

بهینه چینی نقشه بافت تخته های فرش با استفاده از الگوریتم ژنتیک

محمدامانی^۱، پدرام پیوندی^{۲*}، مسعود لطیفی^۳

^۱استادیار، ^۲دانشجوی دکتری، ^۳استاد

دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده

بهینه سازی چیدمان قطعات دارای کاربردهای زیادی در صنایع برش ورق فلزی، چوببری، شیشه، چرم، کاغذ، کشتی سازی، صنایع فضایی و پوشاک می باشد و به دلیل اهمیت کاهش ضایعات، روشهای زیادی برای حل این مشکل ارائه شده است. یکی از بهترین روشها استفاده از الگوریتم ژنتیک می باشد. هدف اصلی در این گونه مسائل قرارگیری قطعات با دورریز کمینه و بدون داشتن تداخل بروی سطح می باشد.

درمساله فرش ماشینی هدف تهیه چیدمانی از تخته های فرش سفارشی، که ضایعات به هنگام بافت بر روی ماشین فرش بافی که همان استفاده کامل از عرض ماشین فرش بافی برای بافت می باشد جلوگیری شود. در عین حال برنامه ریزی برای تمام ماشین فرش بافی در صورتی که برای بافت سفارش از بیش از یک ماشین فرش بافی استفاده شود مد نظر می باشد که تمام ماشینها دارای تولیدی تقریباً برابر بوده که در نتیجه باعث بهینه سازی در زمان تحویل سفارش و استفاده بهینه از منابع نیز می شود.

برای رسیدن به اهداف مذکور از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شد که نتایج حاکی از مناسب بودن این روش در حل درمساله فرش ماشینی می باشد.

کلمات کلیدی:

بهینه چینی، تخته فرش، الگوریتم ژنتیک

Genetic Algorithm Aided Loading Layout of Machine-Made Carpet

M. Amani Tehran¹, P. Peivandi^{2*} and M. Latifi

Department of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology

Abstract

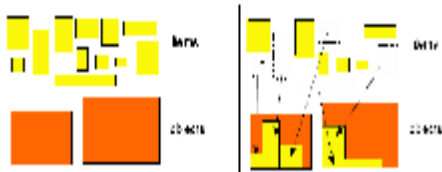
One of the solutions for solving cutting stock problem in different industries, such as sheet metal, lumber, glass, leather, textile, and paper, is applying genetic algorithm to minimize waste raw materials.

The same problem is faced in production of machine-made carpets. Genetic algorithm is supposed to design the lay-out of loading in order to decrease nonwoven spaces between carpet pieces and increase machine efficiency consequently.

The present work introduces an optimization method related to the carpet weaving industry using genetic algorithm. The developed method is to layout simultaneous orders of carpets with known widths, lengths and ordered amounts for looms with fixed widths. The results show a reasonable improvement in the production efficiency of a carpet mill.

Key words: Optimization, Carpet layout, Genetic Algorithm

* p_peivandi@aut.ac.ir

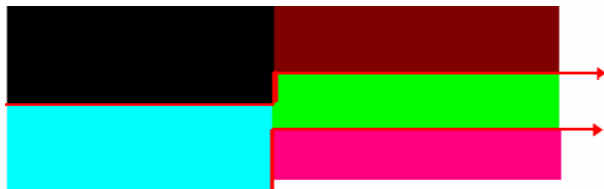


شکل (۱) نمونه ای از مسئله بهینه چینی

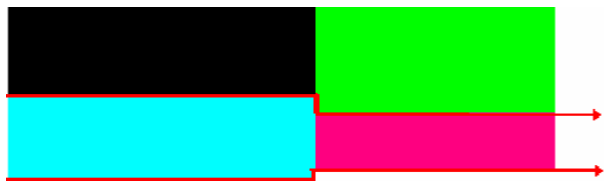
A	C	D
A	C	D
B	C	D
B	C	E

شکل (۲) چیدمان تخته های فرش در چهار اندازه مختلف

معمولاً تعداد تیغه های برش بین دو تا سه تیغه می باشد که در نتیجه تعداد تخته فرشهای که در عرض ماشین می تواند قرار گیرد حداکثر چهار تخته می باشد. به علت محدودیت حرکت تیغه ها در یک جهت در چیدمان تخته های فرش فقط تخته فرشهای با عرض کمتر یا برابر می توانند در جلوی تخته فرشهای با عرض بیشتر قرار گیرند.



