International Journal of Industrial Engineering & Production Management (2013)

May 2013, Volume 24, Number 1
pp. 67-79

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

Hybrid Fuzzy Knowledge Based FMS Facility Layout with AGV using Imperialist Competitive Algorithm and Genetic Algorithm

H. Hosseini Nasab*, S. Barak, S.M. Hosseini

Hassan Hosseini Nasab, *Industrial Engineering Department, Yazd University, Yazd. Iran*
Sasan Barak, *Young Researcher Club Ardebil Branch, Islamic Azad University, Ardebil, Iran*
Seyed Meysam Hosseini, *Electrical Engineering Department, Yazd University, Yazd. Iran*

Keywords

Fuzzy knowledge based,
Facilities planning and design,
Flexible manufacturing systems,
Genetic & ICA algorithms,
Automated Guided Vehicle

ABSTRACT

The main goal of FMS facility layout decision is to arrange the layout of the work stations to minimize the whole system cost. To meet this goal, in this paper a novel two phase method is presented For FMS problem with the consideration of unequal stations. In the first phase, a computer program is developed based on a Fuzzy AHP approach, for considering the quantitative and qualitative factors among workstations, stored on a knowledge base, to obtain the amount of the material flow between each two stations. Thereafter in the second phase, we optimize the FMS facility layout by utilizing the amount of material flow between stations (obtained in the first phase) by GA and ICA algorithms. Since the transportation system has the most effect on the FMS design, an AGV algorithm is used in order to increase the FMS efficiency and flexibility. Comparing the results of the ICA (first used in facility layout) to the GA algorithm, shows that the two algorithms are similar regarding power, however the ICA algorithm improves much faster.

© 2013 IUST Publication, IJIEPM. Vol. 24, No. 1, All Rights Reserved

* **Corresponding author. Hassan Hosseini Nasab**

Email: *hhn@yazd.ac.ir*

نشـــریه بین المللـــی مهنـــدسی صنـــایع و مدیـــــریت تولیـــد

شمـــــاره ۱، جلـــد ۲۴، خـــــرداد ۱۳۹۲

صفحـــــه ۷۹-۶۸

http://IJIEPM.iust.ac.ir/

نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران

ISSN: 2008-4870

حل مسئله طراحی چیدمان FMS با سیستم حمل و نقل AGV براساس پایگاه دانش فازی و استفاده از الگوریتم رقابت استعماری و ژنتیک

حسن حسینی نسب* ، ساسان براک و سیدمیثم حسینی

کلمات کلیدی

سیستم های تولید انعطاف پذیر (FMS)،
طراحی و چیدمان دستگاهها ،
پایگاه داده فازی،
وسایل نقلیه خودکار (AGV) ،
الگوریتم رقابت استعماری ،
الگوریتم ژنتیک

چکیده:

هدف اصلی در مسئله طراحی چیدمان FMS چینش ایستگاههای کاری به نحوی است که کل هزینه سیستم مینیمم شود . برای این منظور در این مقاله با ارائه متدی ۲ فازه به حل مسئله FMS با ایستگاههای غیر یکسان پرداخته شده است . در فاز اول با ارائه یک برنامه کامپیوتری بر مبنای تحلیل سلسله مراتبی فازی مقدار فاکتورهای کمی و کیفی هر رابطه بین ایستگاه ها را از پایگاه داده و پایگاه دانش استخراج و میزان جریان کلی بین هر ۲ ایستگاه کارخانه بدست آورده می شود. سپس در فاز دوم با استفاده از مقادیر جریان بین ایستگاه ها (بدست آمده از فاز ۱) به وسیله الگوریتم های رقابت استعماری و ژنتیک به بهینه سازی مسئله طراحی چیدمان FMS پرداخته می شود. به دلیل اینکه سیستم حمل و نقل بیشترین تاثیر را روی طراحی FMS دارد از وسایل نقلیه خودکار بخاطر افزایش کارایی و انعطاف پذیری FMS استفاده شده است . با مقایسه نتایج الگوریتم رقابت استعماری (که برای اولین بار در مسئله طراحی چیدمان به کار گرفته شده است) و ژنتیک مشخص گردیده است که دو الگوریتم از نظر قدرت وضعیت تقریبا یکسانی دارند اما الگوریتم رقابت استعماری با سرعت بیشتری به جواب بهینه می رسد.

۱. مقدمه

با گذشت زمان و به علت تغییر پذیری زیاد بازارهای کسب و کار، تنوع طلبی مشتریان در تقاضاهای خود و از مد افتادگی سریع محصولات ، تولید کنندگان به این نتیجه رسیدند که با سیستم های تولید انبوه قادر به رقابت در این محیط های انعطاف پذیر نیستند .

عموماً رویکرد هایی که برای تداوم سود آوری شرکت ها در این شرایط استفاده می شد بر اساس تولید محصولات جدید یا ارتقای محصولات فعلی بود که در هر ۲ مورد نیازمند سیستم های تولیدی بودند که با تکیه به انعطاف پذیری خود، تقاضاهای متنوع بازار با دوره های زمانی کوتاه عمر محصول و تقاضاهای نا معلوم مشتریان را با کیفیت بالا برآورده سازد . بنابراین مفهوم تولید انعطاف پذیر از ۳ دهه پیش به عنوان یک پاسخ عمومی برای این نوع تقاضا بوجود آمد .

سیستم تولید انعطاف پذیر سیستمی می باشد که چندین ماشین NC یا CNC به عنوان ایستگاههای کاری به وسیله سیستم حمل و نقل اتوماتیک مانند ماشین نقلیه خودکار[۲] ، روبات حمل مواد[۱] یا

تاریخ وصول: ۹۰/۴/۳۱

تاریخ تصویب: ۹۰/۹/۳۰

***نویسنده مسئول مقاله: دکتر حسن حسینی نسب**، دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، hhn@yazd.ac.ir

ساسان براک، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، sasan.barak@stu.yazd.ac.ir

سیدمیثم حسینی، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد دانشکده صنایع، دانشگاه یزد، sayed.maysam.hosseini@stu.yazd.ac.ir

[2] *Automated Guided Vehicle (AGV)*

روبات جرثقیلی[2] به هم متصل شده و توسط یک سیستم مرکزی کنترل می شوند . در عمل توانایی سازگار کردن سیستم با تغییر در تقاضای مشتری و منابع ، نکته اساسی در تولید های انعطاف پذیر می باشد [۱] . عملکرد تولیدی یک سیستم ساخت و تولید انعطاف پذیر[3] به طور معنی داری به وسیله چیدمان ایستگاههای کاری آن مورد تاثیر قرار می گیرد [۲] . بنابراین یکی از مهمترین مسائل در FMS طراحی چیدمان آن است.

چیدمان در این گونه سیستم ها به شدت هزینه های تولید و جابجایی مواد ، سطح موجودی در حین فرایند تولید[4] و کارایی کلی سیستم را مورد تاثیر قرار می دهد . با توجه به نظرهیراگو و کوسیاک [۳] ، FMS شامل ماشین آلاتی می باشد که شکل یکسانی ندارند و مسافت بین ماشین ها به طور یکسانی نمی باشد . به همین دلیل مشخص کردن مکانی از پیش تعیین شده برای ماشین ها و قرار دادن آنها در مکانی مشخص امکان پذیر نمی باشد و سیستم در محیطی پیوسته تعریف می شود . بنابراین مسئله FMS برای طرح ریزی خود نیاز به طرحریزی ایستگاههای غیر یکسان دارد که رسیدن به چینش مطلوب به دلیل ساختار پیچیده این نوع مسائل نسبت به مسائل طرحریزی ایستگاههای یکسان ، مشکل تر و سخت تر می باشد [۴]. یکی از مشکلات مسئله طراحی استقرار در محیط های واقعی ابهام در متغیر های ورودی مسئله است.

این مشکل مخصوصاً در سیستم های انعطاف پذیر با تغییر سریع تقاضای محصولات بیشتر نمود میکند . به دلیل استفاده از FMS ، معیارهای کیفی مانند میزان پایداری بودن چیدمان ، توانایی ایستگاهها برای تولید محصولات مختلف و .. نیز در نحوه چیدمان و حمل و نقل تاثیر عمده می گذارد . این در حالی است که بعضی از الگوریتم ها فقط داده های کیفی را پذیرفته ، درحالیکه بقیه با داده های کمی کار میکنند . ناتوانی در تاثیر همزمان معیارهای کمی و کیفی باعث کاهش کیفیت طرح استقرار می شود.

