاء و عناصری است که بین آنها ارتباط معناداری وجود دارد و در اثر تعامل بین آنها اهداف خاصی تحقق پیدا می‌نماید [۲۰].

در فرایند الگو برداری، محققان از تکنیکهای مختلفی از جمله تکنیک ابزار هدف استفاده می‌نمایند [۲۱]. جهت نشان دادن کارائی تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی سیستم می‌بایست این تکنیک در شرکتی اجرا و مورد تحلیل قرار گیرد. مطالعه و بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که شرکت جهان افروز بدلیل طراحی سیستم تولیدی ناب به روش تکنیک ابزار-هدف گزینه مناسبی می‌باشد. قابلیت مقایسه‌پذیری، آشنا بودن مدیران و مهندسان آن شرکت با واژه‌های سیستم تولیدی ناب و دسترسی آسان به اطلاعات مورد نیاز باعث گردیده که کار تحقیقی در شرکت مزبور مورد بررسی و آزمایش قرار گیرد.

-
1. Lean Production System
 2. Bionic System
 3. Agility System
 4. Fractal System
 5. Holonic System

پیشینه تحقیق

بررسیهای انجام شده بوسیله اینترنت و مطالعات کتابخانه ای نشان می دهد که دانشمندان و محققان زیادی بر روی تکنیکهای طراحی از جمله تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات کار کرده بطوریکه مهم ترین آنها عبارتند از:

جکسون و جونز در سال ۱۹۹۶ مدلی را برای استقرار برنامه حذف فعالیت‌های بدون ارزش افزوده پیشنهاد داده اند. آنها از منطق فرایند سلسله مراتبی ابزار - هدف در طراحی استفاده نموده اند. در سال ۱۹۹۶ ویسنت ای. رینال^۱ و دیوید اس. کاکران^۲ در موسسه هواپیمائی اصول تولیدی ناب را بطور اختصار با استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات تشریح نموده اند. شکستن سیستم تولیدی ناب بر اساس تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در سال ۱۹۹۹ توسط دانشمندی بنام دیوید کاکران انجام شده است.

در سال ۲۰۰۰ دیوید کاکران، والتر اورشیم^۳ گرد کوبین^۴ و مارک ال. سسترهن^۵ بر روی کاربرد تکنیک مبتنی بر بدیهیات در اصول مدیریت ناب در حوزه تولید کار کرده اند. سلیم اردم آیتک^۶ مقاله ای را در سال ۲۰۰۱ تحت عنوان رویکرد انسانی در طراحی سیستم تولیدی ناب ارائه داد.

گلن بالارد^۷ در سال ۲۰۰۱ در مقاله ای به جنبه های منفی طراحی اشاره داشته و هزینه هائی از جمله دوباره کاری، از قلم افتادگی را از مهم ترین هزینه هائی ناشی از طراحی غلط دانست. بهمین منظور در سال ۲۰۰۱ وی با همکاری لری کسکلا^۸ گرگوری هول^۹ تود زبل^{۱۰} سیستم تولیدی ناب را طراحی نمودند. در این طراحی آنها از تکنیک فرایند سلسله مراتبی ابزار - هدف^{۱۱} استفاده نمودند. فرضیه اصلی در تکنیک فرایند سلسله مراتبی ابزار - هدف این است که هدف می تواند استفاده از ابزار مرتبط را توجیه نماید [۹].

تحقیق دیگری نیز در سال ۲۰۰۲ در مورد طراحی مفهومی سیستمهای تولیدی ناب از طریق طراحی مبتنی بر بدیهیات انجام شده است [۱۷].

1. Vicente A. Reyna
2. David S. Cochran
3. Walter Eversheim
4. Gerd Kubin
5. Marc L. Sesterhenn
6. Selim Erdem Aytac
7. Glenn Ballard
8. Lauri Koskela
9. Gregory Howell
10. Todd Zabelle
11. Ends-means hierarchies

ویکتوریا النا گستلیوم^۱ در سال ۲۰۰۲ کاربرد تولید ناب را در طراحی خط تولید هواپیما تشریح نمود.

در ایران نیز محققان و دانشمندان زیادی بر روی طراحی سیستم تولیدی ناب کار کرده اما هیچکدام از آنها از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات در طراحی مدل استفاده نکرده اند. مطالعه و بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که در سال ۱۳۸۳ طراحی سیستم تولیدی ناب به روش فرایند سلسله مراتبی ابزار-هدف توسط دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع از دانشگاه شریف در شرکت جهان افروز انجام شده است [۲].

بر اساس دیدگاه جوران و گارینا جهت اندازه‌گیری کیفیت طراحی و انطباق پذیری با هدف می‌بایست طرح انجام شده مورد قضاوت کارشناسان و افراد خبره قرار گیرد. لذا عملیاتی شدن پروژه تحقیقاتی مهندس کوشا در شرکت جهان افروز این امکان را بوجود آورده تا مقایسه پذیری و ارزیابی مدل طراحی شده بسادگی صورت پذیرد.

بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که تحقیق انجام شده جدید و بدیع بوده و تا کنون در مورد آن کاری صورت نگرفته است.

فرضیه تحقیق

از آنجا که هر سیستم طراحی شده بر اساس بدیهیات مطلوب نمی‌باشد لذا خواهان آن بوده که مطلوبیت سیستم طراحی شده در معرض قضاوت و ارزیابی کارشناسان و افراد خبره قرار گیرد. مطالعه و بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که طراحی سیستم تولیدی ناب به روش تکنیک ابزار-هدف در شرکت جهان افروز در سال ۱۳۸۳ انجام شده است. قابلیت مقایسه پذیری، آشنا بودن مدیران و مهندسان آن شرکت با واژه‌های سیستم تولیدی ناب و دسترسی آسان به اطلاعات مورد نیاز باعث گردیده که کار تحقیقی در شرکت مزبور مورد بررسی و آزمایش قرار گیرد.

فرضیه اصلی تحقیق بصورت زیر تعریف می‌شود:

طراحی سیستم تولیدی ناب بر اساس تکنیک مبتنی بر بدیهیات کارآمدتر از طراحی سیستم تولیدی ناب بر اساس تکنیک سلسله مراتبی ابزار-هدف می‌باشد.