شکل (۳) چیدمان صحیح با در نظر گرفتن جهت حرکت تیغه های برش



شکل (۴) چیدمان اشتباه با در نظر گرفتن جهت حرکت تیغه های برش

در شکل های ۳ و ۴ چیدمان صحیح و اشتباه با در نظر گرفتن جهت حرکت تیغه های برش نشان داده شده است که در آن خط های قرمز نشانگر جهت حرکت تیغه ها می باشند.

۱-مقدمه

چیدن قطعات چهارگوش (مانند تخته های فرش) بر روی سطح مستطیل شکل بزرگتر به صورتی که با کمترین ضایعات همراه باشد. کاربرد زیادی در صنایع مختلف و از جمله صنایع فرش ماشینی دارد. به سبب آرایش های نامحدودی که یک دسته از قطعات دوبعدی می توانند بدست آورند، یک روال عمومی ریاضی برای مسئله جای گذاری انجام پذیر نیست [۱]. از دهه ۵۰ میلادی که رایانه ها به عنوان پردازنده های سریع و اقتصادی داده ها ظاهر شدند، مسئله برش قطعات مورد توجه بیشتری قرار گرفت. پاسخ به این مسئله اهمیت کاربردی قابل توجهی داشت زیرا ساختارهای گوناگون مسایل برش قطعات، یک روش استاندارد ریاضی را برای حل شدن نمی پذیرند. در طی سال ها، دو تقریب اصلی پدیدار شد: تقریب اکتشافی و تقریب بر پایه ی برنامه ریزی خطی. ابعاد (یک یا دو بعدی)، شکل قطعات (باقاعده یا بی قاعده) و شمار صفحه ها، ویژگی های اصلی کاربردی برای دسته بندی این مسئله ها می باشند مسئله جای گذاری قطعات چهارگوش دوبعدی در یک صفحه یک مسئله ای ان پی (Nesting problem) است. مسئله با ترکیب دیگر ویژگی ها، بیشتر پیچیده می گردد. از این رو، پژوهشگران به جای تلاش برای رسیدن به جای گذاری بهینه الگوها، به سوی تقریب های اکتشافی که پاسخ های نزدیک بهینه پدید می آورند گرایش یافتند [۲].

۲-طرح مسئله

پارامترهای مسئله شامل تعداد ماشینهای فرش بافی، عرض ماشین فرش بافی، تعداد تیغه های برش، تعداد تخته فرش سفارشی، طول و عرض هر تخته می باشد [۲]. نمونه ای از مسئله بهینه چینی در شکل (۱) نشان داده شده است. در شکل (۲) نمونه ای از چیدمان تخته های فرش نشان داده شده است.

عرض ماشین فرش بافی بسته به نوع ماشین معمولاً بین ۴،۱ و ۴ متر می باشد .

مساله شامل بهینه چینی چیدمان تخته فرشهای سفارشی و برنامه ریزی تولید برای هر ماشین فرش بافی می باشد که هم زمان تولید وهم ضایعات بافت کمینه شود.

۳- آماده سازی

در مرحله آماده سازی ابتدا تمام حالات چیدمان عرضی با توجه به حداکثر میزان ضایعات عرضی مشخص گردید

$$W - (W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_i) < W_{loss} \quad (1)$$

که در آن W عرض ماشین فرش بافی، W_1, W_2, W_3 عرض تخته فرشهای سفارشی، i تعداد تخته فرشهای سفارشی که در عرض قرار می گیرد ($i \leq 5$)، W_{loss} حداکثر میزان ضایعات عرضی مشخص شده می باشد. به علت محدود بودن چیدمان تعداد تخته فرشها در عرض تمام حالاتی که در معادله صدق میکند به سرعت قابل محاسبه می باشد.

سپس ترکیباتی از چیدمانهای عرضی که شامل تمام انواع تخته فرشهای سفارشی باشد تولید گردیدند. در حقیقت این ترکیبات چیدمان نقشه بافت تخته های فرش بدون در نظر گرفتن تعداد تخته فرشهای سفارشی می باشند. با در نظر گرفتن تعداد تخته فرشهای سفارشی ترکیبات قابل قبول انتخاب گردیدند. سپس ترکیبات انتخاب شده از نظر جهت حرکت تیغه های برش مورد بررسی قرار گرفته و ترکیبات مناسب تعیین شدند.

