

بهینه‌سازی متغیرهای ماشینکاری با استفاده از الگوریتم

چند متغیره ژنتیک میکرو

احسان سوری^۱، رامین نریمانی^۲، احسان روحانی اصفهانی^۳

تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، گروه ساخت و تولید
e_soury@yahoo.com

چکیده

انتخاب مناسب متغیرهای برش در ماشینکاری یکی از مسائل مهم در انجام این فرآیند است. در این مقاله روش جدیدی برای انتخاب این متغیرها در گردتراشی فولاد استفاده شده که الگوریتم چند متغیره ژنتیک میکرو است. بدین ترتیب که سرعت برشی، پیشروی، عمق برش و هندسه ابزار به عنوان متغیر تعریف شده‌اند و معیارهای بهینه‌سازی عبارتند از صافی سطح و عمر ابزار. بدین منظور آزمایش‌های عملی ماشینکاری انجام گردید و الگوریتم بهینه‌سازی مربوطه با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک نوشته شد که بوسیله‌ی آن متغیرهای بهینه انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: فرآیند ماشینکاری - بهینه‌سازی - الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

انتخاب متغیرهای بهینه برش از قبیل عمق برش، پیشروی و سرعت برشی یک موضوع مهم در هر فرآیند ماشینکاری است. در یک عملیات کارگاهی این متغیرها از جداول استاندارد و یا هندبوک‌ها انتخاب می‌شوند، ولی اعداد موجود در این مراجع فقط برای شروع کار مناسب است و لزوماً اعداد بهینه نیستند. [1-]
بهینه‌سازی متغیرهای برش معمولاً یک کار سخت است [2-] زیرا نیازمند دانش ماشینکاری و روابط تجربی بین متغیرهای برش از قبیل نیروها، حجم تولید، کیفیت سطح ماشینکاری و غیره و همچنین دانش ریاضی الگوریتم‌های بهینه‌سازی است [3-]. روش مرسوم مطالعه بر روی متغیرها به منظور بهینه‌سازی به این ترتیب است که همه‌ی پارامترها را ثابت در نظر می‌گیرند و فقط یک پارامتر را تغییر می‌دهند و همین کار را برای پارامترهای دیگر هم تکرار می‌کنند که این روش دارای اشکالاتی است؛ از جمله اینکه اثرات متقابل بین متغیرها را در نظر نمی‌گیرد [4-].
در روش‌های بهینه‌سازی‌ای که چند متغیر با هم تغییر می‌کنند هم معمولاً مشکل دیگری وجود دارد که معیار بهینه‌سازی، یک پارامتر است که یا باید کمینه شود و یا بیشینه [5-]. برای رفع این دو مشکل در این مقاله از الگوریتم

۱- دانشجوی دکتری ساخت و تولید دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران - دانشکده فنی و مهندسی اراک

۳- کارشناس ارشد ساخت و تولید از دانشگاه تربیت مدرس

بهینه‌سازی چند متغیره‌ی ژنتیک میکرو^۱ که توسط کوئیلو [6-] ارائه شده، استفاده شده است که می‌تواند همزمان دو پارامتر را که اثرهای مخالف دارند با تغییر چندین متغیر، بهینه کند. از این الگوریتم استفاده‌های دیگری هم شده است؛ از جمله در طراحی و بهینه‌سازی سازه‌ی ماشین‌ابزار [7-] و در طراحی مقاطع پروفیل پالت [8-].

برای بهینه‌سازی یک فرآیند ماشینکاری به عوامل زیادی می‌توان توجه داشت که بستگی به نوع کار و خواسته‌ی مشتری دارد. به عنوان مثال اگر فرآیند خشن‌کاری باشد کیفیت پرداخت سطح مهم نیست و چیزی که مهم است میزان براده‌ای است که برداشته می‌شود که هرچه میزان آن بیشتر باشد بهتر است. این براده‌برداری تا جایی ادامه پیدا می‌کند که عمر ابزار به پایان برسد. ولی در فرآیند پرداخت‌کاری موضوع مهم کیفیت پرداخت سطح است که نباید از مقدار خاصی بیشتر شود. به همین دلیل باید بین این دو معیار یعنی کیفیت سطح و عمر ابزار و متغیرهای برش به نحوی ارتباط برقرار کرد که با داشتن بهترین کیفیت سطح همزمان عمر ابزار بیشتری هم داشت.