بر اساس مولفه‌هایی همانند توجه به نیاز مشتریان، مشارکت کارکنان، کیفیت کالا،

1. Victoria Elena Gastelum
2. Juran And Gryna

مطلوبیت سیستم طراحی شده که کارآمدی سیستم تولیدی طراحی شده اندازه گیری می شود.

روش نمونه گیری

در جمع آوری اطلاعات تخصصی جهت فازبندی و ترسیم شبکه از اطلاعات تخصصی کارشناسان و مهندسان شرکت استفاده شده است و در تعیین نمونه جهت بررسی و آزمون فرضیه از بین جامعه مهندسان و متخصصان آشنا به طراحی سیستم تولیدی از روش نمونه گیری نظری یا قضاوتی^۱ استفاده شده است. نمونه گیری قضاوتی مستلزم گزینش بخشی از جامعه است که اعضای آن بر پایه داوری شخص پژوهنده (یا کارشناسان و متخصصان) مشخص می شود.

روشهای مورد نظر برای تجزیه تحلیل اطلاعات و آزمون فرضیهها

سیستم تئوریک می تواند بصورت بدیهیات یا فرضیات باشد. دانش بنیادی که نتواند مورد تست و آزمایش قرار گیرد و عموماً بصورت حقیقت و درستی پذیرفته شوند بدیهیات گفته می شود. اما در حوزه کاربردی بیشتر دانش مربوطه بصورت فرضیه تعریف شده و نتیجه بررسی می تواند موجب رد یا قبول آنها شود.

طراحی سیستم در حوزه بدیهیات مطرح شده و در فرایند تحلیلی با استفاده از دو اصل بدیهی راه حل‌های پیشنهاد شده مورد ارزیابی و اعتبار سنجی قرار گرفته است. اما مقایسه پذیری مدل مربوط به حوزه فرضیات بوده و در بررسی آن از آماره آزمون آماری مناسب استفاده شده است.

از آنجا که در این تحقیق کار آمدی دو تکنیک مورد مقایسه قرار گرفته است لذا از فرضیه تطبیقی^۲ استفاده می شود. از آنجا که $\mu_1 - \mu_2$ از آماره ناریب $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ بر خوردار بوده و با توجه به اینکه نمونه‌ها از جامعه نرمال و با انحراف معیار نامعلوم انتخاب شده است بنابراین بهترین آماره آزمون آماره Z^* می باشد.

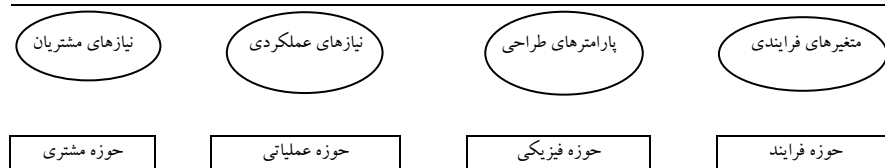
1. Judgmental Sample
2. Comparative

طراحی مبتنی بر بدیهیات و استفاده از آن در طراحی سیستم

طراحی یکی از چالشهای هوشمندانه در قرن بیست و یکم است و با توجه به اینکه در حوزه طراحی تجربه بسیار مهم تر از تحصیلات رسمی می باشد؛ دانشمندان در پی آن می باشند که آموزش طراحی را بصورت علمی در آورده و مبنائی را جهت تمیز و شناسائی طرحهای خوب و بد در دست داشته باشند.

طراحی بعنوان یک تعامل پیوسته بین آنچه که خواهان رسیدن به آن بوده و نحوه دستیابی به آن تعریف می شود. در طراحی یک سیستم بر مبنای طراحی مبتنی بر بدیهیات بایستی پروژه را در چهارحوزه مورد تجزیه و تحلیل قرار داد:

۱. حوزه مشتریان^۱: در این حوزه نیازهای مشتریان یا ویژگیهای آنها مشخص می گردد.
۲. حوزه عملکردی^۲: در این حوزه سوال " طرح بایستی به چه چیزی برسد؟ یا تعریف تابع هدف چیست؟ مطرح می شود.
۳. حوزه فیزیکی^۳: پارامترهای طراحی که موجب ارضاء تابع هدف تعریف شده می شوند در حوزه عملکردی تعیین می گردند.
۴. حوزه فرایندی^۴: متغیرهای فرایندی همان متغیرهای تصمیم هستند که با بهینه یابی آنها تابع هدف بهینه می گردد [۲۲][۱۸].

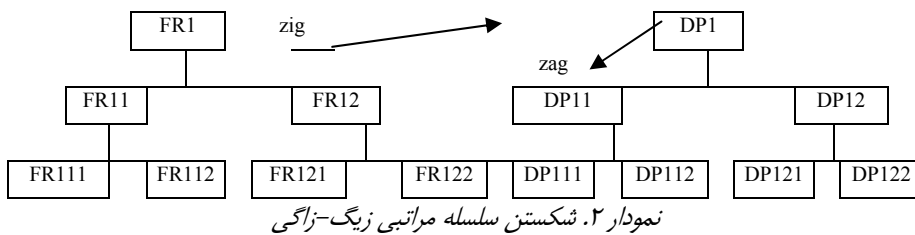


نمودار ۱. نگاشت چهار قلمرو تصمیم گیری

توجه به نیاز مشتریان امری حیاتی در طراحی یک سیستم پیچیده تولیدی همانند سیستم تولیدی ناب بوده و بایستی در قلمرو تصمیم گیری مد نظر قرار گیرند. در قلمرو تصمیم

1. Customer Domain
2. Functional Domain
3. Physical Domain
4. Process Variable

گیری با استفاده از فرایند شکستن^۱ هر پارامتر (پارامتر شروع مربوط به رسالت شرکت می باشد) به نیازهای عملکردی فرعی تری شکسته می شود. معروفترین تکنیک شکستن فرایند؛ شکستن زیگ - زاگی^۲ است که از بالاترین سطح تا سطوح پایین تر انجام می شود) [۱۰] و [۱۱] و [۲۳].



در طراحی سیستم ازدو اصل بدیهی^۳ استفاده شده است. اصول بدیهی موجود در طراحی مبتنی بر بدیهیات در حقیقت نگرش و رویکرد تحلیلی را در افراد و طراحان ایجاد می کند که بتوانند بهترین تابع هدف و پارامتر طراحی را انتخاب کنند. رعایت اصول بدیهی موجب می شود تا امکان نادیده گرفتن فعالیتها به حداقل ممکن رسیده و نوع روابط بین اجزاء بر احتی قابل مشاهده و تعریف باشد [۱۵] و [۱۹].