همچنین در بعضی مواقع ممکن است که نتوان این متغیرهای کمی و کیفی را به طور قطعی تعیین کرد . استفاده از نظریه مجموعه های فازی [۵] در برنامه ریزی تسهیلات باعث می شود که بتوان با ترکیب معیارهای کمی و کیفی موثر بر جانمایی جدول رابطه فعالیت ها را به صورت رضایت بخشی توسعه داد . در این مقاله برای تاثیر دادن شدت اثرهای متفاوت ورودی های کمی و کیفی، از تحلیل سلسله مراتبی[5] [۶] با ورودی های فازی استفاده شده است .

با توجه به مسئله اشاره شده ، برای چیدمان درFMS یافتن ترکیبی بهینه (نزدیک به بهینه) یکی از مسائل بهینه سازی NP-Hard می باشد [۳] و روش ریاضی مناسب و اجرا شدنی برای چنین مسئله ایی وجود ندارد [۷] بنابراین برای حل این مسئله از روش های متا هیورستیک استفاده می گردد. یکی از الگوریتم های نوین متاهیورستیک ، الگوریتم ICA می باشد که در مقالات مختلف قدرت خود را نسبت به متد های دیگر الگوریتم های متاهیورستیک به اثبات رسانده است [۸-۹]. در این مقاله برای حل مسئله از ۲ الگوریتم ژنتیک و رقابت استعماری[6] استفاده شده است و نتایج با هم مقایسه گردیده است .

ادامه ی مقاله به شکل زیر می باشد . در بخش ۲ مروری بر کارهای انجام شده در زمینه FMS و رویکرد فازی حل مدل خواهیم داشت. بخش ۳ فاکتورهای کمی و کیفی تاثیر گذار در FMS را بررسی می کند ، در بخش ۴ مروری اجمالی روی نحوه سیستم تصمیم گیری فازی ارائه شده است . بخش ۵ فاز ۱ الگوریتم برای بدست آوردن جریان مواد بین ایستگاهها تشریح می شود و بخش ۶ به پیاده سازی مسئله و طراحی الگوریتم های ICA و GA می پردازد . در بخش ۷ نتایج محاسباتی الگوریتم آورده شده و سرانجام در بخش ۸ نتیجه گیری و کارهای آیندگان ارائه میگردد.

۲ . مرور ادبیات

FMS سیستم پیچیده و گرانی است که نیازمند طراحی چیدمان کارایی می باشد. در زمینه طراحی چیدمان FMS می توان به کارهای کوسیاک و هراگو [۱۰] ، کوسیاک [۱۱] ، حسن [۱۲] ، ایوانو و مینیس [۱۳] ، دیویس و پییرلا [۲] و دریرا و دیگران [۱۴] می توان اشاره کرد.

در زمینه حل مسئله FMS به روشهای دقیق نیز می توان به سوجونو و لشگری [۱۵] اشاره کرد که با استفاده از برنامه ریزی ۰-۱ به حل مسئله تخصیص کارها به ماشین ها و سیستم حمل و نقل در FMS پرداخته اند. در بیشتر مواقع در دنیای واقعی ، دیده می شود که روش های حل قدیمی منجر به جوابهای بهینه ای نمی شود . بنابراین برای حل این نوع مسائل محققان به روش های حل متاهیورستیک روی آوردند. فیکو و دیگران [۱۶] مدل FMS یک ردیفه و چند ردیفه را با الگریتم ژنتیک حل کرد.

سلیمان پور و دیگران [۱۷] مدل FMS یک ردیفه را که به صورت برنامه ریزی ۰-۱ مدل کرده بودند را با استفاده از الگوریتم مورچگان حل کردند. فیکو و دیگران [۱۸] مدلی غیر محدودیت دار برای مسئله FMS ارائه داده و با الگوریتم PSO حل کرده اند. پراکاش و دیگران [۱۹] نیز مدلی برای برنامه ریزی FMS با

[1] *Material Handling Robot*
[2] *Gantry Robot*
[3] *Flexible Manufacturing System (FMS)*
[4] *WIP*
[5] *Analytical hierarchy process*
[6] *Imperialism Competitive Algorithm*

استفاده از الگوریتم ژنتیک بر پایه پایگاه دانش بوجود آورد که در آن در صدد ماکزیمم کردن خروجی قطعات و مینمم کردن زمان تولید بودند.

به دلیل نوع ساختار مسائل FMS این مسائل شامل ماشین آلاتی می باشند که شکل یکسانی ندارند و مسافت بین ماشین ها به طور یکسانی نمی باشد . بنابراین برای استقرار خود نیاز به حل مسایل طراحی استقرار با ایستگاههای غیر یکسان می باشند .

مدل طراحی استقرار با ایستگاههای غیر یکسان برای بار اول توسط آرمور و بوفا [۲۰] پیاده سازی گردید. بر اساس رویکرد حل دقیق (exact) میلر [۲۱] کارهای مناسبی در زمینه استقرار ماشین آلات براساس تعداد آنها انجام داده است . بر اساس رویکرد متاهیورستیک نیز تایت و اسمیت [۲۲] با استفاده از الگوریتم ژنتیک، اسکولز و دیگران [۲۳] با استفاده از جستجوی ممنوع و کومارادین و وانگ [۲۴] با استفاده از الگوریتم مورچگان برای حل مسائل مختلف طراحی استقرار با اندازه ماشین های نامساوی رویکردهای مختلفی را ارائه کردند .

یکی از مشکلات واقعی در طرح ریزی و مدل سازی طراحی چیدمان مشکل ابهام در متغیر های ورودی می باشد . این مشکل برای مسئله چیدمان FMS با وجود انعطاف پذیری بالای آن حیاتی تر می باشد .

برای حل این مشکل و استفاده از متغیرهای ورودی کمی و کیفی به طور همزمان ، از نظریه مجموعه فازی استفاده می شود. با بررسی ادبیات ، در سال 1987 ویلهلم، کاروسکی و ایوانز [۲۵] یک رویکرد فازی برای مسائل جانمایی تسهیلات بر پایه متغیرهای زبانی فازی و ارتباط های فازی ارائه کردند .

سال 1991 رائوت و راکشیت [۲۶] برای حل مسئله جانمایی، یک الگوریتم سازنده جانمایی فازی ارائه کردند . در این روش فاصله به عنوان یک متغیر فازی در نظر گرفته گردید .ضمنا ازسه مسئله آزمایشی برای مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم های آلدپ و کورلپ استفاده شده که نتایج بدست آمده پیشرفت چندانی را نشان نمی دهد . در سال 1996 دویری و میبر [۲۷] یک سیستم تصمیم گیری فازی برای محاسبه مقادیر عددی نزدیکی بین بخش‌ها پیشنهاد دادند .در این روش فاکتورهای ورودی توسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین وزن می شوند.

دب و باتاچاریا [۲۸] فاکتورهای ورودی را با وزن های یکسان در نظر گرفته و قوانین اگر -آنگاه را به صورت چند ورودی و یک خروجی در نظر گرفت. چون اکثر فاکتورهای ورودی از درجه اهمیت یکسانی برخوردار نیستند این مدل با مشکلات جدی روبرو شد . در مقاله ارتای و دیگران [۲۹] از ورودی های کمی و کیفی (به صورت فازی) استفاده شده است و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن متغیر های ورودی را حساب کرده و به کمک DEA طرح استقرار را ارائه می دهد .

در این مقاله به دلیل برابر نبودن اهمیت فاکتورهای ورودی این فاکتورها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی شده و با استفاده از عملگرهای پارامتری werners ، yager ، hamacher و dubois & prade به جای عملگرهای معمول max و min ، مورد ارزیابی قرار گرفته است . برای این منظور برنامه‌ی fuzzy development of facilities layout planning طراحی شده است .

۳ . فاکتورهای تاثیر گذار در FMS :

طراحی چیدمان نقش بسیار مهمی در کارا بودن FMS ایفا میکند. در فاز طراحی FMS ما با مسئله ایجاد چیدمان مناسب (بهترین چیدمان) روبرو هستیم . برای رسیدن به چنین چیدمانی باید متغیرهای تاثیر گذار روی چیدمان و نوع قرار گرفتن دستگاهها به دقت مشخص گردد . این متغیر ها به دلیل منعطف بودن سیستم FMS تاثیر بیشتری نسبت به حالت های طراحی چیدمان ایستا دارند.

ما در این مقاله با ترکیب دانش افراد خبره به مسئله FMS فاکتورهایی را بدست آوردیم که عموماً در طراحی چیدمان سیستم های FMS بسیار مهم هستند اما نادیده گرفته می شوند.

