

پیاده سازی مهندسی ارزش با استفاده از مفاهیم تکنولوژی گروهی در یک واحد صنعتی*

محمد رضا شبگرد

کارشناس ارشد ساخت و تولید
عضو هیات علمی دانشکده فنی
دانشگاه تبریز

الیاس حدادی

کارشناس ارشد ساخت و تولید
مدرس انستیتو مکانیک
مرکز آموزش عالی فنی تبریز

سید محمد معطر حسینی

دکترای صنایع (ساخت و تولید)
عضو هیات علمی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

مهندسی ارزش یک فناوری شناخته شده و پذیرفته شده در جوامع پیشرفته صنعتی است که برای بهینه کردن سرمایه‌گذاری و بهینه کردن ارزش تولید، در دامنه وسیعی از خدمات و تولید در شرکت‌ها و کارخانجات صنعتی استقرار یافته و به‌طور مستمر در جهت اهداف تعریف شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهندسی ارزش تلاشی سازماندهی شده گروهی با مشارکت کلیه عوامل مؤثر و آگاه به موضوع، ذینفع برای تحلیل منظم جنبه‌های ارزشی و هزینه‌ها به منظور بهبود ارزش افزوده و عملکرد طرح و تولید و حذف هزینه‌های غیرلازم، در جهت کاهش هزینه‌های کلی است. مراحل اجرایی مهندسی ارزش شامل مراحل جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه و تحلیل (ساختار و اجزای سیستم از نظر طراحی، مواد، نوع فرآیند و...)، کنترل و ارزیابی است. تکنولوژی گروهی (GT) به‌عنوان پایه و اساس سیستم‌های تولیدی پیشرفته (CAD/CAM, FMS, CIM) فلسفه تولیدی است که به بهره‌برداری از تشابهات قطعات به لحاظ طراحی و پارامترهای ساخت تأکید دارد. هدف این مقاله ارائه راهکارهای مناسب جهت نیل به اهداف مهندسی ارزش با بکارگیری و پیاده‌سازی سیستم تولید گروهی در یک واحد تولیدی و صنعتی می‌باشد. در این بررسی جهت گروه‌بندی قطعات و تجزیه و تحلیل هزینه‌ها از نرم‌افزار ROCEX (این نرم‌افزار توسط نویسندگان مقاله تهیه شده) استفاده شده است.

* اطلاعات و مدارک فنی از

آرشیو شرکت توسعه و گسترش
صنعت آذربایجان تهیه شده است.



مقدمه

مهندسی ارزش به عنوان ایده، کوششی سازمان یافته و پذیرفته شده در سیستم‌های تولیدی پیشرفته می‌باشد که برای بهینه کردن سرمایه‌گذاری و حذف هزینه‌های غیرلازم در جهت بیشینه کردن ارزش محصول نسبت به قیمت آن^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد [1]. این ایده اولین بار در سال ۱۹۴۷ توسط لارنس مایلز^۲ مطرح گردید و در بعضی از موارد موجب افزایش راندمان تا پنجاه درصد (۵۰٪) گردید [2]. به همین دلیل تدریجاً شرکت‌های صنعتی و خدماتی و سازمان‌های دولتی از مهندسی ارزش برای کاهش هزینه‌ها و افزایش توان رقابتی خویش استفاده نمودند.

تولید سلولی به عنوان یک نمونه عملی از اصول فلسفه تکنولوژی گروهی با استفاده از وجوه تشابه قطعات از نظر فرآیند ساخت و سایر پارامترهای تولید توانسته از مزایای سیستم‌های تولید کارگاهی و تولید خطی بهره‌مند گردیده و با کاهش تعداد حمل و نقل‌ها، تعداد ابزار، تعداد قطعات در جریان تولید (WIP)، زمان‌های تنظیم و... راندمان تولید را به مراتب افزایش داده و اهداف اجرایی مهندسی ارزش را تأمین نماید. تکنولوژی گروهی به عنوان یکی از سیستم‌های حمایت‌کننده مهندسی ارزش سعی دارد ضمن حفظ کیفیت، کارایی و قابلیت اعتماد، با افزایش نسبت ارزش محصول به قیمت آن رقابت قابل قبولی در برابر رقبا اتخاذ نموده و به تحولات بازار پاسخ سریع و اقتصادی بدهد. شرکت توسعه و گسترش صنعت آذربایجان از سال ۱۳۷۳ مشغول تولید دستگاه آبیاری قرقه‌ای و دستگاه کمباین می‌باشد. در حدود ۵۰٪ قطعات کمباین در داخل شرکت در یک سالن عمومی بصورت کارگاهی^۳ تولید می‌شوند. این تحقیق در نظر دارد نحوه پیاده‌سازی تولید سلولی در این شرکت را به عنوان یکی از سیستم‌ها یا عناصر حمایتی مهندسی ارزش نشان داده و از مزایای آن بهره‌مند گردد.