۴- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یک روش الهام گرفته از طبیعت است که برای بهینه سازی می تواند به کار برده شود. این الگوریتم بر پایه فرایندهای ژنتیکی ارگانیسم های بیولوژیک عمل می کند که در چندین نسل، جمعیت بر اساس اصول گزینش و زنده ماندن برازنده ترین که نخستین بار چارلز داروین آن را مطرح نمود، رشد می کند. با پیروی از این فرآیند، الگوریتم ژنتیک می تواند پاسخ هایی پدید آورده و آن ها را بهبود بخشد.

در طبیعت، جانداران برای زنده ماندن با هم رقابت می کنند و آن هایی که از توانایی بالاتری برخوردارند امکان تولیدمثل بیشتری خواهند داشت. به گفته ی دیگر، ژنهایی که دارای توانایی سازگاری و بهینه شدن بالایی هستند، در هر نسل گسترش یافته و گونه ی خود را افزایش می دهند. ترکیب ویژگی های خوب از پدر و مادرهای گوناگون، گاهی می تواند فرزندی با برازندگی بالا پدید آورد که این برازندگی، بسیار بیشتر از برازندگی تک تک پدر و مادرها است [۳].

الگوریتم ژنتیک با جمعیتی از افراد که هر کدام از آن ها بیان گر مناسب بودن پاسخ مسئله است، نمایش داده می شود. افراد دارای برازندگی بالا و در فرآیند تولید مثل با دیگر افراد جمعیت، شانس بیشتری برای تولید دوباره دارند و افراد دارای برازندگی پایین، شانس کمتری برای گزینش در این عمل پیدا می کنند و از این رو از میان می روند. جمعیت تازه، از گزینش بهترین افراد نسل کنونی و جفت گیری آن ها با هم پدید می آید. این نسل تازه، دارای سهم بیشتری از ویژگی های افراد مناسب نسل گذشته است، با این روش، در چندین نسل ویژگی های خوب توسط جمعیت گسترش یافته و با ویژگی های خوب دیگر آمیخته می شود. با این کار بیشترین فضای خوش آتیه از فضای جستجو بررسی می گردد. اگر الگوریتم ژنتیک به خوبی پایه ریزی شده باشد، جمعیت به پاسخ بهینه رسیده و در آن همگرا می شود.

۱-۴- کدگذاری و جمعیت اولیه

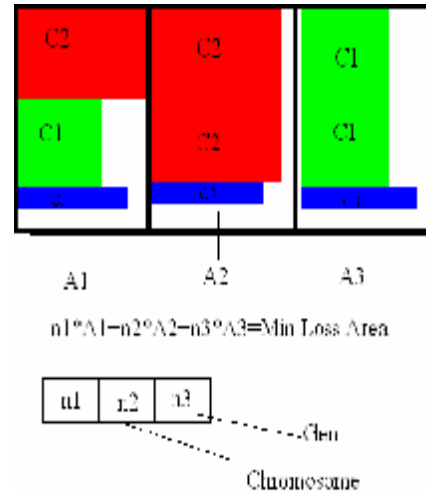
تعداد هر کدام از چیدمان عرضی در هر ترکیب به عنوان یک ژن در نظر گرفته شد و هر کروموزم شامل تعداد چیدمان عرضی در کل ترکیب در نظر گرفته شد.

امکان ایجاد چنین توابعی ممکن نیست. معهذ، در صورت امکان اجرای مطلوب الگوریتم ژنتیک، ساختن تابع‌های برازندگی باید به گونه‌ای انجام شود که از ایجاد نقاط بیشینه محلی زیاد و یا نقطه‌ی بیشینه کلی جدا افتاده و تنها، جلوگیری کند.

قانون کلی در ساختن تابع برازندگی، قابلیت انعکاس مؤثر مقدار واقعی کروموزم (افراد) است. این امر برای بسیاری از مسائل موضوعی واضح است. به عنوان مثال اگر هدف، طراحی یک نازل با بیشترین جریان باشد، تابع برازندگی تعیین کننده‌ی مقدار جریانی است که از درون آن در واحد زمان عبور می‌نماید. محاسبه آن، کار سهل و آسانی نیست ولی مورد و چگونگی محاسبه مشخص بوده و دانش آن در کتب مرجع قابل یافتن است.