در اکثر کارهای انجام شده برای چیدمان FMS ، تنها چیدمان را برای یک محصول در نظر می گیرند در حالیکه امکان دارد با تغییر محصول چینش ماشین ها (ایستگاهها) تغییر کند.

با بررسی سیستم های FMS متعدد مشخص گردید که معیارها و فاکتورهای متفاوتی روی این چیدمان می توانند تاثیر گذارد که بعضی از آنها کمی و بعضی کیفی می باشند. این فاکتورهای در نظر گرفته شده می توانند

۱ – جریان مواد بین دستگاه ها

۲- پایداری چیدمان نسبت به تغییر در تقاضای محصولات و یا راحتی تغییر چیدمان با وجود تغییر در تقاضای محصولات (انعطاف پذیری)

۳- تاثیرات حاصل از تولید بروی محصولات به این نحو که آیا یک محصول خاص کشش لازم را دارد که در یک ایستگاه چند عمل ، که بطور معمول در چندین ایستگاه انجام میشود را در یک ایستگاه انجام داد یا نیاز به چیدمان ایستگاه های بیشتری در تولید محصول می باشد .

۴- تاثیرات حاصل از جریان تجهیزات بروی چیدمان ماشین ها

۵- قرار گیری ماشین ها بر مبنای سیستم حمل کارخانه

۶ – مشکلات زیست محیطی و آلودگی حاصل از ماشین ها و تاثیرات آن بروی چینش دیگر دستگاهها و غیره باشند. هنگامی که کارشناسان جانمایی کار برنامه ریزی جانمایی را شروع می کنند باید تمام متغیرهایی که بر جانمایی اثر دارند را تا حد امکان در نظر داشته باشند. به علت تعداد ، پیچیدگی و طبیعت مبهم بعضی از این متغیر ها که ممکن است بر تصمیم طراح اثر گذار باشند ، نظریه مجموعه های فازی به عنوان ابزار مناسبی برای جوابگویی به این ابهام به خدمت گرفته شده است. با استفاده از نظریه فازی برخی از مهمترین فاکتورهای تاثیر گذار روی چیدمان FMS به همراه مقادیر زبانی تخصیص یافته به آنها عبارتند از :

میانگین جریان مواد بین ایستگاهها با وجود تغییر در نوع محصولات: خیلی بالا ، بالا ، متوسط ، پایین و خیلی پایین

جریان تجهیزات بین ایستگاه ها با در نظر گرفتن تغییر در نوع محصول : خیلی بالا ، بالا ، متوسط ، پایین و خیلی پایین

پایدار بودن نزدیکی بین دستگاه ها با در نظر گرفتن تغییر در نوع محصول: خیلی بالا ، بالا ، متوسط ، پایین و خیلی پایین

مشکلات زیست محیطی و آلودگی قرار گیری ماشین ها در کنار هم (ارتباط محیطی): بسیار خطرناک ، خطرناک ، نا امن ، امن ، بسیار امن

قرار گیری ماشین ها بر مبنای سیستم حمل و نقل کارخانه (راحتی حمل و نقل با وجود تغییر در نوع محصول): خیلی بالا ، بالا ، متوسط ، پایین و خیلی پایین

ارتباط نظارتی بین ماشین ها در محصولات مختلف : بسیار ضروری، ضروری ، متعادل ، اندک ، ناچیز

در این مقاله با مقایسه سیستم های FMS فاکتورهایی بوجود آمدند که صرفاً در سیستم های تولید انعطاف پذیر استفاده می شوند و در سیستم های تولید ایستا (بدون تغییر) کارایی آنچنانی ندارند . مقادیر تخصیص داده شده به فاکتورها به عنوان یک میانگین از عملکرد آنها در تولید محصولات مختلف می باشد .

به عنوان مثال فرض شود ایستگاه یک ، برش و قالب گیری قطعه های بدنه خودرو و ایستگاه ۲ مونتاژ بدنه خودرو باشد . فرض شود این دو ایستگاه حتی با تغییر نوع محصول در خط تولید نیز همواره پیش هم می باشند . به همین دلیل پایدار بودن نزدیکی بین ایستگاه ۱ و ۲ با وجود تغییر در نوع محصول ،**خیلی بالا** می باشد . همچنین اگر با وجود تغییر در نوع محصول خروجی خط تولید این ۲ ایستگاه باز هم دارای جریان تجهیزات زیادی باشند فاکتور جریان تجهیزات بین ۲ ایستگاه را **خیلی بالا** در نظر گرفته می شود. اگر مشکلات و آلودگی حتی با وجود تغییر نوع محصول هم روی هم نداشته باشند فاکتور ارتباط محیطی **بسیار امن** در نظر گرفته می شوند . این در حالی است که امکان دارد بعضی ایستگاه های دیگر در یک محصول دارای جریان تجهیرات بالا و در محصول دیگر دارای جریان تجهیزات پایینی باشند که در آن صورت جریان تجهیزات بین آن دو ایستگاه را **متوسط** در نظر می گیریم .

همچنین امکان دارد برای تولید یک محصول نیاز به نزدیکی خیلی بالای ۲ ایستگاه کاری باشد در حالیکه روند تولید محصول دیگر نیازی به این کار ندارد که در آن صورت فاکتور پایدار بودن نزدیکی بین آن دو ایستگاه را **متوسط** در نظر می گیریم . در اکثر مسائل جایابی عموماً فاکتور جریان مواد، مشخص کننده رابطه بین ایستگاهها بود اما ما با وارد کردن این فاکتورهای جدید به دنبال انعطاف پذیری بسیار بالای تولید FMS و واقعی کردن مدل با توجه به حقایق دنیای تولید واقعی هستیم .

علاوه بر این فاکتورهای اشاره شده بین هر رابطه ماشین می تواند درجه اهمیت متفاوتی داشته باشند ، مثلا بین ۲ ایستگاه کاری ممکن است جریان مواد از دیگر فاکتورها اهمیت بیشتری داشته باشد در حالیکه بین دو ایستگاه دیگر جریان تجهیزات اهمیت بیشتری داشته باشد . برای در نظر گرفتن این تفاوت ها و درجه اهمیت در هر رابطه‌ی بین ایستگاه ها ما از سیستم تصمیم گیری فازی بر اساس پایگاه دانش و ترکیب آن با تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردیم.

۴. تصمیم گیری فازی

یک سیستم تصمیم گیری فازی عموماً از بخش های زیر تشکیل می‌شود .

فازی کننده: وظیفه فازی کننده خواندن مقادیر متغیرهای کنترلی و تبدیل آنها به یکی از مقادیر متغیرهای زبانی می باشد.

پایگاه دانش: مجموعه ای از قواعد بوده که درتعریف آن ها ازمتغیرهای زبانی استفاده می شود. تعداد مقادیری که هر متغیر زبانی اختیار می کند وتابع عضویت آن مقادیر، در استدلال و قاعده های پایگاه اثر مستقیم دارد. این قوانین به شکل اگر- آنگاه می باشند.

موتور استنتاج: پس از بدست آوردن قواعد کنترل کننده و تشکیل پایگاه دانش به موتور استنتاج نیاز است تا با پذیرفتن ورودی های فازی بر اساس قواعد پایگاه دانش، خروجی فازی مناسب را ایجاد نماید

غیر فازی کننده: خروجی فازی را به یک مقدار قطعی تبدیل می‌کند، روش های Center Of Area، last of maximum , first of maximum در این قسمت مورد استفاده قرار گرفته است.

در ادامه فاز اول مقاله که شامل طراحی یک سیستم فازی تصمیم گیری برای بدست آوردن حجم جریان بین ایستگاهها می باشد تشریح گردیده است.

۵. فاز ۱

در این فاز یک سیستم تصمیم گیری فازی برای توسعه جدول رابطه فعالیتها طراحی شده و حاصل به صورت یک برنامه رایانه ایی ارائه می گردد . خروجی این برنامه را می توان در هر روشی که جدول از- به را به عنوان ورودی دریافت می کند، مورد استفاده قرار داد.

این روش به طراح اجازه می دهد که از همه فاکتورهای مؤثر بر جانمایی استفاده کند به طوری که بتواند هم فاکتورهای کمی و هم فاکتورهای کیفی را به طور همزمان در جدول رابطه فعالیتها تأثیردهد.