مهندسی ارزش و کاربرد آن

کوپر در سال ۱۹۹۷ مهندسی ارزش را به شرح زیر تعریف نموده است: [3]. مهندسی ارزش، یک بررسی همه جانبه از تمامی عوامل مؤثر در قیمت محصول است که شامل مراحل طراحی، انتخاب مواد، نمونه‌سازی و عوامل مؤثر در فرآیند تولید و... است. مهندسی ارزش تلاش می‌نماید ضمن حفظ کیفیت و قابلیت اعتماد با بررسی و تحلیل ارتباط سه عامل قیمت، عملکرد و ارزش افزوده، هزینه‌ها را کمینه و نسبت ارزش محصول به قیمت آن را بیشینه نماید [3] [1]. مهندسی ارزش در بخش طراحی با شناسایی مشکلات طراحی و حذف آنها، امکان ساده و کوچکتر کردن طرح، توسعه دامنه ترانس‌ها و صافی سطح مورد قبول، مونتاژ سریع، استفاده از مواد

^۱ Valuc/Cosl

^۲ Lawrence D.Miles

^۳ Jobshop



ارزان و با ابعاد استاندارد و ... را بررسی می‌نماید و در بخش ساخت به بررسی، امکان استفاده از تکنولوژی گروهی و سایر سیستم‌های پیشرفته تولیدی، استفاده از اتوماسیون در هر کدام از مراحل تولید، انتخاب مناسب تعداد و نرخ تولید، استفاده از روش‌های ساخت با ضایعات کمتر، انتخاب روش‌های مناسب کنترل کیفی و ... می‌پردازد [4] [1].

تشکیل خانواده قطعات و سلول تولیدی

جهت طراحی سلول تولیدی روش‌های مختلفی ارائه شده است [5][6][7][8][9]. این مقاله با بررسی مراحل پنجگانه طراحی سلول تولیدی که توسط ویمیرلو^۴ [6] بیان گردیده و روش دسته‌بندی ROC که توسط King ارائه شده، جهت طراحی سلول تولیدی به ترتیب زیر عمل می‌نماید: [10].

- ۱- ابتدا برای هر قطعه یک سلول تولیدی مستقل و مجزا در نظر گرفته می‌شود.
- ۲- فرآیند ساخت و تجهیزات و ماشین آلات هر یک از سلول‌های تولیدی انتخاب می‌گردد.
- ۳- خانواده قطعات و گروه‌های ماشینی بصورت همزمان با استفاده از الگوریتم ROC توسط نرم‌افزار ROCEX تعیین و سلول تولیدی مشترک که از ادغام دو و یا چند سلول تولیدی مستقل بوجود می‌آید، تشکیل می‌شود.
- ۴- توسط نرم‌افزار ROCEX با استفاده از روش ابداعی هولیر^۵ ترتیب استقرار ماشین آلات و تجهیزات در داخل هر کدام از سلول‌های تولید مشترک تعیین می‌شود [11].

الگوریتم دسته‌بندی ROC

این الگوریتم توسط King ارائه شده و جهت تشکیل خانواده و گروه‌بندی ماشین‌ها بصورت زیر عمل می‌نماید [۱۰].