اصول بدیهی

اصل اول: اصل استقلال^۴:

اصل استقلال اشاره به این نکته دارد که در طول فرآیند طراحی، با حرکت از FRها در قلمرو عملکردی به DPها در قلمرو فیزیکی، ارتباط بین FRها و DPها باید به گونه ای باشد که انحرافی کوچک در یک DP خاص تنها بر FR مربوط به آن تاثیر داشته باشد. به عبارت دیگر می توان بیان داشت که:

۱. طراحی بهینه ای صورت گیرد که در آن استقلال FRها لحاظ شده باشد.

1. Decomposition
2. Zigzagging
3. Axiom
4. Independence Axiom

۲. در طرح قابل قبول DP ها و FR ها به گونه‌ای با هم در ارتباط هستند که یک DP بتواند به گونه‌ای تنظیم شود که FR مربوط به خود را بدون تاثیر گذاشتن بر سایر نیازمندیهای عملیاتی ارضا کند.

اولین اصل بیان می‌دارد که یک FR نبایستی در موجه بودن سایر FR ها تاثیر بگذارد. در صورت تاثیر FR بر دیگری بایستی مسئله مجدداً فرموله شده تا وابستگی آنها از بین برود.

فرآیند طراحی شامل انتخاب مجموعه‌ای از DP های مناسب برای برآورده ساختن FR ها است که می‌توان آن را به شکل ذیل بیان نمود.

$$[FR] = [A] [DP]$$

که در آن [FR] بردار نیازهای عملکردی، [DP] بردار پارامترهای طراحی و [A] ماتریس طراحی است.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \dots & A_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{معادله (۱)}$$

هر عضو A_i^j از ماتریس یک عضو بردار FR را به یک عضو بردار DP ارتباط می‌دهد. بطور کلی می‌توان A_i^j را به این شکل بیان نمود:

$$A_{ij} = \frac{\partial FR_i}{\partial DP_j} \quad \text{معادله (۲)}$$

سمت چپ معادله ۲ طراحی نمایش دهنده "خواسته‌های لازم در قالب اهداف طراحی است" و سمت راست معادله نشان می‌دهد که "چگونه می‌توان FR ها را برآورده نمود". ساده‌ترین حالت طراحی وقتی است که تمام عناصر غیر قطری ماتریس صفر هستند. آنگاه معادله مستقل را می‌توان در حالت $m = n = 3$ به صورت ذیل نوشت:

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & O & O \\ O & X & O \\ O & O & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix} \quad \text{معادله (۳)}$$

طرحی را که با معادله ۳ نمایش داده می‌شود طراحی مستقل است و بدیهه ۱ را ارضا

می‌کند، زیرا استقلال FRها در هنگام تغییر DPها حفظ می‌شود. یعنی اینکه FR1 می‌تواند با تغییر ساده DP1 برآورده شود، به همین صورت FR2 و FR3 هم می‌توانند با تغییر DP2 و DP3 به صورت مستقل بدون تاثیر گذاشتن بر سایر FRها ارضا شوند [۱۲].
 طراحی وابسته برعکس طراحی مستقل است زیرا بیشتر عناصر ماتریس طراحی آن غیر صفر است. طرح وابسته را می‌توان به طرحی نیمه مستقل تبدیل نمود. طرح نیمه مستقل دارای ماتریس طراحی نیمه مثلثی می‌باشد (یعنی $A_{۱۲} = A_{۱۳} = A_{۲۳} = 0$). این طرح را می‌توان به صورت ذیل نمایش داد.

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & O & O \\ A_{21} & A_{22} & O \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix} \quad \text{معادله (۴)}$$

برای نمایش نوع رابطه بین پارامترهای طراحی و نیازهای عملکردی از ماتریس طراحی استفاده می‌شود.

ماتریس طراحی			DP					
			DP1			DP2		
			DP11	DP12	DP13	DP21	DP22	DP23
FR	FR1	FR11	X					
		FR12	X	X				
		FR13	X	X	X			
	FR2	FR21				X		
		FR22		X		O	X	
		FR23				X	X	X

نمودار ۳. ماتریس طراحی

ماتریس طراحی

با استفاده از ماتریس طراحی می‌توان بطور موثر مطلوبیت طراحی سیستم را از نظر اجرای اصل استقلال نشان داد. این ماتریس از FRهایی در سطر و DPهایی در ستون تشکیل

شده‌اند که بر حسب درجه تفکیک این سطوح از بیرون به درون افزایش می‌یابد. X ها نشان دهنده رابطه بین مجموعه FR-DP می‌باشد. عدم وجود رابطه را با خالی گذاشتن مربعها یا مقدار صفر نشان داده می‌شود. این روابط در مربعهای M_{ij} که تقاطع سطر i و ستون j می‌باشد قرار می‌گیرد [۱۳].

چنانچه سیستمی تا سه سطح شکسته شود می‌توان ماتریس طراحی زیر را تعریف نمود [۵].

اصل دوم: اصل اطلاعات^۱

بر اساس اصل اطلاعات، بهترین طرح، یک طرح مستقل می‌باشد که حداقل اطلاعات را در بر دارد. یا عبارتی در تعیین پارامترهای طراحی از ابزارهایی استفاده شود که احتمال دستیابی به اهداف را حداکثر نماید. دانشمندان برای اجرای اصل اطلاعات از تکنیکهای مختلفی استفاده می‌کنند. شانون^۲ اولین فردی بود که آنتروپی را بعنوان یک معیار اندازه گیری محتوی اطلاعات معرفی نموده است. ویلسون^۳ نیز محتوی اطلاعاتی را بصورت معکوس لگاریتم ارضای یک تولرانس بیان داشت. به منظور سنجش اصل اطلاعات می‌توان از تکنیکهای چند معیاره فازی یا تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی استفاده نمود این تکنیکها درجه اثربخشی هر پارامتر طراحی بر تابع عملکردی را بصورت عددی بین صفر و یک اندازه گیری می‌کنند. [۶][۱۴]

فازبندی پروژه و اولویت دهی بین اهداف

محدودیت منابع مالی، انسانی و غیره موجب می‌شود تا تحقق همزمان اهداف در اجرای یک پروژه بزرگ امکان پذیر نباشد. بنابراین ضرورت دارد که اهداف تعریف شده بر اساس طراحی مبتنی بر بدیهیات اولویت بندی شده و در فازهای مختلف برنامه تحقق یابند. دانشمندان می‌توانند جهت اولویت دهی اهداف از تکنیک آنتروپی - لین مپ^۴ - تاپسیس^۵ - تکنیک الکره^۶ تجزیه و تحلیل فرایند سلسله مراتبی - تصمیم گیری چند معیاره فازی استفاده کنند [۱] و [۳] و [۲۴][۲۵].

