

# بهینه‌سازی سازوکار حرکت سوزن در ماشین دوزندگی راسته‌دوز با الگوریتم ژنتیک

## Optimization of Needle Driving Mechanism in Lock-Stitch Sewing Machine by Genetic Algorithm

ایمان حاجی‌زاده<sup>۱</sup>، سعید ابراهیمی<sup>۲\*</sup>، پدرام پیوندی<sup>۲</sup>

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی مهندسی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵  
۱- دانشکده مهندسی مکانیک، ۲- دانشکده مهندسی نساجی

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۸

### چکیده

کیفیت دوخت در ماشین‌های دوزندگی تا حد زیادی متأثر از پارامترهای سازوکار محرک سوزن است. با توجه به اثر سرعت سوزن در محدوده نفوذ پارچه بر نیروی تماس، گرمای ایجاد شده در سوزن و نیز صدمه‌های فیزیکی به پارچه، استفاده از سازوکار محرک بهینه اهمیت ویژه‌ای دارد. بنابراین در مقاله حاضر، ابتدا سازوکار لنگ و لغزنده معرفی شده است که سازوکار معمول حرکت سوزن در ماشین‌های دوزندگی راسته‌دوز است. سپس، مراحل بهینه‌سازی آن برای دستیابی به سرعت بهینه سوزن با استفاده از روش تکاملی الگوریتم ژنتیک به تفصیل بیان شده است. نتایج حاصل از این پژوهش، مؤید دستیابی به سرعت بهینه سوزن در ماشین دوزندگی راسته‌دوز با استفاده از سازوکار لنگ و لغزنده است.

### مقدمه

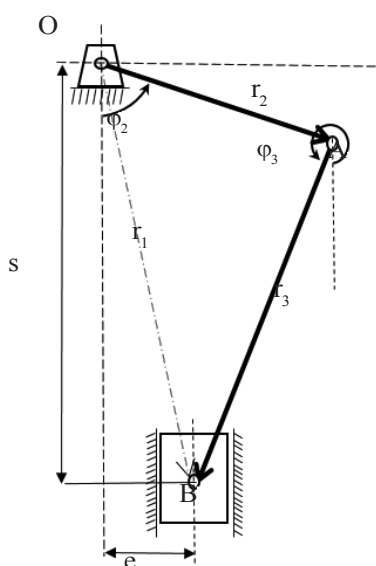
در سال‌های اخیر، مهندسی نساجی و کاربردهای آن در بسیاری از زمینه‌های صنعتی توجه زیادی پیدا کرده است. پیشرفت‌های کوچک در طراحی و توسعه ماشین‌آلات دوخت منجر به سود اقتصادی قابل توجهی می‌شود. بنابراین، توسعه ماشین‌آلات دوخت با سطح زیادی از عملکرد مکانیکی اهمیت ویژه‌ای دارد، به‌ویژه ماشین‌های دوزندگی راسته‌دوز که از پرکاربردترین ماشین‌آلات دوزندگی در صنعت پوشاک است. از عوامل مهم در مطلوب بودن پوشاک نزد مصرف‌کننده، صرف‌نظر از پارامترهای اساسی منسوج، کیفیت ظاهری و تناسب پوشاک با نوع مصرف آن است. دوخت پارچه از مراحل اصلی است که در دستیابی به این

هدف نقش اساسی دارد. به‌طوری‌که مکمل عوامل کیفیتی پارچه و ترکیب‌کننده خواص متفاوت اجزای مختلف (در اتصال آن‌ها به هم و تشکیل مجموعه‌ای از خواص مطلوب) به‌شمار می‌آید. چگونگی انتخاب پارامترهای مؤثر در دوخت و کیفیت اجرای آن روی خواص محصول نهایی اهمیت بسیاری دارد. در این باره سازوکار محرک سوزن که جزء اصلی عملیات دوخت به‌شمار می‌آید، مشخصه مهم و اثرگذاری در کیفیت اجرای این فرایند است. به عبارت ساده‌تر، اتصال دوزندگی بدون این جزء ماهیت خود را از دست می‌دهد، به گونه‌ای که نفوذ سوزن به داخل منسوج (یا ماده انعطاف‌پذیر) و خروج آن اساس و پایه تعریف این فرایند به‌شمار می‌آید.