در حالی که قبلاً با تکیه بر یک قضاوت خالص، جدول رابطه فعالیتها شکل می گرفت. با استفاده از این روش طراح می تواند از همه فاکتورها به طریقی نسبتاً علمی استفاده نماید

سیستم فازی که در این مقاله برای به دست آوردن ارتباط بین ماشین ها طراحی گردید است به صورت زیر برای این مقاله بکار گرفته شده است.

۵-۱. معرفی فاکتورها و انتخاب آنها

در این قسمت فاکتورهای تاثیر گذار در چیدمان FMS بررسی و بسته به شرایط انتخاب می شوند . در این مقاله ما ماشین های خط تولید خودرو رو استقرار می دهیم . با توجه به این ۴ فاکتور ۱) جریان مواد بین ایستگاهها ۲) جریان تجهیزات بین ایستگاهها ۳) مشکلات زیست محیطی و آلودگی (ارتباط محیطی) و ۴) پایداری نزدیکی بین ایستگاهها (ارتباط) ، را با شرایط مشخص شده در قسمت قبل به عنوان متغیرهای ورودی و اصلی تاثیر گذار روی میزان جریان بین ۲ ایستگاه در خط تولید کارخانه در نظر گرفته می شود .

۵-۲. جمع آوری اطلاعات

در این بخش اطلاعات مربوط به فاکتورها و ماشین ها به صورت زیر وارد می شوند .

۵-۲- ۱ . تعیین مقادیر هر یک از فاکتورها برای رابطه ی بین همه ی ایستگاهها بر مبنای متغیرهای زبانی خیلی بالا، بالا، متوسط، پایین و خیلی پایین و با توجه به نظر فرد خبره

۵-۲-۲ . تعیین اهمیت هر یک از فاکتورها بر همدیگر برای تمام رابطه بین ایستگاهها با استفاده از مقادیر تعریف شده ساعتی [۶]

۵-۲-۳. بدست آوردن درصد وزن هر یک از معیارها برای تمام رابطه بین ایستگاهها با استفاده از AHP

استفاده از روش AHP برای تعیین وزن فاکتورهای ورودی، این امکان را به طراح می دهد که شدت اثرهای متفاوتی را برای فاکتورهای مختلف در نظر بگیرد.

در این تحقیق برای تعیین مقادیر متغیرها از تجربه و دانش افراد خبره استفاده شده است.

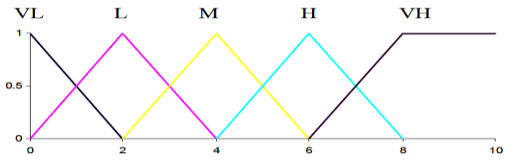
۵-۳ . فازی کردن

۵-۳-۱ - بدست آوردن تابع عضویت برای مقدار عددی فاکتورهای هر رابطه بین ایستگاهها

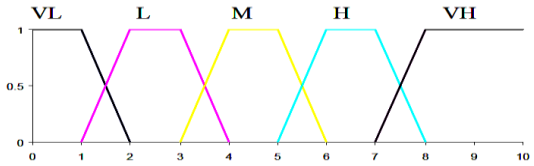
۵-۳-۲ - بدست آوردن تابع عضویت برای وزن های فاکتورهای هر رابطه بین ایستگاهها

بر اساس گفته زاده [۵] برای تعیین توابع عضویت فاکتورهای ورودی از تجربه و دانش افراد خبره، یعنی روش ذهنی استفاده می شود .او نشان می دهد که تعیین توابع عضویت ذهنی بوده و به تجربه فرد خبره بستگی دارد .شکل تابع عضویت، دانش، تجربه و سلیقه فرد خبره دربارهٔ اهمیت ارتباط ها را نشان می دهد .

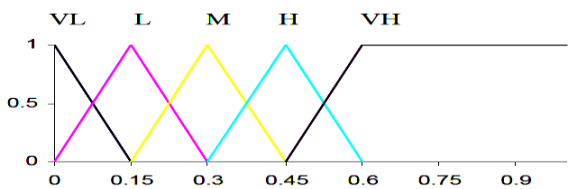
برای فاکتورهای کمی (جریان مواد و جریان تجهیزات) تابع عضویت های مثلثی و برای فاکتورهایی که بیشتر جنبه ذهنی دارند (پایداری نزدیکی و ارتباط محیطی) تابع عضویت های ذوزنقه ای در نظر گرفته شده است .مجموعه مرجع برای تمامی این متغیرها مجموعه [۰،۱۰] می باشد همچنین برای وزن فاکتورها نیز توابع عضویت مربوطه مثلثی می باشد. این مقادیر با توجه به نمودار های فازی زیر در نظر گرفته شده است.



شکل ۱ : تابع عضویت های مثلثی جریان مواد و جریان تجهیزات



شکل ۲ : تابع عضویت های ذوزنقه ایی پایداری نزدیکی و ارتباط محیطی



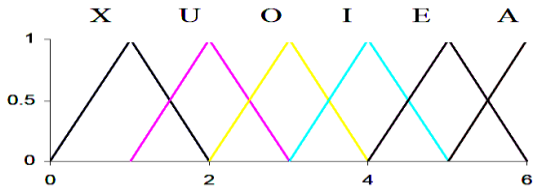
شکل ۳ : تابع عضویت های مثلثی وزن فاکتورها

۵-۴ . دانش

دانش مورد نیاز در این مقاله از ۲ پایگاه، پایگاه داده و پایگاه دانش استخراج می شود .

۵-۴-۱ . پایگاه داده

در این تحقیق ما ۲ نوع پایگاه داده خواهیم داشت . الف) دیتا بیس شامل اطلاعات ماشین ها (تعداد ماشین ها ، اندازه ، فاصله ی بین ماشین ها ، طول و عرض کارخانه ، ماشین آلات خاص و ثابت و ...) ب) دیتا بیس متغیرهای فازی شامل نمودارهای مثلثی و ذوزنقه ای برای مقادیر فاکتورها ، نمودار مثلثی برای وزن فاکتورها و نمودار مثلثی متغیر خروجی یعنی نرخ های نزدیکی ایستگاه ها به هم (شکل ۴) که به صورت مقادیر زبانی ضرورت مطلق(A) ، بسیارمهم(E) ، مهم (I)، معمولی(O) ، غیرمهم (U) و نامطلوب (X) اختصاص یافته است.



شکل ۴. تابع عضویت های مثلثی نرخ های نزدیکی

۵-۴-۲ . پایگاه دانش

پایگاه دانش شامل ۲ نوع قوانین است . قوانین قطعی و قوانین فازی. قوانین قطعی به شکلی هست که هر دو قسمت اگر و آنگاه ویژگی های مشخص و معمولی هستند مثلا اگر خط تولید بخوابد آنگاه دستگاه ها بیکار می مانند در حالیکه در قوانین فازی ویژگیها به صورت فازی و غیر دقیق می باشند. مثلا اگر جریان مواد زیاد باشد ، کنار هم قرار گرفتن ایستگاهها مطلوب می باشد [۳۰].

قوانین اگر – آنگاه برای فاکتورها بر اساس نظر خبره به صورت جدول ۲ بررسی می شوند.

جدول ۱. قوانین اگر –آنگاه برای فاکتورها

وزن/ جریان مواد	بسیار پایین	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
بسیار پایین	X	X	U	O	I
پایین	X	U	O	I	I
متوسط	U	O	I	I	E
بالا	O	I	I	E	E
خیلی بالا	I	I	E	E	A

وزن/ جریان تجهیزات	بسیار پایین	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
بسیار پایین	X	X	U	O	I
پایین	X	U	O	I	I
متوسط	U	O	I	I	E
بالا	O	I	I	E	E
خیلی بالا	I	I	E	E	A

وزن/ پایداری	بسیار پایین	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
بسیار پایین	X	X	U	O	O
پایین	X	U	O	O	I
متوسط	U	O	O	I	I
بالا	O	O	I	I	E
خیلی بالا	O	I	I	E	A

وزن/ ارتباط محیطی	بسیار پایین	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
بسیار امن	I	I	E	E	A
امن	O	I	I	E	E
نا امن	O	O	U	U	X
خطرناک	O	U	U	X	X
بسیار خطرناک	U	U	X	X	X

۵-۵ . موتور جستجو

بعد از فازی کردن متغیرها و تشکیل پایگاه دانش با استفاده از پایگاه داده ، به موتور استنتاج نیاز است . موتور استنتاج ورودی های فازی را میگیرد و بر اساس قوانین اگر – آنگاه بدست آمده از پایگاه دانش خروجی های فازی مناسب را تولید می کند . روش استفاده شده در این مقاله روش ممدانی می باشد . در این قسمت متغیر ورودی مقدار فاکتور ها و وزن فاکتورها برای هر رابطه ایستگاه ها می باشد و متغیر خروجی درجه ی نزدیکی ایستگاه ها به هم میباشد.