مقدار تابع برازندگی کروموزم همیشه یک مقدار مفید برای راهنمایی الگوریتم ژنتیک در فضای جستجو نیست. در بهینه‌سازی ترکیبی که علاوه بر تابع هدف محدودیت‌های زیادی نیز وجود دارند، اغلب نقاط در فضای جستجو، کروموزم‌های بی‌اعتباری را معرفی می‌کنند که دارای مقدار برازندگی صفر هستند. در این حالت برای مؤثر واقع شدن الگوریتم ژنتیک باید به گونه‌ای تابع برازندگی ساخته شود که کروموزم بی‌اعتبار، هدایت کننده‌ی ما به طرف کروموزم‌های معتبر شود. بایستی محل کروموزم‌های معتبر دانسته شود تا نقاط نزدیک به آن‌ها بتوانند مقادیر برازندگی مطلوبی را ایجاد کنند و نقاط دورتر مقادیر برازندگی ضعیفی را بدهند. ولی در صورت نشناختن کروموزم‌های معتبر، این عمل ممکن نیست.

یک روش برای نزدیک شدن به جواب، استفاده از «تابع جریمه» است. این تابع می‌تواند بعنوان معیاری برای غیر معتبر بودن کروموزم بکار رود. تابع جریمه مناسب می‌تواند بعنوان هزینه اعمال محدودیت‌های موجود برای تابع هدف در نظر گرفته شود. به عبارتی، آن تابعی است که بیانگر مقدار هزینه تخصیصی به یک کروموزم بی‌اعتبار است تا آن را به یک کروموزم معتبر و جزو دسته جواب‌های ممکن در فضای جستجو، تبدیل کند.



شکل (۵) نمونه ژن و کروموزم تعریف شده

در شکل ۵ سه چیدمان عرضی از سه نوع تخته فرش نشان داده شده است. هدف پیدا نمودن تعداد مناسب از هر کدام از چیدمان‌های عرضی می‌باشد که منجر به کمترین ضایعات شده و تمام تعداد فرش سفارشی را نیز پوشش دهد.

جمعیت اولیه بصورت تصادفی و بین صفر و بیشترین تعداد فرش سفارشی تولید شد.

الگوریتم ژنتیک یک روش الهام گرفته از طبیعت است که برای بهینه‌سازی می‌تواند به کار برده شود. این الگوریتم بر پایه فرآیندهای ژنتیکی ارگانیسم‌های بیولوژیک عمل می‌کند که در چندین نسل، جمعیت بر اساس اصول گزینش و زنده ماندن برازنده‌ترین رشد می‌کند. با پیروی از این فرآیند، الگوریتم ژنتیک می‌تواند پاسخ‌هایی پدید آورده و آن‌ها را بهبود بخشد.

۲-۴ تابع برازندگی

در کنار عمل کدگذاری، تابع برازندگی نقش مهمی در اجرای الگوریتم ژنتیک ایفا می‌کند. تحقیقات انجام شده بر روی اثر عوامل دیگر (مانند نحوه و درصد دورگه شدن، اندازه جمعیت و نحوه و درصد جهش) که هیچ یک به اندازه عمل کدگذاری و تابع برازندگی، بحرانی و حساس نیستند [۳].

بطور کلی، تعریف تابع برازندگی با قاعده و مناسب، نیاز تمامی مسائل است و متأسفانه برای بسیاری از آن‌ها،

این تابع از دو قسمت تشکیل یافته است:

الف) تابع هدف: که در آن حداقل کردن مقدار دوریز (ضایعات)، هدف اصلی است به صورت زیر تعریف می شود.

$$o(s) = \sum_{j=1}^n (n_j \cdot A_j) \quad (2)$$

که در آن n_j تعداد چیدمان عرضی j و A_j مساحت چیدمان عرضی j می باشد. تابع هدف به سمت ترکیبی از چیدمانها با کمترین فضای اشغالی پیش می رود.

ب) تابع جریمه:

توابع جریمه برپایه میزان تجاوز از محدوده ی فضای معتبر و تعریف شده از جوابهای ممکن، به تابع برازندگی افزوده می شوند، بگونه ای که با طراحی یک تابع جریمه مناسب، الگوریتم ژنتیک برای همگراشدن در یک جواب بهینه فرعی یا حتی جواب بهینه نهایی، آماده می شود.