-
1. Information axiom
 2. Sannon
 3. Wilson
 4. Linear Programming For Multidimensional Analysis Of Preference
 5. TOPSIS
 6. ELECTRE

اعتبار بالای جوابهای ناشی از مدل تجزیه و تحلیل فرایند سلسله مراتبی و سادگی استفاده از آن موجب می‌کند که از تکنیک تجزیه و تحلیل فرایند سلسله مراتبی جهت وزن دهی و اولویت بندی اجرای فعالیتها و اهداف استفاده شود [۴].

در تکنیک تجزیه و تحلیل فرایند سلسله مراتبی آقای توماس. ال. ساتی^۱ جهت اولویت دهی اهداف بایستی مقایسات از بالاترین سطح شروع گردد با شناسایی اهدافی که در اولویت اجرا قرار دارد سایر شاخه‌ها کنار گذاشته و مقایسه بعدی بین اهداف شاخه مربوطه صورت می‌پذیرد. اولویت دهی اهداف تا جایی ادامه پیدا می‌کند که هر شاخه به عمق خود برسد.

گام بعدی تعیین میزان اثربخشی پارامترهای طراحی بر روی اهداف اندازه گیری است. از آنجا که در اجرای تکنیک تجزیه و تحلیل فرایند سلسله مراتبی از پرسشنامه‌هایی به صورت ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌شود. بکارگیری الگوریتمهای تفکیک پذیری همانند روش ضریب تشابه^۲؛ الگوریتمهای مبتنی بر مرتب سازی^۳؛ الگوریتم شناسایی خوشه‌ای^۴؛ الگوریتم شناسایی خوشه‌ای بسط داده شده^۵؛ الگوریتمهای شاخه دار نمودن^۶ ابعاد ماتریس پرسشنامه ای را جهت تعیین اثربخشی پارامترهای طراحی بر روی اهداف کاهش می‌دهد [۸] و [۱۶].

زمان بندی استقرار و پیاده سازی سیستم

جهت استقرار لازم است تا شبکه آن ترسیم گردد و با توجه به اصل اطلاعات؛ اولویت اجرا با پارامتر طراحی خواهد بود که احتمال تحقق هدف را حداکثر نماید. شبکه مربوط به فعالیتها به صورت نمودار شماره (۴) ترسیم می‌گردند [۱۰].

بر آورد زمانی از تکمیل فعالیتها توسط افراد خبره صورت می‌گیرد. از آنجا که شبکه به لایه‌های مختلف شکسته شده است زمان استقرار هر لایه را می‌توان بوسیله مدل زیر بدست آورد.

-
1. Thomas Saaty
 2. Similarity Coefficient Methods
 3. Sorting Based Algorithms
 4. Cluster Identificatin Algorithm
 5. Extened Ci Algorithm
 6. Branching Algorithms

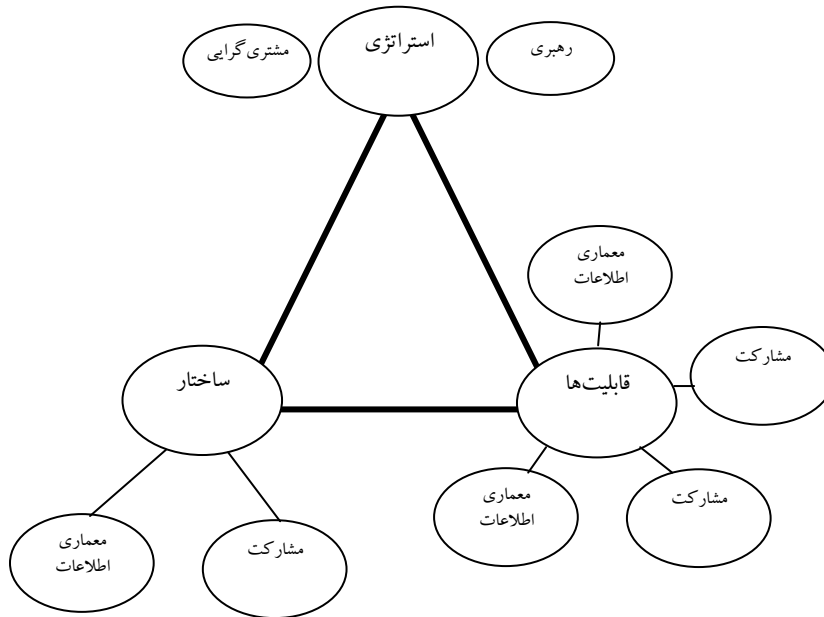
توجه به نیازهای مشتریان					حوزه مشتریان
فاز اول			فاز دوم		حوزه عملکردی
	هدف اول	هدف دوم	هدف سوم	هدف چهارم	
	ابزارهای تحقق هدف اول	ابزارهای تحقق هدف دوم	ابزارهای تحقق هدف سوم	ابزارهای تحقق هدف چهارم	حوزه فیزیکی
مکان ترسیم شبکه	وظایف و فعالیتها →				حوزه فرایندی
درجه تحقق اهداف با اجرای پارامترهای طراحی					

نمودار ۴. ترسیم شبکه سیستم طراحی شده

سه رکن اصلی در طراحی سیستم تولیدی ناب برنامه ریزی استراتژیک-ساختار سازمانی و قابلیت‌های نیروی انسانی می‌باشد. برنامه ریزی استراتژیک در مشتری گرائی و رهبری خلاصه می‌شود، ساختار سازمانی شامل سازماندهی ناب، مشارکت، معماری اطلاعات می‌باشد. اجزا و عناصر قابلیت‌ها شامل فرهنگ بهبود، نظام تولید ناب، مدیریت تجهیزات و مهندسی ناب است که ارتباط آنها در نمودار شماره (۵) نشان داده شده است. در طراحی سیستم تولیدی با استفاده از تکنیک ابزار-هدف از نظام پیشنهادی جکسون و جونز (۱۹۹۶) استفاده شده است. مدل سلسله مراتبی ابزار-هدف مبنائی در طراحی سیستم تولیدی ناب و حذف فعالیت‌های غیر ارزش افزوده و در راستای انجام طراحی از ابزاریهائی استفاده شده که هدف مربوطه را ارضاء نماید. تعریف اهداف تا سطح خاصی انجام شده و از طرفی درجه تحقق و اثربخشی ابزارها بر روی اهداف در این تکنیک مشخص نمی‌باشد. سیستم تولیدی ناب بوسیله تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات نیز در این شرکت انجام شده که بدلیل حجم وسیع اطلاعات در این مقاله ارائه نمی‌شود اما برای نظر سنجی افراد خبره به ضمیمه پرسشنامه به آنها ارائه گردید. در طراحی سیستم تولیدی ناب به روش طراحی مبتنی بر بدیهیات از اصول بدیهی بیان شده استفاده گردید.