به عنوان مثال فرض کنید فاکتور جریان مواد برای ایستگاه ۱ به ۲ برابر با ۱ می باشد(بر اساس ماتریس ترجیهات ساعتی [۶]) این مقدار متعلق به تابع عضویت بسیار پایین (VL) با میزان عضویت ۰,۵ (شکل ۱) و تابع عضویت پایین (L) با درجه عضویت ۰,۵ است. فرض کنید وزن این فاکتور با استفاده از AHP برابر با ۰,۰۵۳محاسبه شد، که متعلق به تابع عضویت بسیار پایین (VL) با میزان عضویت ۰,۶۴۷ و تابع عضویت پایین (L) با میزان عضویت ۰,۳۵۳ است. (شکل ۳)

این فرایند برای سه فاکتور بعدی نیز به همین صورت تکرار میشود. قدم بعدی اعمال قوانین اگر- آنگاه به نتایج بدست آمده از فازی کردن متغیرها می باشد. برای فاکتور ۱ مربوط به دو ماشین ۱ و ۲ قوانین زیر از جدول ۱ (الف) استخراج می شوند:

قانون اول :اگر جریان مواد بسیار پایین و وزن آن بسیار پایین باشد، آنگاه نرخ نزدیکی X خواهد بود

قانون دوم :اگر جریان مواد بسیار پایین و وزن آن پایین باشد، آنگاه نرخ نزدیکی X خواهد بود .

قانون سوم :اگر جریان مواد پایین و وزن آن بسیار پایین باشد، آنگاه نرخ نزدیکی X خواهد بود

قانون چهارم :اگر جریان مواد پایین و وزن آن پایین باشد، آنگاه نرخ نزدیکی U خواهد بود

میزان عضویت برای هر یک از قوانین فوق برابر است با:

$$w1 = \min(0.5, 0.647) = 0.5$$
$$w2 = \min(0.5, 0.353) = 0.353$$
$$w3 = \min(0.5, 0.647) = 0.5$$
$$w4 = \min(0.5, 0.353) = 0.353$$

در نتیجه سه قانون اول، نرخ نزدیکی X بدست آمد، بنابراین میزان عضویت نهایی برای نرخ نزدیکی X برابر است با :

$$\mu_x = \text{Max}(w1, w2, w3) \cdot \text{Max}(0.5, 0.353, 0.5) = 0.5$$

همچنین میزان عضویت عضویت نهایی برای نرخ نزدیکی U برابر است با :

$$\mu_u = 0.353$$

برای هر فاکتور در هر رابطه با استفاده از قوانین اجتماع و اشتراک دو مجموعه فازی ورنرز [۳۱] و یا یاگر [۳۲] به یک میزان عضویت نهایی برای نرخ نزدیکی ۲ بخش می رسیم.

۵-۶. دیفازی کردن

در این قسمت با استفاده از روش غیر فازی کننده Center of Area (COA) خروجی فازی را به یک مقدار قطعی تبدیل می‌کنیم . این عمل با استفاده از غیر فازی کننده های FOM ، LOM و MOM نیز قابل انجام است . ما در این مقاله از هر ۴ روش استفاده کرده و روشی که به لی اوت بهتری انجامید را انتخاب کردیم . به عنوان نمونه برای مثال ارائه شده داریم .

$$\mu_x = 0.5$$
$$\mu_u = 0.353$$

با استفاده از COA :

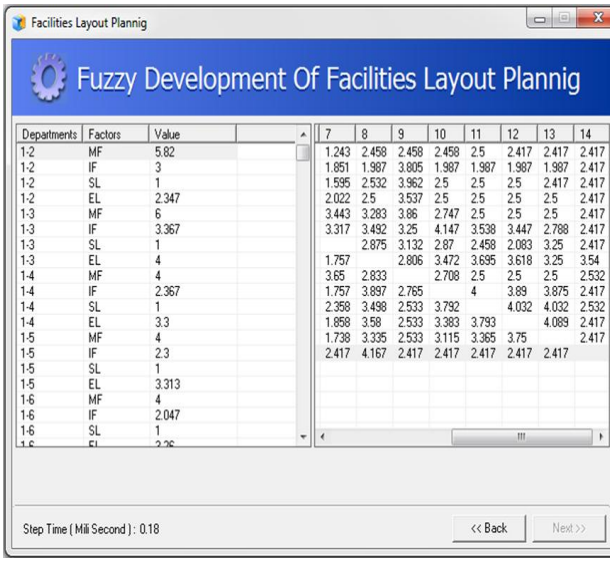
$$R_{12}^{MF} = \frac{1\times 0.5 + 2\times 0.353}{0.5 + 0.353} = 1.414$$

که R_{12}^{MF} نرخ نزدیکی از نظر جریان مواد می باشد . و به همین صورت نرخ نزدیکی بین دو ماشین 1 و 2 از نظر جریان تجهیزات (R_{12}^{SL}) ، مشکلات زیست محیطی و آلودگی (ارتباط محیطی) (R_{12}^{EL}) و میزان پایداری (R_{12}^{IF}) نیز بدست می آید و عدد نهایی جریان بین بخش ۱ و ۲ برابر است با :

$$R_{12} = \frac{R_{12}^{MF} + R_{12}^{SL} + R_{12}^{EL} + R_{12}^{IF}}{4}$$

استفاده از عملگرهای مختلف برای تعیین جدول رابطه فعالیتها، باعث انعطاف پذیری در روش پیشنهادی گردیده است. بعد از دیفازی کردن هر ۴ فاکتور برای یک رابطه فعالیت ، میانگین آنها به عنوان عدد نهایی جریان بین ۲ بخش معرفی می گردد .

خروجی و روند برنامه رایانه ایی (FDFLP) Fuzzy Development of Facility Layout Planning که با ویژال بیسیک برای اجرای فاز ۱ الگوریتم طراحی شده است ، به صورت شکل ۵ می باشد .



شکل ۵ . خروجی برنامه رایانه ایی FDFLP

۶. فاز ۲

در این فاز خروجی برنامه FDFLP در فاز ۱ به عنوان ورودی برای ایجاد جانمایی با ابعاد واقعی مورد استفاده قرار می گیرد و با استفاده از حجم جریان بین ایستگاهها به مسئله چیدمان دستگاهها می پردازیم .

۱-۶ . سیستم حمل و نقل

بر اساس آنالیز بالای ۵۰ نمونه از چیدمان های FMS هیراگو و کوسیاک [۳] به این نتیجه رسیدند که وسیله استفاده شده برای حمل و نقل مواد در FMS ، الگوی کلی استقرار ماشین آلات را مشخص و به آن جهت می دهد . تامپکینز و دیگران [۳۳] به این

نتیجه رسیدند که ۲۰ – ۵۰ درصد هزینه های عملیات تولید از سیستم حمل مواد می باشد و هرگونه کاستن هزینه در این قسمت نقش اساسی در زمان تولید ، هزینه تولید و کارایی سیستم خواهد داشت . محققان دیگری نیز درصد های بالاتری برای سیستم حمل و نقل کارخانه در نظر گرفته اند [۳۴] . همچنین هیراگو و کوسیاک برآورد کرده اند که در یک سیستم تولید ۲۵ ٪ از کارگران، ۵۵٪ از محیط کارخانه و ۸۷ ٪ از زمان تولید به سیستم حمل و نقل تخصیص داده می شوند[۳] .

FMS اغلب با AGV ، PORTAL CRANE و ROBOT سرویس داده می شود اما سیستم حمل و نقل AGV به دلیل سیستم مکانیزه ی Load و Unload ، انعطاف پذیری در حرکت راهرو ها و تطبیق سریع و راحت با سیستم شبکه کامپیوتری بهترین انتخاب برای سیستم حمل و نقل مواد می باشد [۳۵]. AGV ها بدون نیاز به راننده قادر به حمل مواد هستند. آنها توسط سیستم های کنترل از راه دور و بطور خودکار بروی مسیر های از پیش تعیین شده بصورت نوارهای مغناطیسی یا مسیرهای رنگ شده ، حرکت می کنند . در مقایسه با کانوایر ها ، AGV انعطاف پذیر تر در رساندن قطعات به جاهای مختلف از طریق مسیرهای مختلف می باشند و به دلیل متحرک بودنشان نسبت به روبوت ها ارجحیت دارند . مخصوصا اینکه AGV در حجم تولید کم هم مناسب ترین وسیله حمل ونقل می باشند[۱۸] .

