پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

خوشه‌بندی فازی معیارهای سیستم تولید سلولی در فضای تصمیم‌گیری تولید ناب

احمد نورنگ[۱]، مهدی غضنفری[۲]، سروش صغیری[۳]

چکیده

این مطالعه، بر شناسایی معیارهای اصلی ایجاد تشکل سلولی (CF)[۴] و دسته‌بندی آنها از دیدگاه تولید ناب (LP)[۵] مبتنی بر رویکرد خوشه‌بندی فازی متمرکز است. این دسته‌بندی، علاوه بر آنکه تجزیه و تحلیل جنبه‌های مختلف سیستم تولید سلولی را از منظر تولید ناب میسر می‌سازد، تشکیل سلول‌ها با استفاده از اهداف ناب (مبتنی بر معیارهای CF) را نیز امکان‌پذیر ساخته و کاربرد جدیدی از خوشه‌بندی فازی را در مبحث سیستم‌های تولید سلولی ارایه می‌دهد.

۱- مقدمه

تولید ناب (LP) به عنوان سیستمی موفق در دستیابی به مزایای تولید انبوه در فضایی انعطاف‌پذیرتر شناخته شده است. بطور خلاصه، تولید ناب، سیاستهایی نظیر بهبود بهره‌وری نیروی کار، کاهش سطح موجودی‌ها، کاهش زمان سیکل تولید، و افزایش ظرفیتها بدون انجام سرمایه‌گذاری را راستای هدفش که همان تولید انبوه مشتری‌گرا است، بکار می‌بندد [۱].

درک برداشت فوق از تولید ناب منجر به توسعه‌های متعددی در جنبه‌های مختلف مدیریت تولید می‌شود. سیستم تولید سلولی (CMS)[۶] یکی از این توسعه‌ها است. CMS سعی می‌کند تا قطعات و تجهیزات تولیدی و خدمات پشتیبانی را به گروه‌های مستقل و کاملی از ماشین‌آلات موسوم به سلولهای تولیدی تخصیص دهد. به هر گروه از ماشینها در سلول تولیدی، خانواده‌ای از قطعات تخصیص می‌یابد. بر مبنای این تعریف، CMS هم راستا با اهداف تولید ناب عمل می‌کند [۲،۳].

یکی از قدمهای اولیه و مهم در تولید سلولی(CM)، طراحی و شکل‌دهی سلول(CF) می‌باشد. در این فرایند، سلولهای مناسب در میان ترکیبهای مختلف ماشین‌آلات و قطعات می‌بایست گزینش شوند. این طراحی و یا انتخاب چارچوبی است برای سیستمهای تصمیم‌گیری که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرند.

دسته‌بندی معیارهای اصلی CF از دیدگاه تولید ناب براساس رویکرد خوشه‌بندی فازی به عنوان ابزاری توانمند در تحلیل و دسته‌بندی موضوعات انجام می‌گیرد. با این هدف، در قسمت بعد، توضیحات مقدماتی در زمینه جنبه‌های مختلف LP،

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه امام حسین (ع)
۲- عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران
۳- دانشگاه امام حسین (ع)

4- Cell Formation
5- Lean Production
6- Cellular Manufucturing System

معیارهای ارزیابی CMS و بکارگیری رویکرد خوشه‌بندی ارائه می‌گردد. بعلاوه در این تحقیق یک رویکرد جامع در خوشه‌بندی برای دسته‌بندی معیارهای عملکرد CMS ایجاد می‌شود. بدین منظور، دیدگاه‌ها و نظرات خبرگان جمع‌آوری شده و مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصله از این مطالعه، زیرساخت مناسبی را برای تصمیم‌گیری‌ها در حوزه CMS و CF فراهم می‌آورد. بر این مبنا با عنایت به خلأ موجود در کارهای پیشین، نوآوری‌های انجام‌گرفته در این مقاله عبارتند از:

۱) شناسایی طیف وسیع و جامعی از معیارهای تولید ناب در سیستم تولید سلولی
۲) توسعه یک رویکرد خوشه‌بندی فازی برای دسته‌بندی معیارهای شناسایی‌شده تولید ناب در تکنولوژی گروهی
۳) توسعه برنامه نرم‌افزاری برای انجام خوشه‌بندی فازی در فضای چهاربعدی

۲- جنبه‌های مسأله

۲-۱- دیدگاه تولید سلولی (CMS)

در این پژوهش، با بررسی گسترده مطالعات موجود در زمینه سیستم تولید سلولی (CMS)، طیف وسیعی از معیارهای تصمیم‌گیری در این حوزه شناسایی گردیده‌اند. در بخش مرور ادبیات، معیارهای شناسایی‌شده در منابع مختلف معرفی گردیدند، و در این بخش، با نگاهی تحلیلی به آنها، جایگاه هر یک در مسایل تشکیل سلول، تبیین خواهد گردید.
در ادامه، معیارهای شناسایی‌شده در حوزه‌های مختلف قابل بحث در تولید سلولی معرفی می‌گردند [۴، ۵، ۶ و ۷].

الف- معیارهای مرتبط با ماشین‌آلات و تجهیزات

معیارهای مرتبط با ماشین‌آلات شامل موارد مرتبط با مدیریت و کنترل تولید شامل برنامه‌ریزی منابع تولیدی، سیستم‌های نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه، بهره‌گیری از تجهیزات کوچک‌تر و قابل حمل و موارد مشابه می‌باشد. براساس مرور ادبیات انجام گرفته در فصل دوم، مجموعه معیارهای شناسایی شده در این حوزه عبارتند از: مشارکت در تولید، اپراتورهای چندکاره، مشارکت در طراحی، جلب نظر مشتری و لحاظ نمودن آنها در طراحی، قابلیت مدیریت سلول، و بهره‌وری.

ب- معیارهای مرتبط با قطعات

گروه‌بندی قطعات در خانواده‌ها به نوعی بخش اصلی رویکرد تکنولوژی گروهی بوده و شامل طیف وسیعی از معیارها می‌باشد. آنچه از بررسی ادبیات موضوع قابل جمع‌بندی است، عبارت است از مجموعه معیارهای ذیل: موجودی‌ها، بروزرسانی اطلاعات، کارایی توالی فرایند تولید قطعات، تعامل میان فرایندها، تضمین کیفیت، مشارکت سلول در توسعه محصول، طراحی، کاهش هزینه، تحویل بموقع، کیفیت قابل قبول و در حال بهبود، باشتراک‌گذاری اطلاعات طراحی، کاهش محصول برگشتی بین سلولها، و هزینه‌های طراحی و توسعه محصول.

ج- معیارهای مرتبط با اپراتور

در کنار مجموعه معیارهای مرتبط با ماشین‌آلات و قطعات، معیارهای مربوط به اپراتور به‌عنوان بخش حایز اهمیتی از سیستم تولید سلولی در ادبیات موضوع همواره مورد نظر بوده است. معیارهای مورد نظر در این حوزه عبارتند از: قابلیت مدیریت سلول، مشارکت در تولید، اپراتورهای چندکاره، مشارکت در طراحی، جلب نظر مشتری و لحاظ نمودن آنها در طراحی، و بهره‌وری.

با توجه به مفهومی بودن ابعاد (عناصر کلیدی) تولید ناب برای سنجش و مدل‌سازی، لازم است معیارهای عملیاتی و قابل اندازه‌گیری شناسایی و معرفی شوند. در این تحقیق، با عنایت به تعداد زیاد معیارهای شناسایی‌شده، نوعی دسته‌بندی

به‌منظور ایجاد سهولت در تصمیم‌گیری‌ها بسیار ضروری می‌باشد. تحقیقاً، دسته‌بندی موردنظر باید در فضای عناصر کلیدی (یا همان ابعاد) تولید ناب صورت پذیرد.