ارزیابی مطلوبیت سیستم طراحی شده توسط دو تکنیک

سیستم تولیدی ناب بوسیله دو تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات و تکنیک ابزار - هدف در شرکت جهان افروز طراحی شده و با نظرسنجی از کارشناسان و مهندسان فرضیه تعریف شده در این تحقیق مورد آزمون قرار گرفته است. جدول زیر نظرات کارشناسان را نشان می دهد.



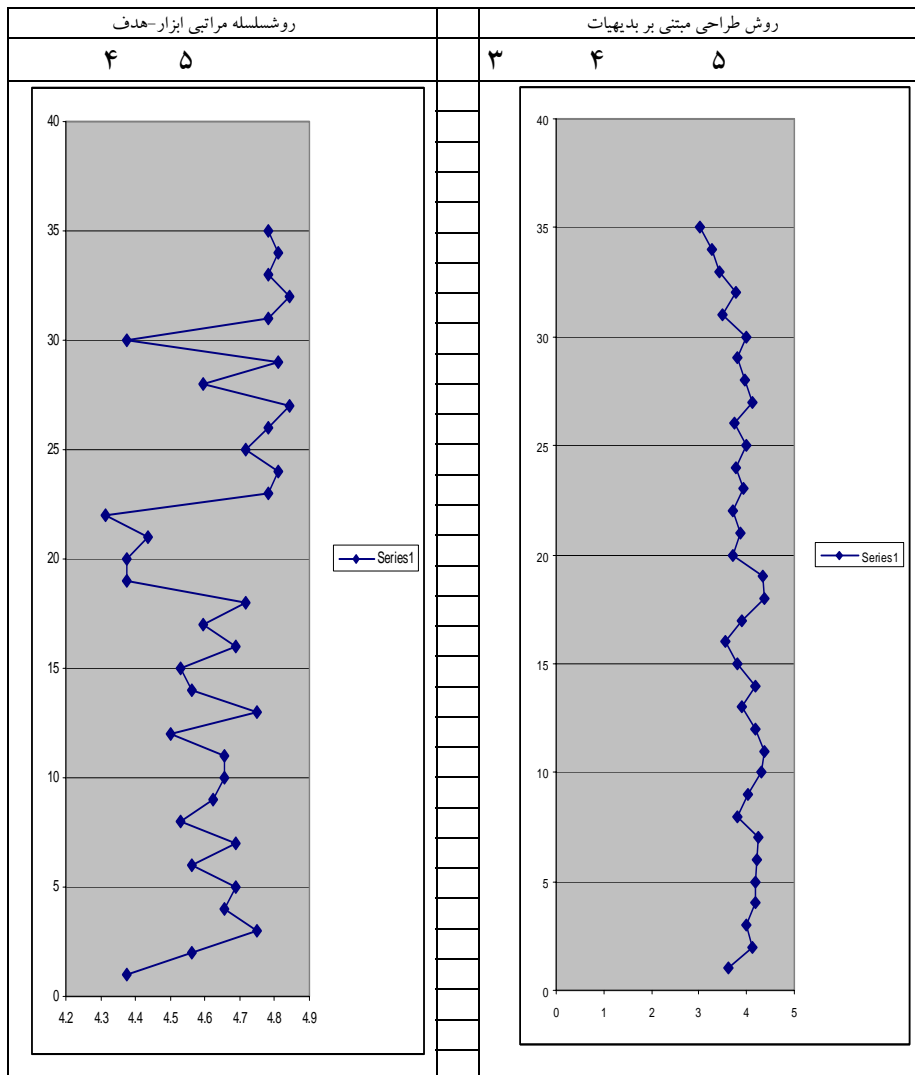
نمودار ۵، نه کلید توسعه در استقرار سیستم تولیدی ناب

آزمون فرضیه

سیستم تولیدی ناب طراحی شده بوسیله تکنیک مبتنی بر بدیهیات که در شرکت جهان افروز انجام شده و هم چنین سیستم تولیدی ناب طراحی شده بر اساس تکنیک ابزار - هدف به ضمیمه پرسشنامه به ۳۲ نفر از متخصصان فارغ التحصیل رشته های صنایع - مدیریت - مکانیک در مقاطع دکتری - کارشناسی ارشد و کارشناسی ارسال گردید و در طی نشستی دوستانه مدل طراحی شده تشریح گردید.