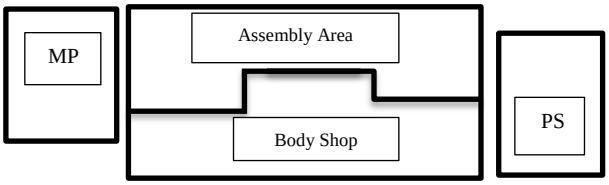
AGV در سیستم های بزرگ ، کارایی خود را به اثبات رسانده است در این مقاله به عنوان سیستم حمل و نقل استفاده می گردد. در این مقاله بروی نحوه صدا زدن AGV [۱]، انتخاب مسیر برای AGV [۲] و مدیریت ترافیک AGVها بحث نمی کنیم . با این وجود حتی برای تحقیق در این زمینه نیز باید ابتدا برای رسیدن به کمترین هزینه حمل و نقل چیدمان ایستگاه ها را مشخص و کارا کنیم .زیرا که در یک سیستم لی اوت بد AGV هم کارایی خودش را از دست می دهد. عموما ۲ روش برای حمل و نقل در AGV استفاده می شود.

۱- از یک ماشین به ماشین دیگر و بعد ادامه تا انتها ، بدین گونه که AGV در هر ایستگاه منتظر می ماند تا ماشین کار خودش را انجام داده و سپس قطعه را به ایستگاه بعد می برد.

۲ – حرکت فقط در یک مسیر ، بدین گونه که بعد از تحویل قطعه بر میگردد . در این مقاله به دلیل تناسب بیشتر با روند مثال از متد دوم استفاده گردیده است. در این مقاله فرض می شود که حرکت AGV ها در مسیر خود در هر ۲ جهت انجام می شود بدین معنی که آنها می توانند از کوتاهترین مسیر برای جابجایی قطعات استفاده کنند. ترافیک در مسیر وجود ندارد (dead lock isn't considered) و هر AGV فقط می تواند یک قطعه را حمل کند. مسیر حرکت و سرعت AGV، ثابت می باشد ، دوباره کاری وجود ندارد و وسط راه باز نمی ایستد و ماشین های تغذیه شده توسط AGV بر مبنای شکل و اندازه کارخانه در یک یا چند ردیف قرار می گیرند .

۶-۲ . تعریف مسئله

مسئله چیدمان در این مقاله با الهام از کارخانجات خودرو در دنیای واقعی طراحی شده است .بر این اساس کارخانه به ۳ زیر سیستم کلی Assembly Area and Body Shop(AABS) ، Motors Product (MP) و Paint Shop (PS) تقسیم گردیده است. هدف اصلی مسئله طراحی چیدمان AABS میباشد به نحوی که MP و PS به عنوان ایستگاههای خارج از فضای AABS با ایستگاههای داخل AABS در ارتباط باشند. در فضای AABS (داخلی) ۱۲ ایشتگاه کاری با الهام از روند تولید شرکت های AUDI و BMW در نظر گرفته شده است که با ۲ ایستگاه کاری MP و PS در مجموع ۱۴ایستگاه برای مسئله فرض می شود . ۱۲ ایستگاه کاری AABS در فضای مستطیلی کارخانه در چند ردیف مستقیم طراحی شده اند و ۲ ایستگاه MP و PS در ۲ طرف فضای AABS در نظر گرفته می شود . شکل ۶ می تواند نمونه فرضی از شکل اولیه کارخانه باشد.



شکل ۶ . شکل فرضی اولیه

شاخص هایی که ما بر اساس آن این طرح چیدمان را پیشنهاد دادیم براساس راحتی پیاده سازی در دنیای واقعی ، سازگاری این چینش با تولید خودرو ، توانایی سیستم در پاسخ گویی به تغییرات تولید محصول جدید ، اشغال کمترین فضای ممکن برای تولید محصول و انعطاف پذیری طرح چیدمان می باشد .

۶-۳. فرض ها و متغیر های مسئله

در این مقاله فرض می شود:

- سالن رنگ و سالن تولید موتور میتوانند در هر طرف فضای کارخانه قرار بگیرند (با اجرای الگوریتم بهینه ساز ، این دو ایستگاه بهترین جای استقرار خود را به مرور پیدا خواهند کرد)

---

[۱] *dispatching*
[۲] *vehicle routing*

- ایستگاهها به صورت مستطیلی با اندازه های متفاوت هستند و فاصله بین ۲ ماشین از نقطه ی p/d یک ایستگاه تا p/d ایستگاه دیگر بر اساس فواصل پله ایی و بر مبنای نزدیک ترین فاصله می باشد [۱۶] .

- ورودی و خروجی ایستگاهها در نقطه وسط سطح پایینی هر ایستگاه قرار دارد . ایستگاه رنگ دارای ورودی و خروجی جداگانه می باشد که در ¼ پایین و ¼ بالای ایستگاه قرار گرفته اند. ورودی و خروجی ایستگاه تولید موتور نیز در کنار ایستگاه می‌باشد.

- فاصله ی بین ماشین ها ثابت می باشد . این فاصله عموماً به عنوان مکانی برای نگهداری مواد در جریان تولید استفاده می‌شود. در دنیای واقعی تولید سرعت تولید ایستگاهها عموماً با همدیگر متفاوت است .

به همین دلیل امکان دارد قطعاتی تولید شوند که نیاز به انبار موقت تا زمان حمل به ماشین بعدی داشته باشند. چندین فاکتور که به عنوان نمونه روی این فاصله تاثیر گذار هستند در [۱۷] معرفی شده اند که با استفاده از تکنیک های شبیه سازی می توان تخمینی برای مقدار فاصله بین ایستگاه ها به دست آورد . این مقادیر برای این مسئله به عنوان ورودی های مسئله از پایگاه دانش فازی مسئله و نظریات افراد خبره بدست می آیند و ثابت در نظر گرفته شده اند.

- تابع هدف مسئله به صورت $Min\ w_1 z_1 + w_2 z_2$ می‌باشد

که در آن $z_1 = \sum\sum C_{ij} F_{ij} D_{ij}$ و

$z_2 = P \times (Whole\ of\ Area - Sum\ of\ All\ Facility Area)$

می‌باشد .

C_{ij} : هزینه حمل یک بین ایستگاه i و j

F_{ij} : هزینه حمل یک بین ایستگاه i و j

D_{ij} : فاصله بین ایستگاه i و j که به صورت نزدیک ترین

P : هزینه فضای مرده و w_1, w_2 نیز ضرایب ثابت می باشند .

با این تابع هدف علاوه بر Min کردن هزینه حمل و نقل ، فضای مرده در کارخانه نیز Min می شود. در مسائل طراحی چیدمان فضا نقش بسیار مهمی را ایفا می کند و کمبود فضا مشکل زیادی برای ایجاد کارخانه بوجود می آورد . به همین دلیل با وارد کردن مقدار فضای مرده در تابع هدف سعی در استفاده بهینه از فضای کارخانه کردیم .

- بر مبنای نوع محصول امکان دارد یک ایستگاه بتواند کار ۲ ایستگاه را انجام دهد (این مسئله در تعیین فاکتور Robust بودن محل ماشین ها در نظر گرفته شده است) . این فرض به دلیل استفاده از نیروی انسانی در ایستگاهها مقدور شده است و باعث افزایش انعطاف پذیری چیدمان می شود .

- برای راحتی حمل و نقل AGV بین دستگاهها از بزرگترین ماشین در هر ردیف به اندازه W متر فاصله وجود دارد که به عنوان راهرو بین ۲ ردیف استفاده می شود . AGV ها در آن راهرو حرکت می کنند. متغیرهای مورد نیاز به عنوان ورودی برای اجرای فاز دوم الگوریتم که از Data Base بوجود آمده برای مقاله استخراج می شوند به شرح زیر می باشند .