۲-۲- دیدگاه تولید ناب (LP)

به‌منظور ایجاد درکی کامل و مشترک از ارتباط میان معیارهای شناسایی‌شده در قسمت قبل با فضای تولید ناب، در این قسمت تولید ناب به‌اختصار تشریح می‌گردد.

تولید ناب به عنوان سیستم تولیدی شناخته شده که بر پنج عنصر کلیدی *ارزش*[1]، *جریان ارزش*[2] ، *جریان*[3] ، *سیستم کششی*[4] و *تکامل*[5] تأکید دارد [۴]. هر یک از این عناصر کلیدی به شرح ذیل تعریف می‌گردند:

ارزش: یک مجموعه کامل از محصول یا خدمت است که به مشتری ارائه می‌گردد و می‌تواند به بهایی که مشتری حاضر است برای آن محصول یا خدمت بپردازد سنجیده شود.

جریان ارزش: رویکرد جریان ارزش، سازمان را به عنوان مجموعه‌ای از فرایندهای ارزش‌آفرین در نظر می‌گیرد. بر این مبنا، این رویکرد سعی دارد تا عملکرد فرایندهای مزبور را بهبود ببخشد و هر کار یا فرایند فاقد ارزش‌آفرینی را حذف نماید.

جریان: این عنصر به مفهوم حذف ضایعات در کلیه مسیرهای تولیدی با توجه به جریان ارزش در سازمان می‌باشد.

سیستم کششی: در مقابل نگرش تولید برای انبار[6] ، سیستم کششی بر تولید به‌منظور برآورد نیاز مشتری تأکید دارد. بر این مبنی، براساس سفارش مشتری، بخش بازار به اندازه سفارش مزبور به بخش تولید اعلام نیاز می‌نماید. در بخش تولید نیز، آخرین ایستگاه تولیدی، این تقاضا را به ایستگاه ماقبل منعکس می‌کند. بدین ترتیب هر ایستگاه تنها براساس تقاضای ایستگاه بعدی که در واقع مشتری آن محسوب می‌شود، اقدام به تولید می‌نماید (و نه بیشتر). بدین ترتیب جریان تولید از انتهای خط تولید هدایت می‌شود، و به آن سیستم کششی اطلاق می‌گردد.

تکامل: بر *بحث* بهبود مستمر و یکباره در کیفیت محصولات و خدمات، فرایندها و سیستم تأکید دارد.

۳- تحلیل خوشه‌بندی در CMS

۳-۱- مراحل انجام خوشه‌بندی معیارها

در این قسمت با اتکا به معیارهای شناسایی‌شده تولید سلولی، معیارهای مزبور از دیدگاه تولید ناب دسته‌بندی می‌گردند. این دسته‌بندی با هدف سهولت در تصمیم‌گیری‌ها و تحلیل‌های آتی در شکل‌دهی و مدیریت ناب سلول‌های تولیدی است. در واقع در شرایطی که تصمیم‌گیری و تحلیل با معیارهای متعدد همراه باشد، دسته‌بندی معیارها راهکار مناسبی درجهت تسهیل تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد، بدین ترتیب که تعدادی از معیارها به دلیل مشابهت در جنبه‌های مختلف در یک دسته و تحت یک معیار اصلی قرار می‌گیرند. معیارهای اصلی حاصل از این فرایند نمایندگی معیارهای اولیه را برعهده داشته و در مدل‌سازی‌های بعدی بکار خواهند رفت.

در ادامه رویه خوشه‌بندی معیارها به‌تفصیل تشریح می‌گردد.

الف- مرحله اول: جمع آوری و تدوین داده‌ها

1- Value
2- Value Stream
3- Flow
4- Pull
5- Perfection
6- Make-to-Stock

در مسأله حاضر جمع‌آوری داده‌ها عبارت است از شناسایی اشیا[1] مورد نظر جهت خوشه‌بندی، تعیین فضا و ابعاد مسأله خوشه‌بندی، و تعیین موقعیت هر معیار در فضای چهاربعدی.
در خوشه‌بندی مورد نظر(در مسأله حاضر) تعداد خوشه‌ها با توجه به نوع و جنبه‌های مسأله در نظر گرفته می‌شوند.