قدم اول - ماتریس وابستگی قطعه - ماشین (A) به شرح زیر تشکیل می‌شود.

$$(1) \quad A_{(m,n)} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, m$ $j = 1, 2, 3, \dots, n$ m : تعداد ماشین‌ها n : تعداد قطعات

$a_{ij} = 1$ if $a_i = a_j$ (اگر ماشین i در ساخت قطعه j مورد نیاز باشد)

$a_{ij} = 0$ if $a_i \neq a_j$ (اگر ماشین i در ساخت قطعه j مورد نیاز نباشد)

^۴

Wemmerloy

^۵ Holier



قدم دوم - وزن هر یک از سطرهاى ماتریس (A) طبق رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$(2) \quad \text{وزن سطر } i = \sum_{j=1}^n a_{ij} 2^{n-j}$$

قدم سوم - سطرهاى ماتریس (A) به ترتیب نزولی بر اساس وزن هر سطر مرتب می شود.

قدم چهارم - قدم‌های ۲ و ۳ در مورد ستونهای ماتریس (A) طبق رابطه زیر اعمال می گردد.

$$(3) \quad \text{وزن سطر } j = \sum_{i=1}^m a_{ij} 2^{m-i}$$

قدم پنجم - قدمهای ۲ تا ۴ تا آنجا تکرار می شود که دیگر محل سطرها و ستون‌ها تغییر نکند.

براساس الگوریتم ROC از جابجایی سطر و ستون‌های ماتریس وابستگی قطعه - ماشین (A)

ماتریس نهایی (B) به صورت زیر حاصل می شود:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} W1 & W2 & W3 & W4 & W5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad B = \begin{matrix} & \begin{matrix} W2 & W4 & W5 & W1 & W3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} M2 \\ M4 \\ M1 \\ M3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ماتریس ورودی ماتریس خروجی

$\{W_1, W_3\} = MG_a$ ماشینهای سلول
 $\{W_2, W_4, W_5\} = MG_b$ ماشینهای سلول

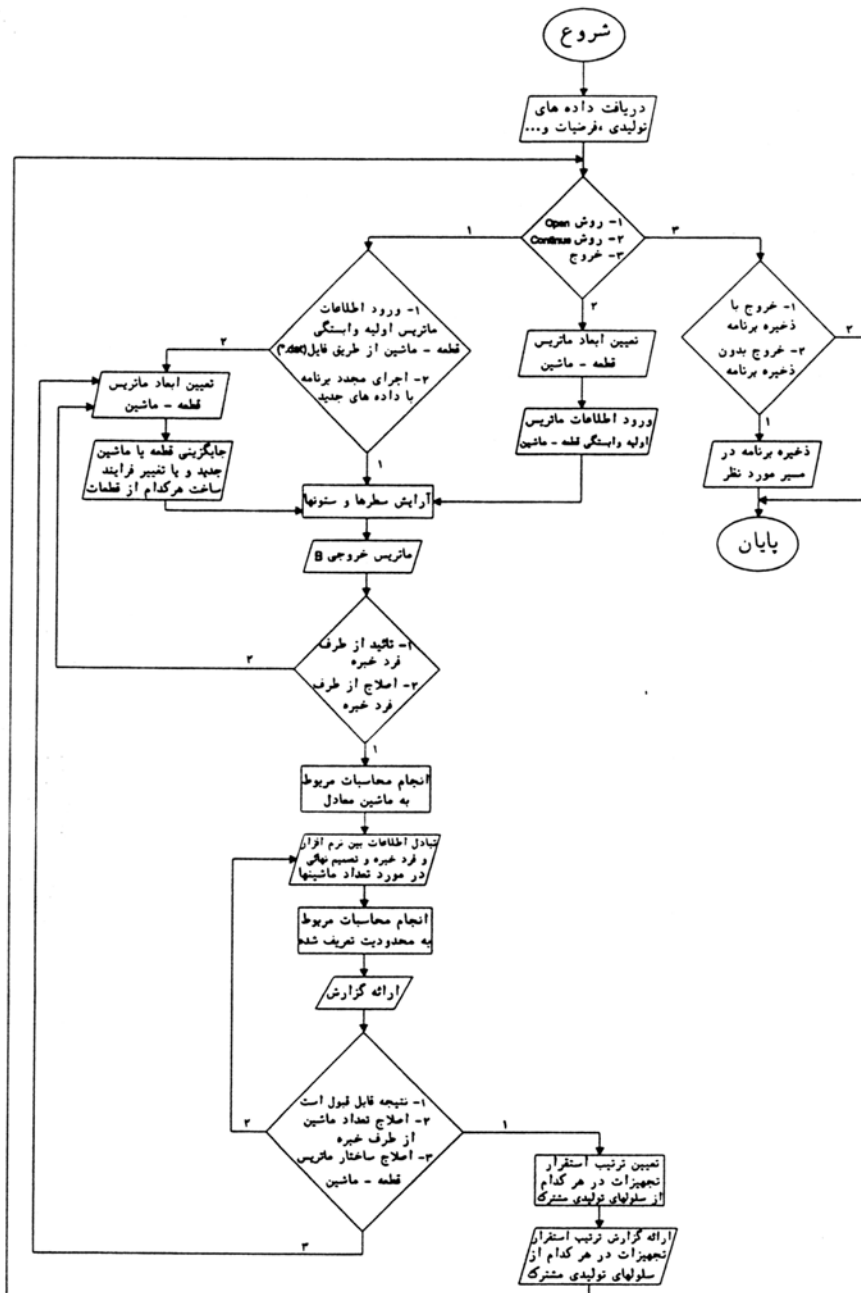
پس طبق ماتریس B سلول‌های تولیدی مشترک عبارتند از:
 $\{M_2, M_4\} = MG_a$ مشترک تولیدی
 $\{M_1, M_3\} = MG_b$ مشترک تولیدی