پرسشنامه (۱) ارزیابی مطلوبیت سیستم طراحی شده

عالی	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف		خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	عالی
۱۷	۱۰	۵			۱- توجه به ارضاء نیازهای متغیر مشتریان		۸	۵	۱۰	۹
۲۰	۱۰	۲			۲- توجه به کاهش زمان پاسخ و ارسال بموقع کالا و خدمات به مشتریان			۶	۱۶	۱۰
۲۵	۶	۱			۳- توجه به ارسال کالا در اندازه سفارش شده		۲	۶	۱۴	۱۰
۲۴	۵	۳			۴- ایجاد سیستم موثر برای گرفتن بازخورد از مشتری			۶	۱۴	۱۲
۲۳	۸	۱			۵- توجه به کاهش موجودی بین راهی		۲	۵	۱۰	۱۵
۲۱	۸	۳			۶- توجه به متوازن ساختن خط تولید.		۲	۵	۹	۱۶
۲۴	۶	۲			۷- توجه به استاندارد سازی			۷	۱۰	۱۵
۲۲	۵	۵			۸- توجه به قابلیت ساخت کالا در یک فرایند مستمر و به صورت جریان تکی		۴	۶	۱۴	۸
۲۳	۶	۳			۹- توجه به کاهش زمان راه اندازی		۳	۴	۱۴	۱۱
۲۴	۵	۳			۱۰- توجه به تعمیرات پیشگیرانه			۳	۱۶	۱۳
۲۵	۳	۴			۱۱- توجه به کاهش ضایعات ناشی از نگهداری مواد			۳	۱۴	۱۵
۲۲	۶	۲	۲		۱۲- توجه به کاهش ضایعات ناشی از پردازش			۷	۱۲	۱۳
۲۶	۴	۲			۱۳- توجه به کاهش ضایعات ناشی از حرکات زائد		۳	۷	۱۲	۱۰
۲۱	۸	۳			۱۴- توجه به کاهش ضایعات ناشی از ساخت کالاهای معیوب		۲	۳	۱۴	۱۳
۲۲	۵	۵			۱۵- توجه به کاهش ضایعات ناشی از حمل و نقل		۳	۹	۱۱	۹
۲۴	۶	۲			۱۶- توجه به سازماندهی مکان کاری کارکنان		۵	۱۲	۷	۸
۲۳	۵	۴			۱۷- ایجاد زمینه جهت مشارکت کارکنان		۲	۷	۱۵	۸
۲۵	۵	۲			۱۸- توانمند سازی کارکنان در قالب کار گروهی			۴	۱۲	۱۶
۱۸	۸	۶			۱۹- توجه به آموزش مستمر کارکنان			۳	۱۵	۱۴
۱۸	۹	۴	۱		۲۰- توجه به بروز توانائی و استعداد های افراد		۳	۷	۱۸	۴
۲۰	۷	۴	۱		۲۱- ایجاد زمینه جهت ارائه ایده و پیشنهادات		۳	۸	۱۱	۱۰
۱۷	۱۰	۳	۲		۲۲- ایجاد زمینه جهت مشارکت مدیران و کارکنان در حل مسائل		۴	۹	۱۱	۸
۲۶	۵	۱			۲۳- وظایف هر پست مشخص می باشد		۲	۸	۱۲	۱۰
۲۸	۲	۲			۲۴- در دسترس بودن اطلاعات مورد نیاز برای افراد		۴	۷	۱۳	۸
۲۵	۵	۲			۲۵- ایجاد سیستمی برای اندازه گیری کیفیت در تمامی مراحل تولید		۲	۶	۱۴	۱۰
۲۷	۳	۲			۲۶- توجه به کشف عیوب در هر مرحله		۶	۷	۸	۱۱
۲۸	۳	۱			۲۷- جلوگیری از انتقال خطای انسانی با استفاده از ابزارهای کنترلی		۲	۵	۱۲	۱۳
۲۲	۷	۳			۲۸- توجه به ایجاد روابط بلند مدت با عرضه کنندگان		۱	۸	۱۴	۹
۲۶	۶				۲۹- مشارکت با عرضه کنندگان در ارتقاء کیفیت کالا و خدمات		۴	۷	۱۲	۹
۲۰	۶	۴	۲		۳۰- تشریک مساعی در ارسال اطلاعات مورد نیاز		۳	۶	۱۱	۱۲
۲۷	۳	۲			۳۱- قابل درک بودن سیستم طراحی شده		۲	۱۶	۱۰	۴
۲۸	۳	۱			۳۲- اهداف سازمانی برای افراد مشخص می باشد		۵	۵	۱۴	۸
۲۶	۵	۱			۳۳- وجود ارتباط منطقی بین عناصر سیستم طراحی شده		۶	۱۰	۱۲	۴
۲۷	۴	۱			۳۴- اهداف بطور عملیاتی مشخص شده اند		۷	۱۲	۱۰	۳
۲۷	۳	۲			۳۵- روشها و رویه های رسیدن به اهداف مشخص شده اند		۸	۱۷	۵	۲



نمودار ۱. ارزیابی مقایسه دو تکنیک طراحی

آزمون مقایسه زوجی

هدف از انجام این تحقیق مقایسه مطلوبیت سیستم طراحی شده توسط دو تکنیک طراحی می باشد. که بهمین منظور آزمون آنها از فرضیه تطبیقی^۱ استفاده می شود.

1. Comparative

مراحل تست آزمون

الف) تعریف فرضیه صفر و فرضیه مقابل

طراحی سیستم تولیدی ناب بوسیله تکنیک مبتنی بر بدیهیات از لحاظ کارآمدی برابر با
 طراحی سیستم تولیدی ناب بوسیله تکنیک ابزار-هدف در شرکت جهان افروزمی باشد $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
 طراحی سیستم تولیدی ناب بوسیله تکنیک مبتنی بر بدیهیات کارآمدتر از طراحی سیستم
 تولیدی ناب بوسیله تکنیک ابزار-هدف شرکت جهان افروز نمی باشد $H_1 : \mu_1 > \mu_2$

ب) تعیین مقدار سطح خطا یا سطح اطمینان
 در این تحقیق از $\alpha = 0/01$ استفاده شده است

ج) تعیین مقادیر بحرانی

د) محاسبه تفاوت‌های زوجی d

ه) محاسبه آماره آزمون

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

و) نتیجه‌گیری

بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده محاسبات بصورت زیر می‌باشد.

تعداد نمونه $n = 32$

$$\sum d = 807$$

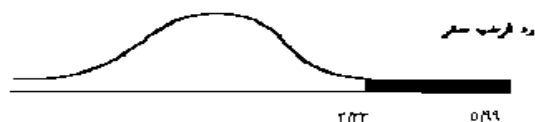
$$\bar{d} = 25/21875$$

$$S_d = 21/3$$

$$t = \frac{25/21875}{\frac{21/3}{\sqrt{32}}} = 5/99$$

انحراف معیار

ج) مقادیر بحرانی در سطح ۹۹٪



نتایج حاصل از آزمون فرضیه

- شاخص‌ها و مولفه‌های اندازه‌گیری کارآمدی و مطلوبیت سیستم طراحی شده توسط پرسشنامه‌ای تعیین و کارشناسان و افراد خبره آن را پر نموده‌اند.
- نتیجه آزمون آماری نشان می‌دهد که در سطح ۹۹٪ اطمینان می‌توان بیان کرد که طراحی سیستم تولیدی ناب به وسیله تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات کارآمدتر از طراحی سیستم تولیدی ناب به کمک تکنیک سلسله مراتبی ابزار-هدف می‌باشد.
- مقایسه و ارزیابی مدل طراحی شده با استفاده از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات نسبت به تکنیک ابزار-هدف نشان می‌دهد که
۱. درک روابط بین اجزاء سیستم و اجرای سیستم طراحی شده ساده و قابل فهم تر است.
 ۲. با توجه به محدودیتهای موجود (مالی؛ انسانی و ...) امکان طراحی و پیاده‌سازی سیستم در فازهای مختلف وجود دارد.
 ۳. کنترل سیستم در قالب درجه تحقق اهداف عملیاتی میسر می‌باشد.
 ۴. نوع ابزار تحقق اهداف عملیاتی در هر مرحله مشخص شده بطوریکه مدیران و مسئولان استقرار سیستم بدانند جهت تحقق اهداف از چه پارامترهایی استفاده نمایند. و در هر زمان چند درصد از تابع هدف را ارضاء کرده‌اند.