ب- مرحله دوم: تعیین اشیا

اشیا در مساله خوشه‌بندی حاضر عبارتند از معیارهای تصمیم‌گیری شناسایی‌شده در قسمت‌های پیشین. ۲۴ معیار شناسایی‌شده فوق، که مجموعه جامعی از معیارهای تصمیم‌گیری در فضای سیستم تولید سلولی را تشکیل می‌دهند، مساله خوشه‌بندی را ایجاد می‌نمایند.

ج- فضای مسأله خوشه‌بندی

فضای مسأله خوشه‌بندی، فضای تولید ناب می‌باشد. این امر اساسا به متدولوژی اتخاذ شده در این مطالعه در راستای ایجاد ارتباط میان تولید سلولی و تولید ناب بازمی‌گردد. در این چارچوب مجموعه معیارهای شناسایی‌شده در رویکرد تکنولوژی گروهی از منظر تولید ناب مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.
ابعاد فضای مورد نظر عبارتند از اصول حاکم بر تولید ناب. بر این مبنا، چهار اصل تولید ناب یعنی ارزش و جریان ارزش، تکامل، جربان، و سیستم کششی به‌عنوان محورهای مختصات فضای چهاربعدی خوشه‌بندی درنظر گرفته می‌شوند.

د- ابعاد هر شی برحسب مشخصه‌های تولید ناب

به‌منظور شروع رویه خوشه‌بندی، معیارها به‌عنوان مجموعه‌ای از اشیاء یا نقاط در فضای 4 بعدی در نظر گرفته می‌شوند. مختصات این معیارها در مطالعه حاضر، براساس مشخصه‌های تولید ناب تعیین می‌گردد. ابعاد مختصات مزبور با توجه به جنبه‌های مطرح در تولید ناب که قبلاً تشریح گردید عبارتند از:

- ارزش و جریان ارزش
- تکامل
- جریان
- سیستم کششی

بر این اساس، یک مسأله خوشه‌بندی در فضای چهاربعدی مطرح است، که در آن معیارهای مختلف در تشکیل سلول‌های تولیدی دسته‌بندی می‌گردند. مسأله خوشه‌بندی موردنظر شامل ۲۴ معیار مطرح در سیستم تولید سلولی است که با توجه به مختصات هر یک در فضای تولید ناب در خوشه‌ها مختلف قرار می‌گیرند.

مختصات معیارهای شناسایی شده تولید سلولی در فضای ناب براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان به شرح جدول ۱ حاصل گردیده است. مقیاس هر یک از ابعاد در فاصله بین ۰ تا ۱۰ متغیر بوده و هر چه معیار، مقدار بیشتری را به خود اختصاص دهد، نشان‌دهنده ارتباط نزدیک‌تر آن با بعد مورد نظر در فضای تولید ناب می‌باشد.

7- Objects

جدول ۱ـ مختصات معیارها (اشیاء)