### کلمات کلیدی

سازوکار لنگ و لغزنده،  
بهینه‌سازی،  
سرعت سوزن،  
ماشین دوزندگی،  
الگوریتم ژنتیک

\* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: ebrahimi@yazd.ac.ir

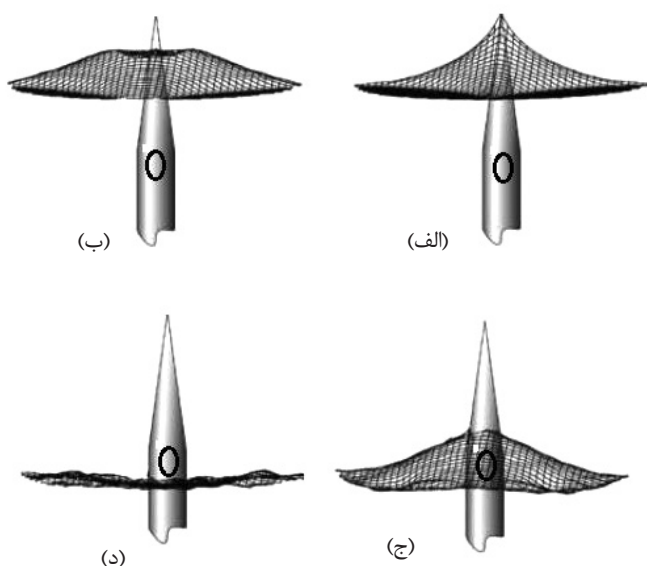


شکل ۱- سازوکار لنگ و لغزنده.

معرفی و سپس، فرایند بهینه‌سازی این سازوکار با استفاده از الگوریتم ژنتیک به تفصیل بیان شد.

#### سازوکار لنگ و لغزنده

سازوکار لنگ و لغزنده به عنوان یکی از معروف‌ترین و پراستفاده‌ترین سازوکارها در زمینه مهندسی مکانیک است [۸]. این سازوکار در پمپ‌ها، کمپرسورها و موتورهای بخار کاربرد دارد. کار اصلی این سازوکار تبدیل حرکت چرخشی لنگ به حرکت انتقالی است. حرکت سوزن در یک ماشین دوزندگی استاندارد به وسیله سازوکار لنگ و لغزنده تولید می‌شود. سوزن در صفحه‌ای عمودی در حال حرکت و



شکل ۲- نحوه ورود سوزن در پارچه در محدوده نفوذ [۹].

در صنعت دوخت اصطلاح مشکلات دوخت، مجموع تمام مشکلاتی است که در طول فرایند دوخت ظاهر می‌شود. در مهندسی نساجی، به طور معمول ماشین‌آلات دوزندگی برای کار در سرعت زیاد طراحی شده‌اند. از مشکلات مهم در فرایند دوخت، تولید گرما بر اثر اصطکاک بین پارچه و سوزن در محدوده نفوذ است. این مشکل باعث آسیب جدی به پارچه و سوزن می‌شود و کاهش کیفیت دوخت را نتیجه می‌دهد.

Hurt و همکاران [۱] به این نتیجه رسیدند که گرم‌شدن سوزن بر شرایط سوزن دوخت، سرعت دوخت، مواد دوخته شده و کشش نخ و پارچه اثر می‌گذارد. از جمله عوامل مؤثر برای کاهش دمای سوزن، کاهش سرعت آن در محدوده نفوذ در پارچه است. این موضوع با توجه به رابطه بیان شده در مطالعه Gotlih و همکاران [۲] به راحتی استنباط می‌شود. تغییرات سرعت تابعی از هندسه سازوکار حرکت سوزن در ماشین دوزندگی است. حرکت سوزن در ماشین دوزندگی راسته‌دوز به وسیله سازوکار لنگ و لغزنده تأمین می‌شود. طراحی بهینه سازوکارهای شامل لنگ و لغزنده در کاربردهای صنعتی به طور کلی و در کاربردهای نساجی به طور ویژه مورد توجه پژوهشگران بسیاری قرار گرفته است. در زمینه طراحی بهینه سازوکارهای شامل لنگ و لغزنده به طور کلی از روش‌های متعددی استفاده شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

Rao [۳] با استفاده از برنامه‌نویسی هندسی، سازوکار لنگ و لغزنده را بهینه‌سازی کرده است. تابع هدف در نظر گرفته شده برای این مسئله شامل تعداد زیادی عبارات است، در حالی که در فرمول‌بندی الگوریتم بهینه‌سازی فقط دو متغیر طراحی وجود دارد. در پژوهش مزبور، تغییر تابع هدف به شکلی پیشنهاد شده است که درجه سختی را به صفر کاهش می‌دهد.