۲- روش تحقیق

قطعه‌کار

قطعه‌ای که برای آزمایش انتخاب شد، استوانه‌ای از جنس فولاد ST-37 با قطر اولیه‌ی ۴۵ میلیمتر و طول ۴۰۰ میلیمتر بود.

ماشین‌ابزار

برای تراشکاری از یک دستگاه گردتراش ۲/۵ متری روسی استفاده شد. جنس ابزار برشی، فولاد تندبر (HSS) بود که دارای زاویه‌ی آزاد ۶ درجه، زاویه‌ی تمایل صفر درجه و زاویه‌ی تنظیم ۹۰ درجه بود و اندازه زاویه‌ی براده‌ی آن جزء متغیرهای برش بود و در طول کار تغییر می‌کرد.

طراحی آزمایش

برای بررسی همزمان تاثیر متغیرهای برش که عبارتند از سرعت برشی، پیشروی، عمق برش و زاویه‌ی براده، نیاز به طراحی آزمایش است که با استفاده از روش تاگوچی^۲ [9-] و به کمک نرم‌افزار مینی‌تب^۳ انجام شد. برای این منظور سه متغیر اول در سه سطح و متغیر زاویه‌ی براده در دو سطح تغییر داده شد. حدود این سطح‌ها طوری انتخاب شد که اعدادی که استاندارد برای متغیرها معرفی می‌کند در داخل آنها قرار گرفته باشد. نتیجه‌ی کار به صورت زیر شد:

۳۳	≤	سرعت برشی (دقیقه/متر)	≤	۱۷
۰/۱۷	≤	پیشروی (دور/میلیمتر)	≤	۰/۰۹
۰/۶	≤	عمق برش (میلیمتر)	≤	۰/۲
۱۴	≤	زاویه براده (درجه)	≤	۰

در همه‌ی مراحل کار سرعت دورانی از رابطه (۱) برای قطر قطعه‌کار (به میلیمتر) و سرعت‌های طراحی شده، بدست آمده است که در این رابطه D قطر قطعه کار، V سرعت برشی و N سرعت دورانی برحسب دور بر دقیقه است.

$$N = \frac{1000V}{\pi D} \quad (1)$$

نتیجه‌ی کار طراحی آزمایش، ۱۸ آزمایش مختلف بود که در هرکدام از آنها متغیرهای ذکر شده به نحوی تغییر می‌کردند و خروجی هر آزمایش کیفیت سطح به صورت Ra و عمر ابزار بود. کیفیت سطح با دستگاه SurfScan اندازه‌گیری شد. مبنای

^۱ . Micro Genetic Algorithm for Multi Objective Optimization

^۲ . Taguchi

^۳ . MiniTab

عمر ابزار در اینجا مقدار حجمی از قطعه کار در نظر گرفته شد که به ازای آن کیفیت سطح قطعه کار ۱/۵ برابر شود. و برای اینکه انتخاب مناسب به صورت کمیت کمینه باشد، معکوس این مقدار برحسب مترمکعب در نظر گرفته شد که طریقه‌ی محاسبه‌ی آن به صورت رابطه‌ی (۲) است.

$$1/v = \frac{1}{\pi \times D \times d \times L \times 10^3} \quad (2)$$

که در آن v حجم براده برداشته شده، D قطر قطعه کار، d عمق برش و L طولی از قطعه کار است که طی ماشینکاری آن کیفیت سطح ۱/۵ برابر شده است.

۳- نتایج و بحث

پس از انجام آزمایش‌ها، نتایج کار به صورت جدول شماره ۱ شد.