ابعاد / معیارها	ارزش	تکامل	جریان	سیستم کششی
هزینه‌های طراحی و توسعه محصول	۱	۶,۵	۹	۳,۵
نرخ حمل و نقل	۱	۱۰	۸	۱
بهره‌وری	۴	۹	۶	۱
آماده‌سازی	۲	۹	۸	۲
موجودی‌ها	۱	۸	۱۰	۰
بروزرسانی اطلاعات	۱	۸	۹	۱
کارایی توالی فرایند تولید قطعات	۵.	۹,۵	۸,۵	۱
تعامل میان فرایندها	۱	۹	۹	۱
تضمین کیفیت	۱	۱۰	۹	۱
مشارکت سلول در توسعه محصول	۱	۶	۹	۵
طراحی	۱	۱	۸	۹
کاهش هزینه	۱	۹	۹	۱
تحویل بموقع	۱	۷	۶	۲
کیفیت قابل قبول و در حال بهبود	۱	۷	۱۰	۰,۵
باشتراک‌گذاری اطلاعات طراحی	۱	۶,۵	۹	۵,۵
کاهش محصول برگشتی بین سلولها	۱	۱۰	۱۰	۱
هزینه‌های سربار تجهیزات	۱	۱۰	۹	۱
بهره‌وری ماشینها	۱	۹	۱۰	۱
نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	۱	۱۰	۹	۱
قابلیت مدیریت سلول	۹	۹	۱	۱
مشارکت در تولید	۴,۵	۹	۵	۱
اپراتورهای چندکاره	۹	۹	۱	۱
مشارکت در طراحی	۱	۲	۱۰	۶
جلب نظر مشتری و لحاظ نمودن آنها در طراحی	۳	۱	۷	۹

هـ- تعداد مطلوب خوشه‌ها

حال نکته حایز اهمیت در این بخش تعداد مناسب خوشه‌ها است. سیستم خوشه‌بندی مورد استفاده در این مطالعه با حل مسأله براساس تعداد خوشه‌های مختلف، و با بهره‌گیری از شاخص اعتبار خوشه‌بندی تعداد مناسب خوشه‌ها را تعیین می‌نماید. شاخص مورد استفاده عبارت است از[۸ و ۹]:

$$Max\Sigma_i\Sigma_k(m_{ik})^2/n$$

جایی‌که:

m: درجه عضویت معیار iام در خوشه kام

n: تعداد کل معیارها (اشیاء)

۲-۳- خوشه‌بندی معیارهای شناسایی‌شده تولید ناب در تولید سلولی

براساس عملیات خوشه‌بندی انجام گرفته، عضویت معیارهای۲۴ گانه در هر خوشه در حالت‌های مختلف به‌صورت ذیل خواهد بود. نرم افزار توسعه یافته برای انجام عملیات خوشه بندی براساس روش C-mean فازی [۱۰] عمل می نماید.

جدول ۲ـ عضویت معیارها در خوشه‌ها در حالت دو خوشه‌ای.

خوشه‌ها / معیارها	۱	۲
هزینه‌های طراحی و توسعه محصول	0.5265	0.4735
نرخ حمل و نقل	0.0017	0.9983
بهره‌وری	0.0258	0.9742
آماده‌سازی	0.0004	0.9996
موجودی‌ها	0.0187	0.9813
بروزرسانی اطلاعات	0.0053	0.9947
کارایی توالی فرایند تولید قطعات	0.0031	0.9969
تعامل میان فرایندها	0.002	0.998
تضمین کیفیت	0.0035	0.9965
مشارکت سلول در توسعه محصول	0.9415	0.0585
طراحی	0.9635	0.0365
کاهش هزینه	0.002	0.998
تحویل بموقع	0.1148	0.8852
کیفیت قابل قبول و در حال بهبود	0.0472	0.9528
باشتراک‌گذاری اطلاعات طراحی	0.9231	0.0769
کاهش محصول برگشتی بین سلولها	0.0113	0.9887
هزینه‌های سربار تجهیزات	0.0035	0.9965
بهره‌وری ماشینها	0.0106	0.9894
نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	0.0035	0.9965
قابلیت مدیریت سلول	0.3483	0.6517
مشارکت در تولید	0.0696	0.9304
اپراتورهای چندکاره	0.3483	0.6517
مشارکت در طراحی	0.9728	0.0272
جلب نظر مشتری و لحاظ نمودن آنها در طراحی	0.9656	0.0344