Zhao و همکاران [۴] برای پاسخ‌گویی به نیاز تولید، نوعی سازوکار لنگ و لغزنده جدید را براساس دو درجه آزادی معرفی کردند. بدین ترتیب، روش سنتز ابعادی مطلوب برای بهینه‌سازی تمام پارامترها با عملکرد مکانیکی بسیار عالی ارائه شده است. تجزیه و تحلیل حرکتی یک سازوکار لنگ و لغزنده شامل مفاصلی بالقوی غیرقابل اغماض را Erkaya و همکاران [۵] ارائه کردند. به منظور بهینه‌سازی پارامترهای طراحی سازوکار لنگ و لغزنده برای به حداقل رساندن انحرافات از الگوریتم تکاملی ژنتیک استفاده شده است. برای طراحی بهینه و کنترل سامانه سازوکار لنگ و لغزنده، Kao [۶] از روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات (particle swarm optimization) برای شناسایی پارامترهای سامانه استفاده کرد. در نهایت، مقایسه شبیه‌سازی عددی و نتایج تجربی ثابت کرد که روش ازدحام ذرات برای شناسایی پارامترهای سازوکار لنگ و لغزنده امکان‌پذیر است. Wang [۷] ساختار لغزنده سازوکار را تجزیه و تحلیل ایستا و بهینه‌سازی کرد. افزون بر این، تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از دو نوع ساختار لغزنده را براساس شرایط کاری واقعی ارائه داد.

در حالت استفاده از یک سازوکار محرک سوزن با سرعت نفوذ بهینه در ماشین دوزندگی راسته‌دوز، بدون اثر بر سرعت دوخت می‌توان افزایش دمای سوزن را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. بنابراین، بهینه‌سازی سازوکار لنگ و لغزنده برای دستیابی به سرعت بهینه حرکت سوزن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این رو در مقاله حاضر، حالت‌های مختلف دستیابی به سرعت نفوذ سوزن مطلوب بررسی و بهینه‌سازی شده است. بدین منظور، ابتدا سازوکار لنگ و لغزنده با طول لینک‌های معمول در ماشین‌های دوخت

جدول ۱- ابعاد سازوکار لنگ و لغزنده.

پارامتر	$r_2$	$r_3$	e
طول‌های معمول در ماشین دوزندگی * (mm)	۱۵	۴۸	۰
طول‌های حالت اول	۱۵	$30 \leq r_3 \leq 60$	۰

\* Gotlih [۲].

نفوذ به داخل پارچه است. هندسه و ساختار این سازوکار در شکل ۱ نشان داده شده است. سازوکار شامل لینک محرک OA، مسیر لغزنده B (سوزن) و لینک کوپلر AB است. معادلات جابه‌جایی، سرعت و شتاب سوزن در این سازوکار به ترتیب به شکل معادله‌های (۱) تا (۳) به دست می‌آیند:

$$s = r_2 \cos(\varphi_2) + r_3 \cos(\varphi_3) \quad (1)$$

$$\dot{s} = -(r_2 \dot{\varphi}_2 \sin(\varphi_2) + r_3 \dot{\varphi}_3 \sin(\varphi_3)) \quad (2)$$

$$\ddot{s} = -r_2 (\ddot{\varphi}_2 \sin(\varphi_2) + \dot{\varphi}_2^2 \cos(\varphi_2)) - r_3 (\ddot{\varphi}_3 \sin(\varphi_3) + \dot{\varphi}_3^2 \cos(\varphi_3)) \quad (3)$$

$\varphi_3$ ،  $\dot{\varphi}_3$  و  $\ddot{\varphi}_3$  که در معادله‌های (۱) تا (۳) گفته شده است، بر حسب پارامترهای معلوم  $\varphi_2$ ،  $\dot{\varphi}_2$  و  $\ddot{\varphi}_2$  مربوط به لینک ورودی OA در بخش ضمیمه محاسبه شده‌اند. در این مطالعه، سرعت سوزن در محدوده نفوذ در پارچه زیادی دارد. محدوده نفوذ، محدوده بین اولین تماس نوک سوزن با پارچه تا هنگامی که چشم سوزن از پارچه خارج شود، تعریف می‌شود. شکل ۲، نحوه ورود سوزن به پارچه را نشان می‌دهد، از لحظه‌ای که نوک سوزن به پارچه برخورد می‌کند تا هنگامی که چشمی سوزن از آن خارج می‌شود (محدوده نفوذ).

### بهینه‌سازی سرعت سوزن در محدوده نفوذ

برای کاهش سرعت سوزن در منطقه نفوذ، حالت‌های مختلف رسیدن به سرعتی بهینه برای سازوکار لنگ و لغزنده بررسی می‌شود. بدین منظور، دو حالت با توجه به ویژگی‌های سازوکار لنگ و لغزنده را می‌توان در نظر گرفت:

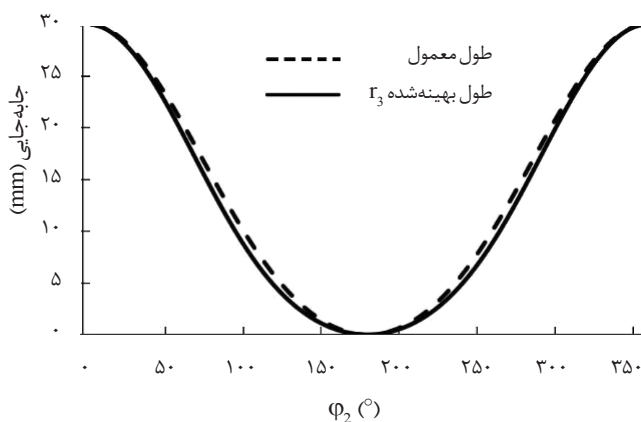
جدول ۲- مقادیر سرعت سوزن در محدوده نفوذ برای  $r_3$  های مختلف.