نرم افزار ROCEX

نرم افزار از ROCEX به زبان C و مطابق الگوریتم ROC برای گروه بندی قطعه - ماشین تهیه گردید. این نرم افزار می تواند اطلاعات ورودی را به دو طریق (Open, Continue) طرف کاربر دریافت کند (شکل ۱). در روش دریافت اطلاعات به روش کاربر به Continue تعداد سطرها (ماشین) و ستون‌ها (قطعه) از کاربر سوال شده و بامشخص شدن تعداد آرایه‌ها، تک تک آرایه‌ها نیز از طرف نرم افزار داده می شود، و بدین ترتیب اولین ماتریس وابستگی قطعه - ماشین تشکیل می شود. سپس براساس قدم‌های گفته شده، در الگوریتم ROC محاسبات و تجزیه و تحلیل روی ماتریس اولیه وابستگی قطعه - ماشین انجام شده و در نهایت براساس وزن سطرها و ستون‌ها ماتریس آرایش یافته نهایی (B) حاصل می شود [۱۰]. در روش open اطلاعات را قبلاً در قالب فایل جداگانه‌ای با پسوند با dat (*) توسط یک ویرایشگر ایجاد می شود. این فایل به عنوان اولین ماتریس وابستگی قطعه ماشین توسط نرم افزار با ROCEX قابل فراخوانی، اجرا، ذخیره و... می باشد. بعد از تشکیل ماتریس نهایی وابستگی قطعه - ماشین، نرم افزار ROCEX با استفاده از الگوریتم روش ابداعی هولیر [۱۱] کمینه نمودن میزان برگشت به عقب سعی دارد هزینه‌های حمل و نقل را حداقل نماید. خروجی



نرم افزار خانواده قطعات و ماشین ها، ترتیب استقرار نهایی ماشین ها و تجهیزات در داخل سلول تولیدی مشترک می باشد.