جدول ۱- آزمایش‌های ماشینکاری انجام شده و نتایج مربوطه

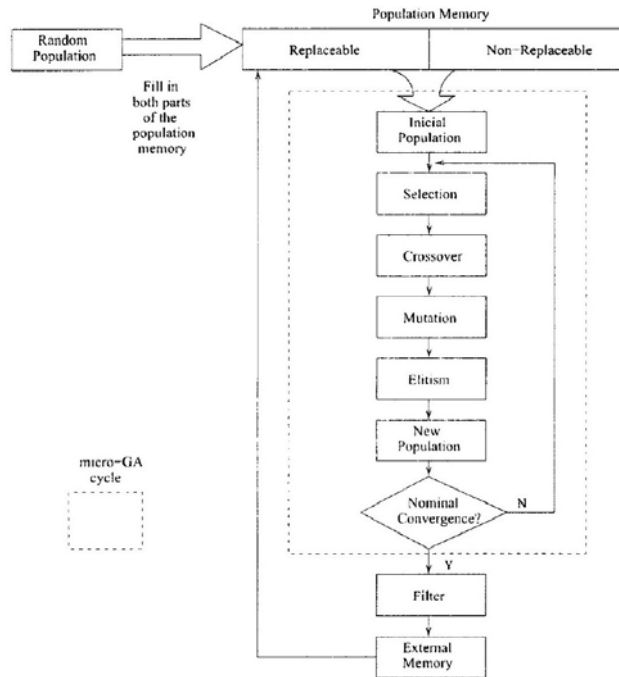
شماره آزمایش	سرعت برشی	پیشروی	عمق برش	زاویه براده	کیفیت سطح	معیار عمر ابزار
۱	۱۷	۰/۰۹	۰/۲	۰	۶/۵۳	۴۱/۱۷۶
۲	۱۷	۰/۱۳	۰/۴	۰	۷/۱۵	۳۷/۷۰۳
۳	۱۷	۰/۱۷	۰/۶	۰	۸/۱	۳۵/۲۹۵
۴	۲۵	۰/۰۹	۰/۲	۰	۷/۲۱	۴۴/۵۳۹
۵	۲۵	۰/۱۳	۰/۴	۰	۷/۰۵	۳۳/۰۸۷
۶	۲۵	۰/۱۷	۰/۶	۰	۶/۸۱	۲۹/۲۷۷
۷	۳۳	۰/۰۹	۰/۴	۰	۵/۷۹	۴۸/۱۷۹
۸	۳۳	۰/۱۳	۰/۶	۰	۶/۰۲	۴۳/۰۹۶
۹	۳۳	۰/۱۷	۰/۲	۰	۵/۷۱	۳۶/۸۶۸
۱۰	۱۷	۰/۰۹	۰/۴	۱۴	۵/۵۳	۵۳/۵۷
۱۱	۱۷	۰/۱۳	۰/۲	۱۴	۵/۴۹	۲۰/۶۰۷
۱۲	۱۷	۰/۱۷	۰/۲	۱۴	۶/۰۲	۷۵/۴۴۹
۱۳	۲۵	۰/۰۹	۰/۴	۱۴	۳/۲۱	۴۵/۷۱۴
۱۴	۲۵	۰/۱۳	۰/۶	۱۴	۴/۱	۳۷/۷
۱۵	۲۵	۰/۱۷	۰/۲	۱۴	۳/۵۵	۵۵/۶۹۸
۱۶	۳۳	۰/۰۹	۰/۶	۱۴	۲/۴۸	۷۰/۸۷۲
۱۷	۳۳	۰/۱۳	۰/۲	۱۴	۲/۲۵	۸۱/۹۰۷
۱۸	۳۳	۰/۱۷	۰/۴	۱۴	۲/۵۴	۶۱/۹۷۷

پس از رگرسیون گرفتن از نتایج بدست آمده، نتیجه‌ی کار دو تابع هدف به صورت دو رابطه (۳) برای کیفیت سطح و (۴) برای عمر ابزار شد.

$$R = 9.71 - 0.148V + 4.12f + 0.403d - 0.199\gamma \quad (3)$$

$$A = 26.2 + 0.901V - 20f - 18.4d + 1.17\gamma \quad (4)$$

که R نمایشگر تابع کیفیت سطح و A نشاندهنده عمر ابزار طبق تعریف مربوطه است که هرچه عدد کوچکتری باشد یعنی عمر ابزار بیشتر است. همچنین γ همان زاویه‌ی براده را نشان می‌دهد. برای بهینه کردن نتایج بدست آمده و انتخاب بهترین شرایط برای متغیرهای ماشینکاری، با استفاده از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک و با استفاده از فلوجارت شکل ۱، برنامه‌ی الگوریتم بهینه‌سازی چندمتغیره‌ی ژنتیک میکرو نوشته شد که تصویر صفحه‌ی کاری آن برای این کار تحقیقی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱ - فلوجارت الگوریتم ژنتیک میکرو [6]-