$r_3$ (mm)	سرعت (mm)	محدوده نفوذ ( $^\circ$ )
۳۱/۸۷	۳۳۵/۸۷	$64 \leq \varphi_2 \leq 84$
۳۴	۳۴۹/۶۵	$64 \leq \varphi_2 \leq 85$
۳۵	۳۴۹/۵۲	$65 \leq \varphi_2 \leq 86$
۳۶/۵	۳۴۷/۴۳	$65 \leq \varphi_2 \leq 86$
۳۹	۳۴۵/۴۶	$66 \leq \varphi_2 \leq 87$
۴۳/۵	۳۴۲/۷۱	$67 \leq \varphi_2 \leq 88$

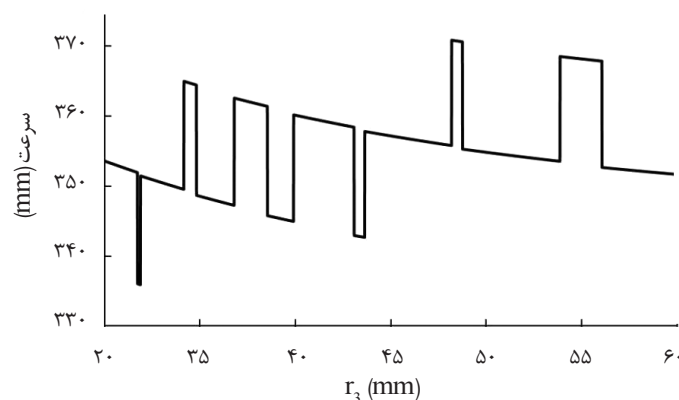
۱. لغزنده دارای خروج از مرکز نباشد ( $e=0$ ).۲. لغزنده دارای خروج از مرکز باشد ( $e \neq 0$ ).

### حالت اول

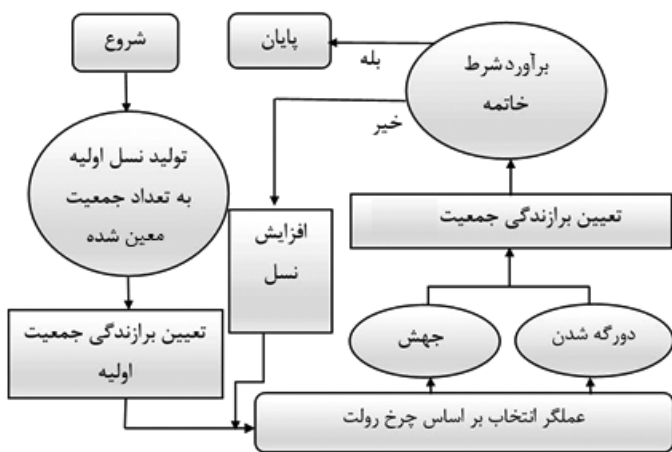
در این حالت که لغزنده دارای خروج از مرکز نباشد ( $e=0$ )، دو پارامتر  $r_2$  و  $r_3$  باقی می‌مانند که می‌توان با تغییر طول آن‌ها سرعت لغزنده (سوزن) را تغییر داد. از طرف دیگر، دامنه تغییرات حرکت باید ثابت باشد. با توجه به این نکته پارامتر  $r_2$  را که عامل تغییر دامنه است، نمی‌توان تغییر داد. بنابراین تنها پارامتر باقی‌مانده که می‌توان تغییر داد، طول  $r_3$  است. با توجه به توضیح‌های گفته شده در این بخش، اثر تغییرات طول  $r_3$  بر مقدار سرعت در محدوده نفوذ بررسی می‌شود. برای این کار، تغییرات سرعت در محدوده نفوذ برای پارامترهای جدول ۱ بررسی شده است. شکل ۳ تغییرات سرعت در محدوده نفوذ را برای طول‌های مختلف  $r_3$  نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، برای تغییرات  $r_3$ ، کمترین مقدار سرعت سوزن در منطقه نفوذ در محدوده بین  $30 \leq r_3 \leq 35$  اتفاق می‌افتد. در جدول ۲ تعدادی از مقادیر سرعت سوزن در محدوده نفوذ برای  $r_3$  های مختلف آمده است. با توجه به این مقادیر، کمترین مقدار سرعت سوزن در منطقه نفوذ برای  $r_3 = 31/87$  mm برابر با  $335/87$  mm/s به دست می‌آید. شکل‌های ۴ تا ۶ تغییرات جابه‌جایی، سرعت و شتاب سوزن برای مقدار  $r_3 = 31/87$  mm در حالت اول و مقادیر معمول سازوکار لنگ و لغزنده در ماشین دوزندگی را نشان می‌دهد.