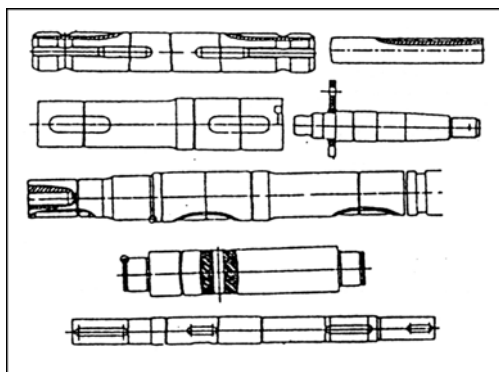
شکل ۱- الگوریتم نرم افزار ROCEX

نحوه کاربرد روش پیشنهادی در پروژه کمباین

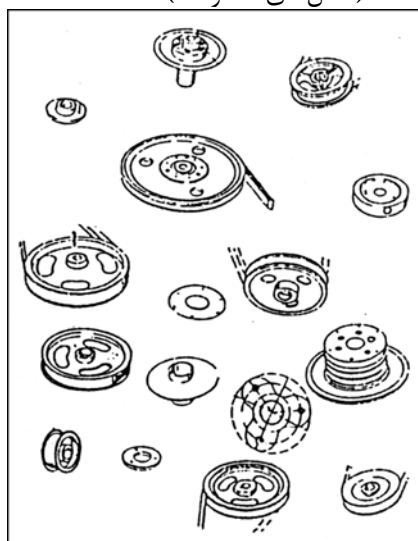
این بررسی که براساس اطلاعات فنی شرکت توسعه و گسترش آذربایجان تهیه شده شامل مراحل زیر می‌باشد:

مرحله یک - با مطالعه بروشورها و بررسی نقشه فنی قطعات کمباین و بررسی قطعات در حال ساخت، مجموعه‌ای از قطعات مورد نظر انتخاب گردیدند.

مرحله دوم - در این مرحله قطعات توسط بازرسی چشمی براساس طرح و شکل آنها به گروه‌های اصلی (قطعات استوانه‌ای محوری، دیسکی، جعبه‌ای متقارن و غیرمتقارن) تقسیم‌بندی شدند (شکل‌های ۲a و ۲b).



شکل ۲b - خانواده قطعات استوانه‌ای MG2 (کمباین)



شکل ۲a - خانواده قطعات دیسکی MG1 (کمباین)

مرحله سوم - در این مرحله فرآیند ساخت هر کدام از قطعات تهیه گردید.

مرحله چهارم - با توجه به فرآیند ساخت هر قطعه، برای هر کدام از قطعات یک سلول تولیدی مستقل در نظر گرفته و براساس حجم تولید، زمان‌های عملیات، فرضیات و روابط زیر تعداد ماشین معادل هر سلول تولیدی تعیین گردید.

مرحله پنجم - در هر یک از گروه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار ROCEX، با ملاحظه اصول پنجگانه ویمیرلو [6] و اعمال محدودیت مربوط به مقدار صرفه‌جویی در هزینه سرمایه‌گذاری، از ادغام سلول‌های تولیدی مستقل، سلول‌های تولیدی مشترک حاصل گردیدند.

فرضیات:

الف - تعداد شیفت کاری در هر ۲۴ ساعت: ۳ نوبت

ب - ساعات کاری هر شیفت: ۷/۵ ساعت

پ - تعداد روز کاری در هر ماه: ۲۲ روز

ج - راندمان ماشین: ۸۵ درصد

د - درصد خرابی قطعات: ۷ درصد

هـ - محدودیت مربوط به ادغام سلول های تولیدی مستقل: حداقل مقدار صرفه جویی در هزینه سرمایه گذاری ناشی از ادغام دو سلول تولیدی ۲۵ درصد باشد.

روابط:

[1] [12] [13] [14]

$$(4) \quad th = \frac{L.i}{t.n}$$

$$(5) \quad EM_i = \sum m_j = 1 \frac{W_{ij} - t_{ij}}{P_i(1 - S_{ij}).H}$$

EM_i : تعداد ماشین معادل

th : زمان ماشینکاری (min)

W_{ij} : تعداد قطعات خروجی j از ماشین i در هر سال (min)

L : طول ماشینکاری (mm)

t_{ij} : زمان ماشینکاری قطعه j در روی ماشین i (min)

n : دور قطعه کار یا ابزار (rpm)

P_i : راندمان ماشین i

t : سرعت پیشروی ($\frac{mm}{rev}$)