Multiobjective optimization with micro_genetic algorithm

Type of Functions:
 Exponential $[y = \exp(\ln(A \cdot x_1^a + x_2^b + \dots + x_n^g \cdot h^i))]$
 Linear $[A + a \cdot x_1 + b \cdot x_2 + \dots + g \cdot x_7 + h \cdot x_8]$

Objectives:
 $F1 = 9.71 + .148 \cdot x_1 + 4.12 \cdot x_2 + .403 \cdot x_3 + .199 \cdot x_4$
 $F2 = 26.2 + .901 \cdot x_1 + .20 \cdot x_2 + .18.4 \cdot x_3 + 1.17 \cdot x_4$

Number of variables: 4

Variables	Minimum	Maximum	Resolution
x1:	17	33	0.1
x2:	.09	.17	0.1
x3:	.2	.6	0.1
x4:	0	14	0.1

Memory:
 Size of the population memory: 50
 Size of the external memory: 100

Mutation rate: 0.03
 Elitism

Iteration:
 Number of iteration: 1000
 Number of iteration of the micro_GA: 4
 (To achieve nominal convergence)

Percentage of non_replaceable memory: 0.3
 Replacement cycle at every 50 iterations

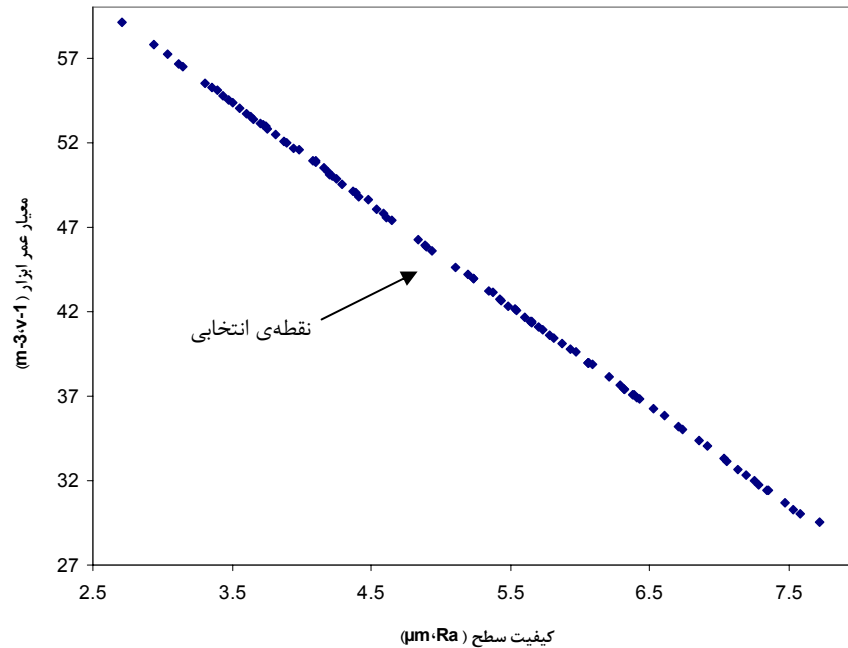
Result:
 Please enter the number of chromosome: 21
 Calculate

The variables are: x1=17.62, x2=0.09, x3=0.6, x4=13.12

2007/11/19 11:20:54 ??
 Exit
 Written by: Ehsan Rouhani
 Ehsan_Rouhani2004@yahoo.com

شکل ۲ - نرم افزار تهیه شده برای بهینه سازی چند متغیره

روش کار نرم افزار تهیه شده به این ترتیب است که دو تابع بدست آمده برای کیفیت سطح و عمر را در قسمت اول وارد کرده و با دادن حدود متغیرها در قسمت بعد و انجام محاسبه توسط برنامه، نمودار نقاط بهینه رسم می شود که به صورت نمودار ۱ بدست آمد.