شکل ۴- تغییرات جابه‌جایی سوزن



شکل ۳- تغییرات سرعت سوزن در محدوده نفوذ.



شکل ۷- نمودار جریان الگوریتم ژنتیک.

کنند. شرایط ترکیب طوری در نظر گرفته می‌شود که کروموزوم‌های قوی‌تر امکان بیشتری برای بقا بیابند و کروموزوم‌های ضعیف‌تر به تدریج حذف شوند. الگوریتم ژنتیک بر خلاف روش‌های سنتی بهینه‌سازی، جست‌وجوی خود را به‌طور هم‌زمان در چند نقطه دنبال می‌کند. مجموعه کروموزوم‌هایی که در هر تکرار الگوریتم بررسی و ارزیابی می‌شوند، یک نسل نامیده می‌شود. جزئیات روش الگوریتم ژنتیک استفاده شده در این مقاله، به شکل نمودار جریان در شکل ۷ نشان داده شده است.

### تعریف مسئله بهینه‌سازی

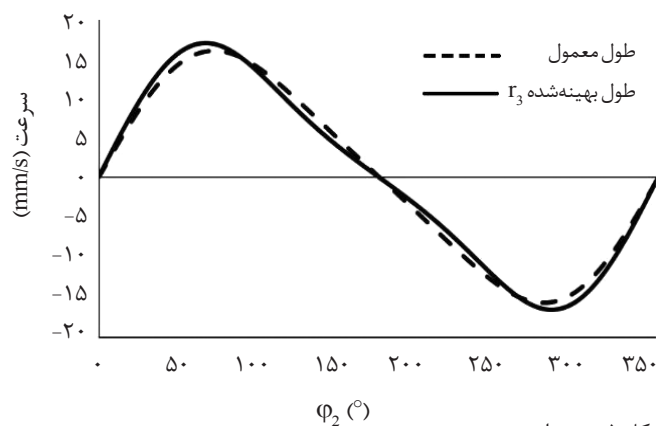
منطقه نفوذ، محدوده بین اولین تماس نوک سوزن با پارچه تا زمانی که چشم سوزن از پارچه خارج شود، تعریف می‌شود. بنابراین تابع هدف به شکل معادله (۴) تعریف می‌شود:

$$f = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} |\dot{s}(\varphi_4)| d\varphi_4 \quad (4)$$

پارامترهای  $\varphi_1$  و  $\varphi_2$  زاویه‌های لینک ورودی OA هستند که به ترتیب نشان‌دهنده موقعیت سوزن در شروع و پایان محدوده نفوذ هستند. این دو زاویه را می‌توان از روابط سینماتیکی سازوکار لنگ و لغزنده محاسبه کرد. به همین منظور، تغییرات موقعیت سوزن با توجه به تغییرات زاویه لینک ورودی در نظر گرفته شده است. برای معرفی تابع هدف در فرایند بهینه‌سازی، محدودیت زیر برای هندسه سازوکار باید در نظر گرفته شود: فاصله بین دو نقطه مرگ بالا و پایین سوزن، بارواداری (tolerance) کوچک، مقداری ثابت در نظر گرفته می‌شود. این شرط تضمین می‌کند که جابه‌جایی سوزن صرف‌نظر از تغییرات طول لینک‌ها، ثابت باقی می‌ماند.

جدول ۳- شرایط بهینه‌سازی (ابعاد به میلی‌متر است).

متغیرهای طراحی	$r_2$	$r_3$	e
محدوده پایین	۱۴	۳۰	-۵
محدوده بالا	۲۴	۶۰	۵



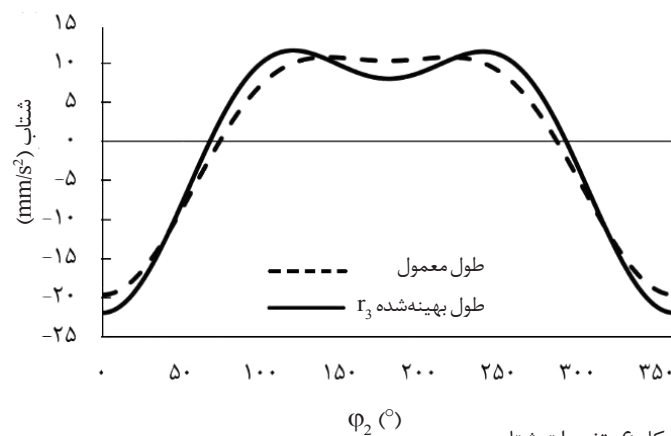
شکل ۵- تغییرات سرعت سوزن.