نتایج تحقیق

از یافته‌های تحقیق انجام گرفته این است که جهت تسهیل سنجش اصول مطروحه در طراحی سیستم تکنیک‌های معرفی و ارائه شده است. این تکنیک‌ها نوع رابطه بین پارامترهای طراحی و نیازهای عملکردی را از حالت صفر و یک به اعداد بین صفر و یک تبدیل می‌نمایند. با تعیین درجه تاثیرپذیری پارامترهای طراحی بر روی نیازهای عملکردی می‌توان تجزیه و تحلیلی دقیقی را بر روی درجه تحقق اهداف در هر زمان داشت. بکارگیری دو اصل بدیهی و نگرش چند لایه‌ای در مدل‌سازی باعث می‌شود تا در طراحی شبکه رویکرد تحلیلی داشته و با آزمون فرضیه این نتیجه حاصل گردید که طراحی سیستم تولیدی ناب بر اساس تکنیک مبتنی بر بدیهیات کارآمدتر از طراحی سیستم تولیدی ناب بر اساس تکنیک سلسله مراتبی ابزار-هدف می‌باشد.

از نتایج فرعی حاصله از این تحقیق این است که در طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های بزرگ اجتماعی و تولیدی از تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات با ایجاد نگرش چند لایه‌ای

به سیستم استفاده نمود. افزایش متغیرهای تصمیم و محدودیتهای مسئله در سیستمهای پیچیده و بزرگ موجب می شود تا مدل سازی امری دشوار و غیر ممکن شده و بهینه سازی آنها نیز با مشکلاتی همراه باشد. از جمله مشکلات موجود این است که با گذشت زمان پارامترهای مسئله تغییر نموده و اندازه گیری اثر تغییرپذیری متغیرها بر روی تابع هدف بسادگی امکان پذیر نمی باشد.

نگرش چند لایه ای در مدل سازی موجب می شود تا تقسیم کار بین افراد تیم پروژه بسادگی ایجاد شود. افراد تیم می توانند جهت مدل سازی، تعدادی از مسائل فرعی را انتخاب و بر حسب نیاز از انواع مدل های برنامه ریزی از جمله خطی، غیر خطی، عدد صحیح- صفر و یک، برنامه ریزی آرمانی و پویا و ... استفاده نمایند.

پیشنهادات

۱. با توجه به پیش زمینه و نگرش مهندسی آقای سو؛ بنیانگذار تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات؛ دانشمندان سعی نموده اند تا این تکنیک را در زمینه های مختلفی از جمله طراحی کالا- طراحی نرم افزار- برنامه ریزی استراتژیک و ... بکار گیرند.
- لذا محققان و دانشجویان با توجه به جدید بودن این تکنیک می توانند ضمن تقویت مبنای تئوریک طراحی مبتنی بر بدیهیات؛ در طراحی سیستم های تولیدی از جمله سیستم تولیدی هولونیک؛ سیستم تولیدی فرکتال؛ سیستم تولیدی بایونیک و غیره از آن استفاده نمایند.
۲. محققان می توانند در مدل سازی مسائل واقعی از طراحی مبتنی بر بدیهیات استفاده نموده و مسائل و مشکلات موجود را با نگرش چند لایه ای مدل سازی نمایند. مدل سازی مسائل و مشکلات بعنوان مهم ترین وظیفه در بهینه سازی محسوب می شود. هر چه مدل طراحی شده بتواند نماینده واقعی تری از محیط تصمیم گیری باشد جواب استخراج شده از اعتبار بالاتری برخوردار خواهد بود. این امر اهمیت و لزوم توجه به امر مدل سازی را می رساند.
۳. تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات ضمن توجه به نیاز مشتریان؛ سیستم را از کل به جزء می شکند. در حقیقت این تکنیک نوعی مهندسی معکوس است که برای طراحی سیستم ها قابل بکارگیری می باشد.
۴. در فرایند ایجاد مدیریت زنجیره عرضه می توان از تکنیک مبتنی بر بدیهیات استفاده نمود.

۵. شناخت بیشتر نسبت به انسان و نیازهای وی و تکوین تئوریهای مربوط به آن در عرصه زمان بعنوان عواملی در همگرایی بین سیستم‌های تولیدی محسوب می‌شوند. تکامل پذیری علوم و گذشت زمان زمینه ایجاد همگرایی بین متدولوژی سیستم‌های تولیدی را فراهم آورده است. از طرفی توجه به مشتری و نظرات وی باعث شده تا مشتریان قدرت انتخاب کالا از هر تولید کننده ای را داشته باشند. لذا محققان و دانشمندان فلسفه‌های تولیدی جدیدی را معرفی نموده‌اند. امروزه ملاک و معیار تصمیم‌گیری مشتریان در انتخاب محصول شامل تمامی ابعاد کیفیت، بهای تمام شده، سرعت و تنوع است. برای ارضاء نیاز مشتریان ضرورت دارد که سیستم تولیدی مناسب طراحی گردد. برای طراحی سیستم‌های تولیدی می‌توان از طراحی مبتنی بر بدیهیات استفاده نمود.
- هم چنین در تعریف سیستم تولیدی ضرورتاً به سیستم تولیدی خاصی محدود نشده بلکه می‌توان از توانمندیهای سیستم‌های مختلف بصورت ترکیبی استفاده و در طراحی سیستم تولیدی لحاظ نمود. توانائی طراحی مبتنی بر بدیهیات در این امر بسیار محسوس می‌باشد.
۶. با توجه به جدید بودن تکنیک و بدیع بودن آن در رشته مدیریت، حسابداری، اقتصاد زمینه برای تحقیق از لحاظ تئوریک و کاربردی وجود دارد. انجام کنفرانس بین‌المللی دوسالانه نشان از پویائی و اهمیت این تکنیک می‌باشد. این تکنیک می‌تواند محقق را در هر زمینه ای که با واژه طراحی سروکار دارد کمک نماید.
۷. در این تحقیق زمان انجام فعالیتها در سه قالب زمانی خوشبینانه، محتمل و بدبینانه تخمین زده شده است اما از آنجا که تخمین زمانی انجام فعالیتها پروژه استقرار سیستم فازی و مبهم می‌باشد لذا می‌توان از کنترل پروژه فازی استفاده نمود