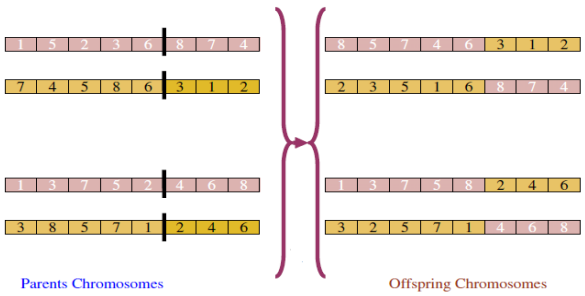
۱. ماتریس حجم جریان بین ایستگاهها که از فاز ۱ الگوریتم حاصل می شود .
۲. ماتریس هزینه حمل بین ایستگاهها
۳. ماتریس فاصله بین دستگاهها در یک ردیف
۴. اندازه راهرو ها بین ردیف ها (W)
۵. طول و عرض هر ایستگاه کاری
۶. طول و عرض کارخانه

برای این چیدمان با وجود اندازه ایستگاههای غیر یکسان ، عدم محدودیت مکانی برای ۲ ایستگاه کاری و جابجایی ۱۲ ایستگاه در فضای AABS همانطور که اشاره شد بدست آوردن چیدمان بهینه (نزدیک به بهینه) جزو مسائل بهینه سازی Np-Hard می باشد . بنابراین برای حل این مسئله از روش های متاهیورستیک استفاده میشود.

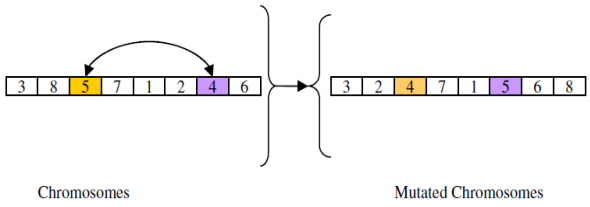
در این مقاله از الگوریتم های ICA و GA برای حل مسئله استفاده شده و نتایج آن با هم مقایسه شده است .

در این مرحله لی اوت های رندم بوجود آمده از الگوریتم ها چینش شده و هزینه ی حمل و نقل آنها بدست می آید و سپس با توجه به عملگرهای الگوریتم ها لی اوت بهبود می‌یابد .

برای الگوریتم ژنتیک نیز جهش (Mutation) به روش INS و تقاطع (Cross over) به روش PMX می باشد . در شکل ۷ و ۸ دو روش تشریح داده می شوند .



شکل ۷ . تقاطع PMX استفاده شده برای GA و ICA



شکل ۸ . جهش INS استفاده شده برای GA و ICA

پارامترهای مورد نظر برای اجرای الگوریتم به صورت جدول ۲ می باشند.

جدول ۲. پارامترهای الگوریتم ها و مساله

```
% GA Settings
PopSize = 60;
MaxIterations = 300;
KeepPercent = 50/100;
CrossPercent = 50/100;
MutatPercent = 10/100;

% ICA Settings
nPop=60;    % Number of Countries
nImp=10;    % Number of Imperials
nCol=nPop-nImp;
MaxDecades=300;
pRevolution=0.01;
zeta=0.1;
```

Number	Horizon Dimension	Vertical Dimension
1	11	8
2	10	8
3	8	8
4	8	5
5	12	9
6	12	9
7	10	8
8	12	9
9	8	5
10	8	5
11	8	5
12	8	5

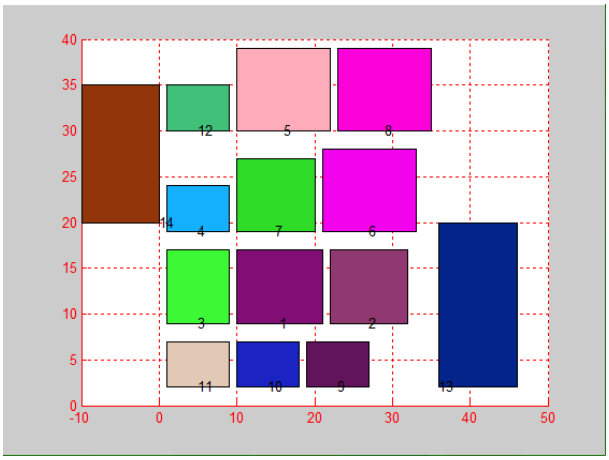
Factory Dimension	
36	90

Gap Between Devices	
1	2

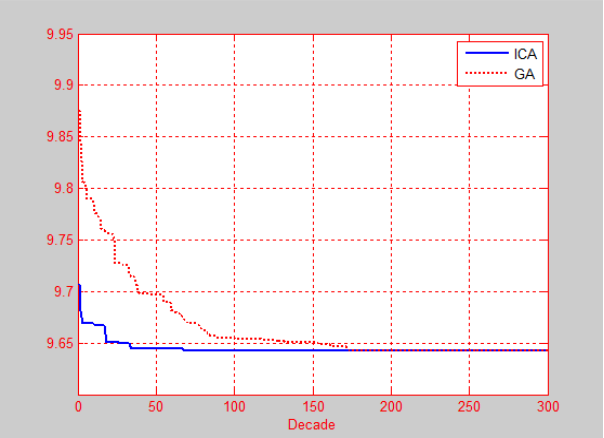
Dead Space Cost Unit
1000

همچنین هزینه ی حمل بین ایستگاهها یکسان در نظر گرفته شده است و ضرایب ثابت و برای تابع هدف نیز برابر ½ در نظر گرفته شده اند. عموماً برای قدرت یک الگوریتم ۲ معیار مورد بررسی قرار میگیرد. اول سرعت رسیدن به جواب و دوم قدرت و کارایی الگوریتم (درستی جواب)

بعد از اجرای الگوریتم با توجه به شکل (۶) چیدمانی که از ۲ الگوریتم بدست می آید شبیه به هم می باشند درحالیکه با توجه به شکل (۷) الگوریتم ica در ۷۰ نسل به جواب بهینه می رسد اما GA بعد از ۲۰۰ نسل به جواب مطلوب همگرا می شود . به همین دلیل می توان گفت که این دو الگوریتم از نظر قدرت وضعیت یکسانی دارند اما الگوریتم ICA با سرعت بیشتری به جواب بهینه می رسد . شکل ۹ و ۱۰ چیدمان بدست آمده و همگرایی الگوریتم ها را مقایسه می کند.



شکل ۹ . چیدمان بدست آمده از ۲ الگوریتم



شکل۱۰ . همگرایی الگوریتم های ICA و GA

برای اعتبار سنجی مدل با تغییر تعداد دستگاهها مسئله را با تعداد ۹-۱۳ دستگاه مختلف بررسی کردیم. البته این بررسی زمانی میتواند توجیه عملی داشته باشد که فرض گردد بعضی دستگاهها در هم ادغام گردیده اند (مثلاً یک ایستگاه کاری روبوتیک بتواند کار ۲ ایستگاه را انجام دهد). جدول ۳ به مقایسه مدل ها می پردازد.

جدول ۳. اعتبار سنجی مدل با تعداد دستگاههای مختلف

مقدار تابع هدف	تعداد دهه ها (دوره)	تعداد امپراطوری ها	تعداد دستگاهها
۹,۵۲۷۹	۵۰۰	۲۰	۱۴
۷,۵۴۶	۵۰۰	۲۰	۱۳
۵,۲۴۵۹	۵۰۰	۲۰	۱۲
۱,۳۸۲۵	۵۰۰	۲۰	۱۰
۰,۶۸۷۱	۵۰۰	۲۰	۹