### حالت دوم

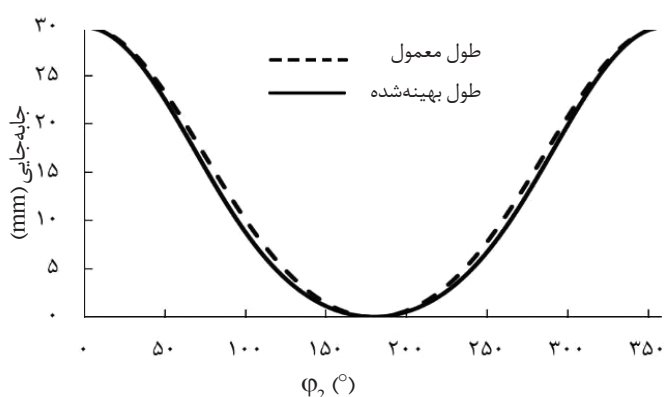
در این حالت بر خلاف حالت قبل، لغزنده دارای خروج از مرکز است ( $e=0$ ). برای این حالت مقدار  $e$  مخالف صفر است و می‌توان شامل مقادیر مختلفی باشد. با توجه به این نکته می‌توان مقادیر  $r_2$  و  $r_3$  را نیز تغییر داد. بنابراین برای یافتن مطلوب‌ترین جواب در این حالت از فرایند بهینه‌سازی استفاده می‌شود. همان‌طور که قبلاً معرفی شد، برای بهینه‌سازی از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. بدین منظور، پارامترهای سازوکار لنگ و لغزنده به نحوی به‌دست می‌آیند که مجموع سرعت در محدوده نفوذ بهینه شود.

### الگوریتم ژنتیک

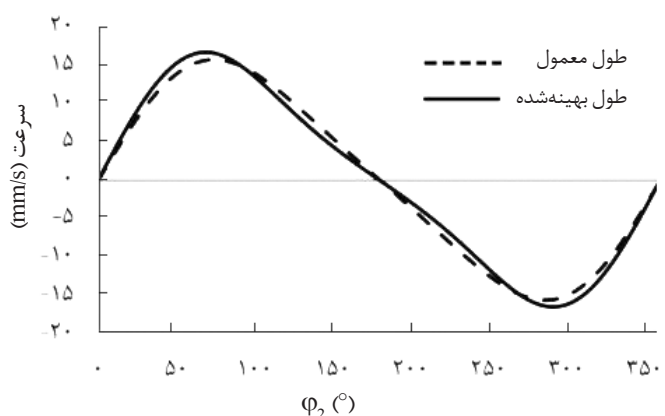
الگوریتم ژنتیک روشی برای جست‌وجوی تصادفی عددی است که از فرایند ساده شده تکامل طبیعی تقلید می‌کند. الگوریتم روی جمعیتی از پاسخ‌ها عمل می‌کند و با به‌کار بردن اصل بقای بهترین و تکامل، به ایجاد جواب‌های بهتر و مناسب‌تر می‌پردازد [۱۰، ۱۱]. در آغاز، نسلی با جمعیت اولیه ویژه کروموزوم‌ها (رشته‌ها) به‌طور تصادفی ایجاد می‌شود. سپس، برای ارزیابی کروموزوم‌ها از تابع هدف استفاده می‌شود. در مسئله بهینه‌سازی مدنظر در این مقاله، افراد مناسب نسل باید کمترین مقدار را برای این تابع ایجاد کنند. سپس به کروموزوم‌های مختلف، که در واقع نمایشگر طراحی‌های مختلف هستند، اجازه داده می‌شود تا در شرایطی مشخص ترکیب شوند و تولید مثل



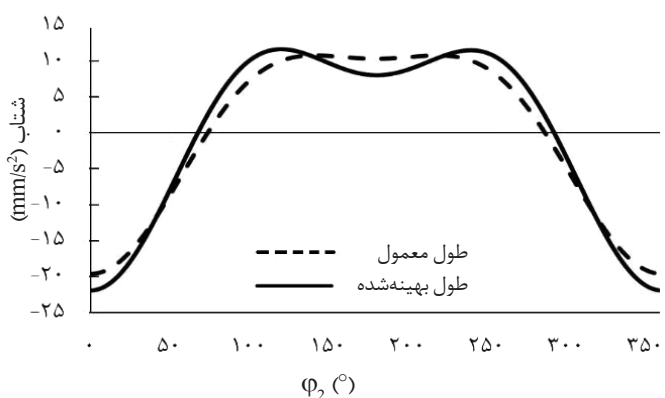
شکل ۶- تغییرات شتاب سوزن.



شکل ۹- تغییرات جابه‌جایی سوزن.



شکل ۱۰- تغییرات سرعت سوزن.