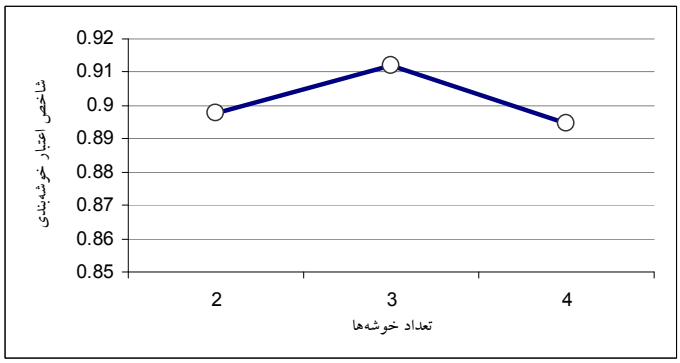
جدول ۳ـ عضویت معیارها در خوشه‌ها در حالت سه خوشه‌ای.

معیارها / خوشه‌ها	۱	۲	۳
هزینه‌های طراحی و توسعه محصول	0.81	0.19	0
نرخ حمل و نقل	1	0	0
بهره‌وری	0.61	0.02	0.37
آماده‌سازی	1	0	0
موجودی‌ها	1	0	0
بروزرسانی اطلاعات	1	0	0
کارایی توالی فرایند تولید قطعات	1	0	0
تعامل میان فرایندها	1	0	0
تضمین کیفیت	1	0	0
مشارکت سلول در توسعه محصول	0.21	0.79	0
طراحی	0.02	0.98	0
کاهش هزینه	1	0	0
تحویل بموقع	0.9	0.06	0.04
کیفیت قابل قبول و در حال بهبود	0.98	0.02	0
باشتراک‌گذاری اطلاعات طراحی	0.23	0.77	0
کاهش محصول برگشتی بین سلولها	1	0	0
هزینه‌های سربار تجهیزات	1	0	0
بهره‌وری ماشینها	1	0	0
نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	1	0	0
قابلیت مدیریت سلول	0	0	1
مشارکت در تولید	0.18	0.02	0.8
اپراتورهای چندکاره	0	0	1
مشارکت در طراحی	0	1	0
جلب نظر مشتری و لحاظ نمودن آنها در طراحی	0.02	0.98	0

جدول ۴ـ عضویت معیارها در خوشه‌ها در حالت چهار خوشه‌ای.

معیارها / خوشه‌ها	۱	۲	۳	۴
هزینه‌های طراحی و توسعه محصول	0.0001	0.0038	0.9959	0.0003
نرخ حمل و نقل	0.0004	0.9911	0.0083	0.0002
بهره‌وری	0.1656	0.572	0.2517	0.0106
آماده‌سازی	0.001	0.9222	0.0762	0.0006
موجودی‌ها	0.001	0.9582	0.0398	0.001
بروزرسانی اطلاعات	0.0002	0.9799	0.0197	0.0002
کارایی توالی فرایند تولید قطعات	0.0001	0.9969	0.003	0.0001
تعامل میان فرایندها	0	0.9999	0	0
تضمین کیفیت	0.0001	0.9973	0.0026	0.0001
مشارکت سلول در توسعه محصول	0.0008	0.0162	0.9713	0.0117
طراحی	0.0001	0.0002	0.0009	0.9988
کاهش هزینه	0	0.9999	0	0
تحویل بموقع	0.0099	0.2369	0.7447	0.0084
کیفیت قابل قبول و در حال بهبود	0.0024	0.8151	0.1788	0.0037
باشتراک‌گذاری اطلاعات طراحی	0.0013	0.026	0.9545	0.0182
کاهش محصول برگشتی بین سلولها	0.0004	0.9874	0.0118	0.0003
هزینه‌های سربار تجهیزات	0.0001	0.9973	0.0026	0.0001
بهره‌وری ماشینها	0.0002	0.9908	0.0088	0.0002
نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه	0.0001	0.9973	0.0026	0.0001
قابلیت مدیریت سلول	0.9988	0.0005	0.0005	0.0002
مشارکت در تولید	0.5181	0.2884	0.1813	0.0122
اپراتورهای چندکاره	0.9988	0.0005	0.0005	0.0002
مشارکت در طراحی	0.0016	0.0088	0.0509	0.9387
جلب نظر مشتری و لحاظ نمودن آنها در طراحی	0.0007	0.0012	0.005	0.9931

براساس خوشه‌بندی انجام گرفته، مقایسه شاخص اعتبار خوشه‌ها مطابق فرمول ارایه شده در قسمت قبل، در شکل ذیل نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- مقایسه شاخص اعتبار خوشه‌بندی در حالت‌های ۲، ۳ و ۴ خوشه.