پیشنهاد به سازمان

از آنجا که هدف شرکت جهان افروز در راستای کسب رضایت مشتریان و رقابت در عرصه جهانی بوده و مدیران و مهندسان شرکت نیز نسبت به پیاده سازی سیستم‌های نوین تولیدی ایمان دارند لذا پیشنهاد می‌گردد که برنامه استراتژیکی خود را بر اساس تکنیک طراحی مبتنی بر بدیهیات طراحی و جدول زمانی را برای استقرار سیستم مورد نظر تهیه نمایند تا بتوانند با صرف اعمال بودجه بندی صحیح به آن دست یابند.

منابع

۱. اصغر پور، محمد جواد (۱۳۷۷). تصمیم گیریهای چند معیاره؛ تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. کوشا، حمید رضا (۱۳۸۳). بکارگیری مدل حذف فراگیر فعالیتهای بدون ارزش افزوده در شرکت جهان افروز، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف.
۳. شیخ، رضا (۱۳۷۷). کاربرد منطق فازی در تحلیل شبکه و مقایسه آن با روش کلاسیک، مجله صنایع، شماره ۱۷.
۴. مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۳). پژوهش عملیاتی پیشرفته، تهران، نشر کتاب دانشگاهی، چاپ اول.
5. Albano L.D., Suh N.P. (1992), "Axiomatic Design to Structural Design," *Research in Engineering Design*, Vol. 4, No. 3, pp. 171-183,
6. Avlah, A.M.(2004), "Integration Of High-Level Design Information With Axiomatic Design Formulation "Proceedings Of Icad-The Third International Conference on Axiomatic Design-Seoul – June 21-24-ICAD-44
7. Andreasen M.M. (1992), "Designing on a designer's workbench" *Proceedings of the 9th Wdkd Workshop*, Rigi, Switzerland,
8. Ballard, G. (2000). The Last Planner System of Production Control. School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham.
9. Ballard, G., Koskela, L., Howell, G and Zabelle, T. (2001). Production System Design: Work Structuring Revisited. LCI White Paper 11, January 24.
10. Cochran, D. S. (1999). "The Production System Design and Deployment Framework". Proceedings of the First International Conference on Axiomatic. Pp, 13-18.

11. Cochran, D. S; Yong-Suk K and Jongyoon K. (2000). "The Alignment of Performance Measurement with the Manufacturing System Design". Proceedings of the First International Conference on Axiomatic Design. Cambridge, MA, June 21-23.
12. Dan B. (2000). "Parttioning Tasks To Product Development Teams" Proceedings of ICAD-First International Conference on Axiomatic Design Cambridge, MA – June 21-23-ICAD062.
13. Duane Steward, D.V.M, and Dervieic, T. (2004). "Integration Of Axiomatic Design And Project P Lanning" Proceedings of ICAD-The Third International Conference on Axiomatic Design-Seoul – June 21-24, 2004-ICAD-2004-28
14. Gwang-Sub Shin-Jeong-Wook Yi-Sang-II Yi-Yong-Deok Kwon-Gyung-Jin Park, (2004)-Calculation Of Information Content In Axiomatic Design -Proceedings Of ICAD-The Third International Conference on Axiomatic Design-Seoul – June 21-24, -ICAD--22
15. Gebala, D. A. and Suh, N. P., (1992) "An Application of Axiomatic Design", Research in Engineering Design, Vol. 3, pp149-162.
16. Kusiak A. (1998), Computational Intelligence In Design and Manufacturing-john Wiley & Sons, inc-
17. Mahmoud and Jamshidnezhad, B. (2002). "Contseptul Design Of Lean Production Systems Through An Axiomatic Approach" Proceedings of ICAD-Second International Conference on Axiomatic Design Cambridge, MA – June 10&11, -ICAD 029
18. Satity. Thomas L. (1990) "Decision Making Forleaders" -Rws Publication;
19. Suh, N. P. (2001)., Axiomatic Design: Advances and Application, Oxford University Press-1-Suh, N., "Design And Operation Of Large Systems," Journal of Manufacturing Systems, Vol. 14, No. 3, pp 17-25.
20. Sushkov V.V; Mars N.J.I, and Wognum P.M. (1995), "Introduction to TIPS: A Theory for Creative Design", AI in Engineering, Vol. 9. pp, 125-131.
21. Tate, D., and Nordlund M., (1995) "Synergies Between American and European Approaches to Design," Proceedings of the First World Conference On Integrated Design and Process Technology (IDPT-Vol. 1), Society for Design and Process Science, Austin, TX, pp.103-111, Dec 7-9.
22. Tate, D., and Nordlund M., (1996) "A Design Process Roadmap as a

- General Tool for Structuring and Supporting Design Activities,” (accepted to the) Proceedings of the Second World Conference on Integrated Design and Process Technology (IDPT-Vol.2), Society for Design And Process Science, Austin, TX, Dec 1-4,
23. Yong-Suk, K. (2003). “A Decomposition Based Approach To Integrate Product Design and Manufacturing System Design” International Journal of Production Economics) pp, 183–198.
24. Young. J; Ching, L. and hwang, S. (1992). "Fuzzy Mathematical Programming Methods and Application", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
25. Tatish, T. and Shaki- C.H. (1991). "A New Project Scheduling Method for Time Estimation which Considers Different Fuzziness For Different Activity" Emirs Of The Faculty Of Engineering, Kyushu University Vol.51, No 4. pp, 125-131.
26. Yien, J.T and Tseng M.M. (2004), “A Manufacturing Systems Design Methodology,” Proceedings of the 3rd CIRP Workshop On Design And Implementation Of Intelligent Manufacturing.