۸. نتیجه گیری و کارهای آیندگان

مهمترین مشخصه FMS مکانیزه و اتوماسیونیزه بودن آن نیست بلکه انعطاف پذیری بالای آن می باشد . انعطاف پذیری به توانایی تولید حجم متنوعی از محصولات با هزینه ای بهینه اشاره دارد . در این مقاله با در نظر گرفتن فاکتورهای متنوع که در جریان بین ایستگاهها در تولید FMS تاثیر گذار می باشند ، در فاز ۱ ، سعی در وارد کردن این انعطاف در مسئله برنامه ریزی ریاضی کردیم. این معیار ها جزو مهمترین معیارهای تولید FMS بودند که توجه خاصی در پژوهش ها به آنها نشده بود و بر مبنای تحلیل سلسله مراتبی فازی مقدار این فاکتورهای کمی و کیفی را از پایگاه داده و پایگاه دانش استخراج کردیم سپس با استفاده از ۲ الگوریتم متاهیورستیک ژنتیک و رقابت استعماری چیدمان مناسب این سیستم را بدست آوردیم. نتایج بدست آمده بعد از بارها اجرای الگوریتم نتایج تقریبا مشابهی را در ارتباط با محل چیدمان دستگاهها نشان دادند اما در بعضی مواقع پیش می آمد که مکان ۲ ایستگاه بدست آمده از ۲ الگوریتم عوض شده باشند با این وجود در اکثر مواقع هر دو الگوریتم به یک مقدار مینمم بهینه واحدی رسیدند . تغییراتی روی ردیف ها بوجود نمی آمد و اگر تغییری بود بین ۲ ایستگاه در یک ردیف بوجود می آمد. با متغیر قرار دادن مکان دو ایستگاه کناری سعی در بدست آوردن شکل کارخانه نیز کردیم که تقریبا به حالت Z بدست آمد . در این مقاله برای اولین بار به بررسی معیارهای تاثیر گذار در یک سیستم تولید FMS پرداخته شده و از الگوریتم ICA برای حل آن استفاده شده است. از بین چهار مرحله طراحی، برنامه ریزی، زمانبندی و کنترل برای مسئله FMS در این مقاله توجه بیشتر ما روی فاز طراحی، برنامه ریزی مسئله FMS معطوف است. در مقالات بعد می توان با استفاده از چیدمان بدست آمده در این مقاله به مسئله زمانبندی و کنترل در سیستم FMS پرداخت. در این زمینه می توان به مسئله Part and Tool Flow Control در محیط کارخانه پرداخت. بررسی بهینه بودن سیستم حمل و نقل با استفاده از نتایج جریان بین دستگاهها (بدست آمده از فاز ۱ الگوریتم) نیز می توان به عنوان کارهای بعدی انتخاب شود. همچنین می‌توان متغیرهای مسئله را با مطالعه میدانی از کارخانجات (به جای استفاده از نظریات خبره) داده های مسئله را به دقت بیشتری به دست آورد و مسئله با دقت کامل تری بررسی کرد. استفاده از الگوریتم‌های دیگر متا هیورستیک و مقایسه با نتایج این مقاله نیز کار بعدی محققان می تواند باشد.

۹. مراجع

[۱]"زاهدی، م. آشنایی با نظریه مجموعه های فازی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۸ ".

[2] Gupta, Y.P., Goyal, S., "*Flexibility of Manufacturing Systems: Concepts and Measurements*", European Journal of Operational Research, Vol. 43, 1989, pp. 119–136.

[3] Devise, O., Pierreval, H., *"Indicators for Measuring Performances of Morphology and Material Handling Systems in Flexible Manufacturing Systems"*, International Journal of Production Economics, Vol. 64, 2000, pp. 209-218.

[4] Heragu, S.S., & Kusiak, A., "Machine layout problem in flexible manufacturing systems", Operations Research, Vol. 36, No. 2, 1988, pp. 258–268.

[5] Heng, L., Love, P.E.D., *"Genetic Search for Solving Construction Site- Level Unequal-Area Facility Layout Problems*", Automation in Construction, Vol. 9, 2000, pp. 217–226.

[6] Zadeh, L.A., *"Fuzzy Sets. Information and Control*", Vol. 8, 1965, pp. 338-353.

[7] Saaty, T.L., *The Analytical Hierarchy Process*, New York- MC-Graw-Hill, 1980.

[8] Garey, M.R., Johnson, D.S., *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*, New York- W.H. Freeman, 1979.

[9] Atashpaz-Gargari, E., Lucas, C., "*Imperialist Competitive Algorithm: An Algorithm for Optimization Inspired by Imperialistic Competition*", IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2007, pp. 4661–4667.

[10] Atashpaz-Gargari, E., Hashemzadeh, F., Rajabioun, R., Lucas, C., *"Colonial Competitive Algorithm, a Novel Approach for PID Controller Design in MIMO Distillation Column Process*", International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics, Vol. 1, No. 3, 2008, pp.337–355.

[11] Kusiak, A., Heragu, S.S., *"The Facility Layout Problem",* European Journal of Operational Research,Vol. 29, 1987 , pp. 229–251.

[12] Kusiak, A., *Intelligent Manufacturing Systems*, New Jersey- Prentice- Hall Inc., Englewood Cliffs, 1990.

[13] Hassan, M.M.D.*," Machine Layout Problem in Modern Manufacturing Facilities*", International Journal of Production Research, Vol. 32, No.11, 1994, pp. 2559–2584.

[14] Ioannou, G., Minis, I., *"A Review of Current Research in Manufacturing Shop Design Integration*", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 9, No. 1, 1998, pp.57–72.

[15] Drira, A., Pierreval, H., Hajri-Gabouj, S., *"Facility Layout Problem: A Survey"*, Annual Reviews in Control, Vol. 31, 2007. pp. 255–267.

[16] Sujono, S., Lashkari, R.S., *"A Multi-Objective Model of Operation Allocation and Material Handling*

System Selection in FMS Design", International Journal of Production Economics, Vol.105, 2007, pp. 116–133.

[17] Ficko, M., Brezocnik, M., Balic, J., *"Designing the Layout of Single- and Multiple- Rows Flexible Manufacturing System by Genetic Algorithms*", Journal of Materials Processing Technology, Vol.157–158, 2004, pp. 150–158.

[18] Solimanpur, M., Vratb, P., Shankarc, R., *"An Ant Algorithm for the Single Row Layout Problem in Flexible Manufacturing Systems",* Computers & Operations Research, Vol.32, 2005. pp. 583–598.

[19] Ficko, M., Brezovnik, S., Klancnik, S., Balic, J., Brezocnik, M., Pahole, I., *"Intelligent Design of an Unconstrained Layout for a Flexible Manufacturing System",* Neurocomputing, Vol. 73, 2010. pp. 639–647.

[20] Prakash, A., Chan, F.T.S., Deshmukh, S.G., *"FMS Scheduling with Knowledge Based Genetic Algorithm Approach",* Expert Systems with Applications, Vol. 38, No.4, 2011, pp. 3161-3171.

[21] Armour, G.C., Buffa, E.S., "*A heuristic Algorithm and Simulation Approach to Relative Allocation of Facilities",* Management Science, Vol. 9, No.2, 1963, pp. 294–309.

[22] Meller, R.D., Narayanan, V., ance, P.H., *"Optimal Facility Layout Design"*, Operations Research Letters, Vol.23, No. 3–5, 1999, pp. 117–127.

[23] Tate, D.M., & Smith, A.E., *"Unequal Area Facility Layout Using Genetic Search"*, IIE Transactions, Vol. 27, No.4, 1995, pp. 465–472.

[24] Scholz, D., Petrick, A., Domschke, W., *"STaTS: A Slicing Tree and Tabu Search Based Heuristic for the Unequal Area Facility Layout Problem*", European Journal of Operational Research, Vol. 197, No. 1 , 2009, pp. 166–178.

[25] Komarudin, Wong, K.Y., *"Applying Ant System for solving Unequal Area Facility Layout Problems*", European Journal of Operational Research,Vol. 202, 2010 , pp. 730–746.

[26] Wilhelm, M., Karwowski, W., Evans, G., *"A Fuzzy Set Approach to Layout Analysis",* International Journal of Production Research, Vol. 25, 1987, pp. 1431-1450.

[27] Raoot, A.D., Rakshit, A., *"A Fuzzy Approach to Facilities Layout Planning",* International Journal of Production Research, Vol. 29, 1991, pp. 835-857.

[28] Dweiri, F., Meier, F.A., *"Application of Fuzzy Decision-Making in Facilities Layout Planning*", International Journal of Production Research, Vol. 34, 1996, pp. 3207-3225.

[29] Deb, S.K., Bhattacharyya, B., *"Facilities Layout Planning Based on Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Methodology"*, International Journal of Production Research, Vol. 41, 2003, pp. 4487-4504.

[30] Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U.R., "*Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Layout Design in Manufacturing Systems*", Information Sciences, Vol. 176, 2006. pp. 237–262.

[31] Hamid, S., Mirhosseyni, L., Webb, P., *"A Hybrid Fuzzy Knowledge-Based Expert System and Genetic Algorithm for Efficient selection and Assignment of Material Handling Equipment* ", Expert Systems with Applications, Vol. 36, 2009, pp. 11875–11887.

[32] Werners, B. , *"Aggregation Models in Mathematical Programming"*, In: G. Mitra, Editor, Mathematical Models for Decision Support, Springer, Berlin, 1988, pp. 295-319.

[33] Yager, R.R., *"On a General Class of Fuzzy Connectives"*, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 4, 1980, PP. 235-242.

[34] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M., Trevino, J., *Facilities Planning*, New York- Wiley, 1996.

[35] Sule, D.R., *Manufacturing Facilities: Location, Planning,* and Design, Boston-PWS, 1994.

[36] Um, I., Cheon, H., Lee, H*.," The simulation design and analysis of a Flexible Manufacturing System with Automated Guided Vehicle System*", Journal of Manufacturing Systems, Vol. 28, 2009. pp. 115_122.