همانطور که در شکل نشان داده شده است، در حالت ۳ خوشه‌ای حداکثر شاخص اعتبار بدست آمده است. بنابراین، تقسیم معیارهای تولید سلولی در فضای ناب و در سه خوشه مطلوب‌ترین حالت خواهد بود.

با توجه به ماهیت معیارهای موجود در هر یک از خوشه‌ها و درجه عضویت آنها در حالت ۳ خوشه‌ای، خوشه‌های مذکور تحت عناوین ذیل قابل نامگذای می‌باشند:

- ناب سازمان
- ناب بودن طراحی
- ناب بودن بهره‌گیری از منابع انسانی

این در حالی است که هرخوشه شامل مجموعه‌ای از درجات عضویت معیارهای تولید سلولی است که هر کدام مربوط به یکی از موضوعات مرتبط با ماشین، قطعه و اپراتور می‌باشند.

۴- نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر، چگونگی شناسایی و دسته‌بندی معیارهای تصمیم‌گیری در مسأله تشکیل سلول‌های تولیدی در فضای تولید ناب مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ابتدا طیف گسترده ای از معیارهای تولید سلولی در سه حوزه دسته‌بندی قطعات، گروه‌بندی ماشین‌آلات، و اپراتورها شناسایی گردیدند. سپس فضای تولید ناب با معرفی اصول حاکم بر آن تبیین گردید. سپس، معیارهای شناسایی شده تولید سلولی در فضای ناب و با استفاده از متدلوژی خوشه‌بندی فازی دسته‌بندی گردیدند. این دسته‌بندی علاوه بر ساختاربندی فضای تصمیم‌گیری، امکان بهره‌گیری از دسته‌های مذبور را در مساله تصمیم‌گیری چندمعیاره مهیا می‌سازد.

۵- فهرست منابع و مراجع

[1] Womack, J.; Jones, D. ; Roos, D., 1990. “The Machine That Changed the World”, New York, Harper Pernnial.
[2] Mungwattana, A., 2000. "Design of Cellular Manufacturing Systems for Dynamic and Uncertain Production Requirements with Presence of Routing Flexibility". PhD thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.
[3] Caux, C., Bruniaux, R. and Pierreval, H., 2000. “Cell formation with alternative process plans and machine capacity constraints: A new combined approach”, International Journal of Production Economics, Vol. 64, pp. 279-284.
[4] Chu, C.H. & Hayya, J.C., 1991, “A fuzzy clustering approach to manufacturing cell formation”, International Journal of Production Research, 29, 1475-1487.
[5] Dimopoulos, C., & Mort, N., 2001, “A hierarchical clustering methodology based on genetic programming for the solution of simple cell-formation problems”, International Journal of Production Research, 39(1), 1-19.
[6] Masnata, A. & Settineri, I., 1997, “An application of fuzzy clustering to cellular manufacturing”, International Journal of Production Research, 35, 1077-1094.
[7] Xu, H. & Wang, H., 1989, “Part family formation for group technology applications based on Fuzzy mathematics”, International Journal of Production Research, 27, 1637-1651.
[8] Bezdek, J.C. and Pal, S.K., 1992. “Fuzzy models for pattern recognition: methods that search for structure in data”, IEEE Press, NY.
[9] Bezdek, J.C., 1981. “Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms”, Plenum Press, NY.
[10] Höppner, F., Klawonn, F., Kruse, R., and Runkler, T.A., 1999. Fuzzy Cluster Analysis. Chichester, England.