تنها محدودیت در نظر گرفته شده، استفاده از تمام تعداد تخته فرش سفارشی در چیدمان می باشد.

$$p(s) = \sum_{i=1}^m Ni - \sum_{j=1}^n n_j \times n_{A_{jci}} \quad (3)$$

که در آن N_i تعداد تخته فرش سفارشی i ، n_j تعداد چیدمان عرضی j و $n_{A_{jci}}$ تعداد تخته فرش i در چیدمان عرضی j می باشد.

در نهایت تابع برازندگی به صورت زیر تعریف می شود:

$$fitness = \frac{k}{a.o(s) + b.p(s)} \quad (4)$$

که در آن a, b, k مقادیر ثابتی هستند که به صورت تجربی تعیین می شوند.

۳-۴ تولید نسل جدید

حدود ۲۰٪ از نسل جدید مستقیماً از بهترین کروموزمهای نسل قبلی کپی می شوند و حدود ۱۰٪ نیز با استفاده از چرخ رولت [۴] انتخاب می گردند. عمل دورگه شدن به وسیله انتخاب یک نقطه به طور تصادفی

برای دو کروموزم و تعویض ژنهای دو کروموزم از آن نقطه به بعد صورت می گیرد. که بین ۳۰٪ تا ۴۰٪ کروموزمهای نسل جدید با این روش تولید می شوند.

عملگر جهش نیز تعداد چیدمان عرضی در کروموزمی که به صورت تصادفی با روش رولت انتخاب شده است را به صورت راندوم تغییر می دهد. که تعداد چیدمان عرضی جابه جا شده با تعداد نسل تولید شده ارتباط دارد. بین ۲٪ تا ۱۰٪ نسل جدید به وسیله این عملگر تولید می شوند.

عملگر جابجایی (swap) نیز جای دو چیدمان عرضی را در کروموزمی که به صورت تصادفی با روش رولت انتخاب شده اند با هم تعویض می کند. دو چیدمان عرضی نیز به صورت تصادفی انتخاب می شوند. این عملگر بر روی ۱۰٪ جمعیت اعمال می شود.

۵- بهینه سازی برنامه تولید

در مرحله قبل بهترین چیدمان برای یک ترکیب از چیدمانهای عرضی با در نظر گرفتن تعداد تخته فرشهای سفارشی مشخص گردید. این مرحله برای تمامی ترکیبات چیدمانهای عرضی تکرار می گردد.

نتایج حاصله شامل یک سری نقشه بافت تخته های فرش بهینه شده با توجه به ترکیب چیدمانهای عرضی می باشد که بهترین نقشه بافت از بین نتایج به راحتی قابل انتخاب و استفاده بروی یک دستگاه ماشین فرش بافی می باشد. اگر تعداد ماشینها بیش از یک دستگاه باشد نیاز به تقسیم نقشه بافت به طریق مناسب (در بهترین حالت مساوی) بین ماشین های فرش بافی می باشد. در صورتی که تعداد ماشین های فرش بافی بیشتر از یک دستگاه باشد با تقسیم طول بهینه به تعداد ماشین های فرش بافی طولی از نقشه بافت که به هر ماشین اختصاص دارد مشخص می شود.

۶- نتیجه گیری و پیشنهادات

در شکل ۶ نتیجه برنامه بهینه چینی نقشه بافت جهت پنج دستگاه فرش ماشینی نشان داده شده است. سفارش داده شده در جدول I نشان داده شده است.