شکل ۱۱- تغییرات شتاب سوزن.

جدول ۶- مقایسه نتایج سرعت برای طول‌های مختلف.

مجموع سرعت سوزن (mm/s)	سازوکار لنگ و لغزنده
۳۵۵/۸۶	طول‌های معمول
۳۳۵/۸۷	طول‌های به‌دست آمده در حالت اول
۳۳۵/۷۸۹۱	طول‌های بهینه شده در حالت دوم

جدول ۴- پارامترهای الگوریتم ژنتیک.

تعداد تکرار (نسل)	تعداد جمعیت	درصد ترکیب	درصد جهش	سرعت جهش	تابع هدف
۱۰۰	۵۰۰۰	۰/۸	۰/۳	۰/۱	معادله (۴)

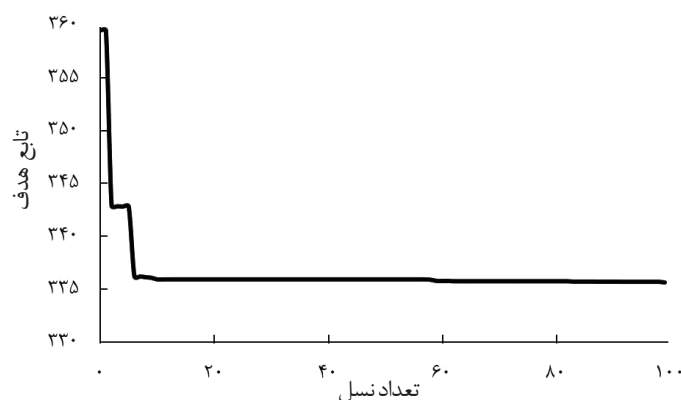
جدول ۵- طول بهینه لینک‌های سازوکار لنگ و لغزنده.

متغیرهای طراحی	$I_2$	$I_3$	e
طول بهینه (mm)	۱۵/۰۰۳۴	۳۲/۳۸۳۳	-۰/۱۳۲۷

افزون بر این شرایط، در جدول ۳ برخی از محدودیت‌های بهینه‌سازی درباره هندسه سازوکار بیان شده است. فرایند بهینه‌سازی در نرم‌افزار Matlab 2011a انجام شده است. در جدول ۴ پارامترهای الگوریتم ژنتیک استفاده شده برای مقداردهی اولیه فرایند بهینه‌سازی است.

### نتایج بهینه‌سازی

با اعمال شرایط بهینه‌سازی، بهینه‌سازی سازوکار لنگ و لغزنده با نرم‌افزار Matlab انجام شد و طول بهینه لینک‌ها در حالی که تابع هدف بهینه شده است، به دست آمد. جدول ۵ مقادیر بهینه طول لینک‌های سازوکار را نشان می‌دهد. شکل ۸ نحوه همگرایی الگوریتم ژنتیک را تا رسیدن به حد بهینه پایدار نشان می‌دهد که ممکن است، در اجراهای مختلف، به علت ماهیت الگوریتم ژنتیک، کمی متفاوت باشد. در این شکل، مقدار تابع هدف بر حسب تعداد تکرار (نسل) نشان داده شده و مقدار نهایی آن برابر با  $335/7891 \text{ mm/s}$  است. در ادامه، مقایسه نمودارهای جابه‌جایی، سرعت و شتاب سازوکار لنگ و لغزنده با طول‌های بهینه و طول معمول معرفی شده توسط Gotlih [۲] در شکل‌های ۹ تا ۱۱ نشان داده شده است. محدوده نفوذ سوزن برای طول‌های بهینه شده بین  $84 \leq \phi_2 \leq 64$  است. جدول ۶ مقدار مجموع سرعت سوزن را برای حالت‌های مختلف نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود، مقدار این پارامتر برای طول‌های بهینه شده در این مقاله از طول‌های معمول سازوکار لنگ و لغزنده کمتر است. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، این کاهش سرعت موجب کاهش گرمای تولید شده در سوزن و نیز کاهش



شکل ۸- مقدار تابع هدف با توجه به تعداد نسل‌های مختلف.

محرك سوزن در ماشین دوزندگی راسته‌دوز است، روش‌های ممکن برای کاهش سرعت سوزن در محدوده نفوذ بررسی شد. دو حالت کلی شامل خارج از مرکز بودن و نبودن لغزنده بررسی شد. در حالت اول که لغزنده دارای خروج از مرکز نیست، برای کاهش سرعت، تنها پارامتر  $r_3$  دچار تغییرات در محدوده مشخصی شد. در حالت دوم که لغزنده دارای خروج از مرکز است، برای کاهش سرعت همه پارامترهای طراحی را می‌توان تغییر داد. بدین منظور، از فرایند بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. مقایسه نتایج به‌دست آمده برای سرعت سوزن در محدوده نفوذ در حالت‌های مختلف حاکی از کاهش ۵٪ سرعت سوزن است.