S_{ij} : درصد ضایعات قطعه j روی ماشین i

i : تعداد دفعات بار

H : زمان قابل دسترسی برای ماشین i در هر سال (min) m : تعداد قطعات هر سلول تولیدی

$$(6) \quad CP_{PQ} = 1 - \left\{ \frac{C_{PQ}}{C_P + C_Q} \right\} \times 100$$

CP_{PQ} : درصد صرفه جویی در هزینه سرمایه گذاری ناشی از ادغام سلولهای تولیدی P, Q

C_P : هزینه سرمایه گذاری سلول تولیدی P

C_Q : هزینه سرمایه گذاری سلول تولیدی Q

C_{PQ} : هزینه سرمایه گذاری سلول تولیدی مشترک P, Q



شماره قطعه	نام قطعه	تجهیزات سلول تولیدی مستقل	هزینه تجهیزات (میلیون ریال)	حجم تولید (سالیانه)	توضیحات
13A0029	دیسک چرخهای جلو	زمان عملیات (دقیقه) 7.2 10 8.6 6.3 4.6 ماشینهای M1 M2 M3 M5 M4	1400.0	30000	M1: ماشین تراش عمودی M/C(TV-400) M2: فرز عمودی M/C(V-40) M3: ماشین بالانس M4: ماشین سنگ زنی تخت مدور M5: ماشین تراش GF1500 CNC
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 300 250 130 500 220			
1761102	صفحه بادامکی قسمت کوبنده کمباین	زمان عملیات (دقیقه) 11.3 10.5 3.0 4.2 6.2 ماشینهای M1 M2 M3 M2 M4	900.0	15000	M6: ماشین تراش دو متری ماشین سازی تبریز M7: دریل رادبال M8: ماشین تلاویر زنی مخصوص M9: صفحه تراش M10: سنگ گرد ساب
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 300 250 130 220			
15A0033	بولی	زمان عملیات (دقیقه) 9.2 5.4 1.3 5.0 ماشینهای M1 M2 M1 M4	770.0	10000	
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 300 250 220			
13A0019	اتصال زانویی TNP8	زمان عملیات (دقیقه) 4.2 5.8 3.0 3.0 ماشینهای M1 M5 M1 M3	930.0	20000	
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 300 500 130			
880038	مبلک کوبنده	زمان عملیات (دقیقه) 3.5 9.0 10 9.0 11 ماشینهای M6 M5 M7 M8 M10	910.0	18000	
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 60 500 55 35 260			
15A0034	رینگ کوبنده	زمان عملیات (دقیقه) 2.5 15 ماشینهای M1 M4	520.0	30000	
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 300 220			
15A0037	فلانچ محور تغذیه	زمان عملیات (دقیقه) 12 20 8.0 5.0 10 ماشینهای M9 M6 M5 M7 M8	680.0	10000	
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 30 60 500 55 35			
15A0041	جلوران خورش	زمان عملیات (دقیقه) 5.0 12 12 13 ماشینهای M5 M7 M8 M10	850.0	5000	
		قیمت ماشین (میلیون ریال) 500 55 35 260			

شکل ۳- داده‌های تولیدی گروه اصلی قطعات استوانه‌ای دیسکی شکل. (ترتیب عملیات طبق نحوه قرار گرفتن ماشین‌ها از سمت چپ به راست در جدول می‌باشد).

با توجه به مراحل ذکر شده و داده‌های تولیدی (شکل ۳) که شامل ماتریس A نیز می‌باشد، نتایج محاسبات به عمل آمده توسط نرم‌افزار ROCEX برای خانواده قطعات استوانه‌ای دیسکی شکل، به عنوان نمونه به شرح زیر می‌باشد:

الف - ماتریس نهایی وابستگی قطعه - ماشین (ماتریس خروجی B)

$$B = \begin{matrix} & W1 & W4 & W3 & W6 & W8 & W7 & W2 & W5 \\ \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \\ M5 \\ M6 \\ M7 \\ M8 \\ M9 \\ M10 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$



ب - خانواده قطعات و سلول های تولیدی مشترک براساس ماتریس B:

$\{W1, W3, W4, W6, W8\} = P$ خانواده قطعات سلول تولیدی مشترک

$\{M1, M2, M3, M4, M5\} = P$ ماشین های سلول تولیدی

$\{W7, W2, W5\} = Q$ خانواده قطعات سلول تولیدی مشترک

$\{M5, M6, M7, M8, M9, M10\} = Q$ ماشین های سلول تولیدی

ج - ترتیب استقرار تجهیزات در سلول تولیدی P و Q:

- ترتیب استقرار تجهیزات در سلول تولیدی P (شکل ۴)

$M1 \rightarrow M5 \rightarrow M2 \rightarrow M3 \rightarrow M4$

- ترتیب استقرار تجهیزات در سلول تولیدی Q

$M9 \rightarrow M6 \rightarrow M5 \rightarrow M7 \rightarrow M8 \rightarrow M10$

From:	To:					"From"	To/From Ratio
	M1	M2	M3	M4	M5		
M1	-	55	20	30	20	125	0.24
M2	10	-	45	0	0	55	1.27
M3	0	15	-	0	30	45	1.44
M4	0	0	0	-	0	0	∞
M5	20	0	0	30	-	50	1
"To" sums	30	70	65	60	50		

شکل ۴- جدول From/To سلول تولیدی مشترک P

نتیجه گیری

مهندسی ارزش یک روش سیستماتیک و قابل قبول جهت بهینه کردن سرمایه گذاری و حذف هزینه های غیر لازم در جهت بیشینه کردن نسبت ارزش محصول به قیمت آن می باشد. تولید سلولی به عنوان یک نمود عملی از فلسفه تکنولوژی گروهی و یکی از راه حل های مناسب و اقتصادی، جهت پیاده سازی مهندسی ارزش در واحدهای تولیدی و صنعتی می باشد. روش بکار گرفته شده به استفاده از نرم افزار ROCEX نشان میدهد که سیستم تولید سلولی به عنوان یکی از عناصر اصلی مهندسی ارزش یک روش مناسب جهت تولید قطعات و تجهیزات صنعتی از جمله کمباین می باشد. محاسبات بعمل آمده (جدول From/To) و تجربیات عملی نشان دادند این روش علاوه بر کاهش زمانهای تنظیم، مشکلات مدیریتی و... موجب کاهش میزان حمل و نقلها به مقدار ۲۵٪ نسبت به ترتیب استقرار قبلی می گردد. بدیهی است این روش می تواند در اکثر صنایع و مؤسسات خدماتی مورد استفاده قرار گیرد.



مراجع و منابع

1. Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, "Manufacturing Engineering and Technology", Fourth Edition, (2000).
2. Lawrence D.Miles."Value engineering Reference", kurt F. wendt Library college of Engineering University of Wisconsin Madison. (2001).
3. Dr.Robert, C.Creese, PE, CCE, "Cost management in lean manufacturing enterprises and the effects upon small and medium enterprises", The Fourth SMESME International conference, (2001).
4. Professor Vince Thomson, "Value Engineering at Me Gill University", Department of Mechanical Engineering, (2001).
5. Godfrey C.Onwubolu, "Design of parts for cellular manufacturing using neural network – based approach". Journal of Interllight Manufacturing (1999) 10.251-265.
6. A.J.Vakharia, U. Wemmerlov, "Designing a cellular manufacturing system: a Materials flow approach based on operation sequences". IIE Transactions.V22, No 1, (1990).
7. W.Luggen, "Flexible Manufacturing cells and system", prentice – Hall (1991).
8. N. Singh, "Design of cellular manufacturing systems: An invited review",Europen journal of operational researeh, 69-284-294 (1993).
9. G.K Adil, D.Rajamani and D.strong, "A mathematical model for cell formation considering, investment and operational costs". European journal research 69, (1993), 330-341.
10. A. Kusiak. Intelligent manufacturing systems", Prentice – Hall, (1990).
11. M. P. Groover, "Automation, production systems, and computer Integrated manufacturing", (New jersey: Prentice – Hall). (1987).
12. E. oberg. F. D. Jones. H. Hokton. "Machinery hand book", 22nd Edition, Industrial press INC, New york, (1984).
13. Sherif D. EL Wakil, "Processes and Design for Manufacturing", Second Edition, (1998).
14. M K Khan, Y T Abdul – Hamid, C S wright, R whalley, "Advanced Manufacturing Processes, systems, and Technologies (AMPST99)", (1999).