جدول II نمونه ای از سفارش تخته فرش داده شده جهت بافت بر روی یک دستگاه

تعداد	عرض	طول	
۶۰	۳,۷۵	۲,۵	فرش ۱
۵۱	۱,۵	۱	فرش ۲
۴۰	۰,۷	۰,۵	فرش ۳

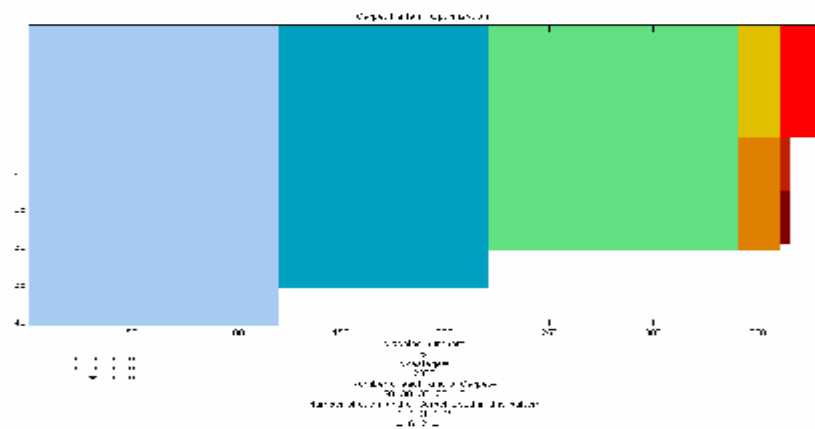
نتایج حاصل نشان دهنده توانای روش ارائه شده جهت حل مساله بهینه چینی نقشه بافت تخته های فرش می باشد. پیشنهاد می شود جهت افزایش سرعت اجرا از روش از روش الگوریتم ژنتیک موازی (PGA) [۵] در یافتن چیدمان بهینه برای یک ترکیب از چیدمانهای عرضی کمک گرفته شود.

جدول I نمونه ای از سفارش تخته فرش داده شده جهت بافت بر روی پنج دستگاه

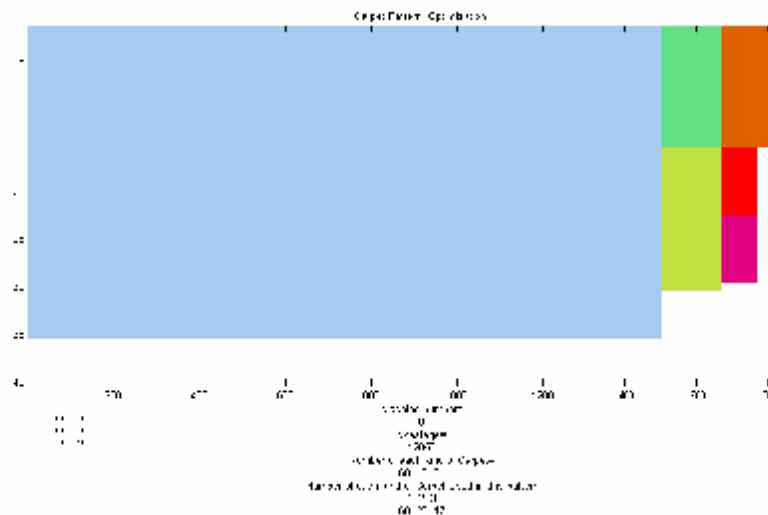
تعداد	عرض	طول	
۲۰	۴	۳	فرش ۱
۳۰	۳,۵	۱,۷۵	فرش ۲
۱۰	۳	۲	فرش ۳
۳۰	۱,۵	۱	فرش ۴
۲۰	۰,۷	۰,۵	فرش ۵

در شکل ۷ نتیجه برنامه بهینه چینی نقشه بافت جهت یک دستگاه فرش ماشینی نشان داده شده است. سفارش داده شده

در جدول II نشان داده شده است.



شکل (۶) نمونه نقشه بافت بهینه شده جهت پنج دستگاه فرش ماشینی



شکل (۷) نمونه نقشه بافت بهینه شده جهت یک دستگاه فرش ماشینی

منابع:

- [۱] ص. اسماعیلی " کاهش ضایعات تولیدات پوشاک بهنگام برش پارچه برای الگوهای ساده ". دانشکده مهندسی نساجی ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، ۱۳۷۸
- [۲] ح. عزیزی " بهینه سازی ترتیب استقرار تخته های مختلف قالی بروش ژنتیک روی ماشینهای فرش بافی با ژاکارد راینهای ". دانشکده مهندسی نساجی ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، ۱۳۷۹
- [۳] پ. پیوندی ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، بهینه سازی روش جایگذاری الگوها با در نظر گرفتن چندین دسته الگو و چرخش قطعات ، شهریور ۱۳۸۲
- [۴]. Joshi, S and Sudit, M., ``Procedures for Solving Single Pass Strip Layout Problems," IIE Transactions, vol. 26, no. 1, pp.27-37, 1994.
- [۵]. A. Gómez , D.Fuente "Resolution of strip-packing problems with genetic algorithms " University of Oviedo, Spain, 1999.