این نتایج به‌وضوح، کارایی و قابلیت اطمینان سازوکار محرك سوزن در ماشین دوزندگی راسته‌دوز با طول‌های بهینه شده را براساس فرایند بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک توجیه می‌کند.

## مراجع

- Hurt F.N. and Tyler D.J., Influence of fabric finishing conditions on sewing needle temperature, *Clothing Res. J.*, 1, 47-52, 1973.
- Gotlih K., Lojen D.Z., and Vohar B., Optimisation of needle penetration velocity using the link drive mechanism in a sewing machine, *Fibres Text. Eastern Eur.*, 15, 66-71, 2007.
- Rao A., Optimum synthesis of a slider-crank mechanism using geometric programming, *Int. J. Numer. Method. Eng.*, 15, 1595-1602, 1980.
- Zhao Y., Qi R., and Zhao Y., Dimensional synthesis of a slider-crank mechanism based heavy-load positioner, International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA'09, IEEE, Hunan, 11-12 April, 2009.
- Erkaya S. and Uzmay İ., Optimization of transmission angle for slider-crank mechanism with joint clearances, *Struct. Mul-*
- Kao C.C., Optimal design and control of a slider-crank mechanism system, *Adv. Mater. Res.*, 487, 608-612, 2012.
- Wang S.M., Static analysis and optimization of the slide's structure of slider-crank type cluster well pumping unit (SCTCWPU), *Adv. Mater. Res.*, 694, 284-287, 2013.
- Ng T., A slider-crank experiment to determine the action of static forces, *Int. J. Mechanic. Eng. Ed.*, 31, 317-326, 2003.
- Termonia Y., Puncture resistance of fibrous structures, *Int. J. Impact Eng.*, 32, 1512-1520, 2006.
- Mccell J., Genetic algorithm for modeling and optimization, *J. Comput. Optim.*, 184, 205-222, 2005.
- Haupt R.L. and Haupt S.E., *Practical Genetic Algorithms*, John Wiley and Sons, 2nd ed., 2004.

## ضمیمه

معادلات سینماتیکی سازوکار لنگ و لغزنده معادلات حلقه بسته در شکل ۱ به صورت معادله (۱) است:

$$\vec{r}_2 + \vec{r}_3 - \vec{r}_1 = \vec{0} \quad (1)$$

با استفاده از تجزیه بردارها،  $\dot{\varphi}_3$  به‌دست می‌آید:

$$r_2 \sin(\varphi_2) + r_3 \sin(\varphi_3) - e = 0 \Rightarrow \varphi_3 = \sin^{-1} \left( \frac{e - r_2 \sin(\varphi_2)}{r_3} \right) \quad (2)$$

با مشتق‌گیری از معادله (۲)،  $\dot{\varphi}_3$  به‌دست می‌آید:

$$\dot{\varphi}_3 = - \frac{r_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2)}{r_3 \cos(\varphi_3)} \quad (3)$$

با ادامه مشتق‌گیری، شتاب زاویه‌ای به شکل معادله (۴) نوشته می‌شود:

$$\ddot{\varphi}_3 = \frac{A + B + C}{D} \Rightarrow \begin{cases} A = r_3 \dot{\varphi}_3 \sin(\varphi_3) \\ B = r_2 \dot{\varphi}_2 \sin(\varphi_2) \\ C = -r_2 \dot{\varphi}_2 \cos(\varphi_2) \\ D = r_3 \cos(\varphi_3) \end{cases} \quad (4)$$

# Optimization of Needle Driving Mechanism in Lock-Stitch Sewing Machine by Genetic Algorithm

I. Hajizadeh<sup>1</sup>, S. Ebrahimi<sup>1\*</sup>, and P. Payvandi<sup>2</sup>

(1) Department of Mechanic Engineering, (2) Department of Textile Engineering; Faculty of Engineering, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran

Received 13 February 2014; Accepted 19 March 2014

## Abstract

The stitch quality in sewing machines is greatly influenced by parameters associated with needle driving mechanism. The implementation of an optimized needle driving mechanism is of great importance with respect to the effect of needle velocity in the penetration zone, heat generation during stitching and possible damage done on the fabric. Therefore, at first the parameters of the slider-crack mechanism, typically used as the needle driving mechanism, are considered. Then, the required steps to achieve an optimized needle velocity are explained in details. For this purpose, the genetic algorithm technique is utilized. The obtained results confirm that the final needle driving mechanism reaches an optimized needle velocity in the penetration zone.

## Keywords

slider-crank mechanism,  
optimization,  
needle velocity,  
sewing machine,  
genetic algorithm

(\* ) Address Correspondence to S. Ebrahimi, Email: ebrahimi@yazd.ac.ir