نمودار ۱ - نقاط بهینه حاصل از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک میکرو

همه نقاط این نمودار بهینه هستند و با توجه به نوع کار و درخواست مشتری، اگر کیفیت سطح مهم باشد اعداد نقاط با عدد کیفیت سطح پایین، انتخاب مناسبی هستند و اگر عمر ابزار اهمیت داشته باشد (بیشتر در عملیات خشن کاری) از نقاط با معیار عمر کم (میزان عمر بالا) استفاده می‌شود. اگر بخواهیم هر دو مورد بهینه باشند بهتر است از نقاط میانه‌ی نمودار استفاده کنیم. در هر صورت با انتخاب یک نقطه و دی‌کد کردن آن در قسمت انتهای برنامه، اعداد مربوط به متغیرهای آن مشخص خواهد شد که در این حالت اعداد بهینه به صورت جدول ۲ بدست آمد.

جدول ۲ - نتایج دی‌کد کردن یک نقطه‌ی بهینه

معیار عمر ابزار	کیفیت سطح	زاویه براده	عمق برش	پیشروی	سرعت برشی
۴۴/۵۹۴	۵/۱۰۲	۱۳/۱۲	۰/۶	۰/۰۹	۱۷/۶۲

۴- نتیجه‌گیری

نتایجی که از این مقاله می‌توان گرفت به طور خلاصه عبارتند از:

- انتخاب متغیرهای برش در ماشینکاری معمولاً مشکل است که نیازمند آزمون‌های تجربی و انجام عملیات بهینه‌سازی است.
- الگوریتم بهینه‌سازی چند متغیره‌ی ژنتیک میکرو ابزار قدرتمندی برای انجام کارهای بهینه‌سازی با چند معیار بهینه است.
- برای بهینه‌سازی پارامترهای مهم در ماشینکاری مثل کیفیت سطح و عمر ابزار که با تغییر در سرعت برشی، پیشروی، عمق برش و زاویه‌ی براده بدست می‌آیند، می‌توان از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک استفاده کرد.

مراجع

- 1-- Dereli, D., Filiz, I.H., Bayakosoglu, A., 2001. "Optimizing cutting parameters in process planning of prismatic parts by using genetic algorithms". International Journal of Production Research 39 (15), 3303–3328.
 - 2-- Kumar, R., Kumar, V., 2000. "Optimum selection of machining conditions in abrasive flow machining using neural networks." Journal of Material Processing Technology 108, 62–67.
 - 3-- So nmez, A.I., Baykasoglu, A., Dereli, T., Filiz, I.H., 1999. "Dynamic optimization of multipass milling operation via geometric programming." International Journal of Machine Tools & Manufacturing 39, 297–320.
 - 4-- Sardinas, R.Q, Sanata, M.R., Brindis, E.A., 2006. "Genetic algorithm-based multi-objective optimization of cutting parameters in turning processes." International Journal of Engineering Applications of Artificial Inteligence 19, 127–133.
- نریمانی، ر.، خوشکیش، ح.، ابره‌دری، م.ج. و سوری، ا.، "بررسی تاثیر سرعت برشی (سرعت دورانی) بر کیفیت سطح آلومینیوم‌های گروه ۶۰۰۰ در گردتراشی"، اولین همایش ملی صنعت آلومینیوم ایران، آذرماه ۱۳۸۳ دانشگاه علم و صنعت ایران.
- 6-- Coello C.A. and Toscano G.A., 2001, MicroGenetic algorithm for multi objective optimization, First international conference on evolutionary multi-criterion optimization, NewYork.
- روحانی، ا.، ناطق، م.ج. و عبدالله، ا.، "طراحی و بهینه‌سازی سازه ماشین الکتروشیمیایی (ECM)"، پانزدهمین کنفرانس سالانه (بین‌المللی) مهندسی مکانیک، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ۱۳۸۶.
- سوری احسان، بهروش، ا.ح.، "طراحی، بهینه‌سازی و ساخت پالت‌های از جنس کامپوزیت چوب- پلاستیک"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، شهریور ۱۳۸۶.
- 9-- Ross P.J, 1988, Taguchi technique for quality engineering, Newyork, McGraw Hill.