

بهینه سازی در مدیریت برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی با تعیین کوتاه ترین مسیر حرکت بدون برخورد با موانع

دکتر محمد علی رهبری عصر^۱

چکیده

این پژوهش یک الگوریتم را برای حل مشکل محاسبه مسیر های حرکت غیر بهینه ابزارهای برشی در حضور موانع موجود در برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی ابداع و مورد استفاده مدیران تولید قرار میدهد. برای انجام این کار، ابتدا یک مسیر بهینه و بدون برخورد با موانع، ما بین نقاط داده شده (مبداء و هدف) و در یک فضای $R^2(x,y)$ تعیین می شود. وقتی که یک قطعه کار در حد فاصل یک سری از نقاط تعیین شده قرار می گیرد، ثابت شده است که یک مسیر بهینه بین این نقاط فقط از طریق یک سری خطوط مستقیم که این نقاط را به هم متصل می سازند می تواند تشکیل شود، به شرطی که نقاط انتهایی خطوط مابین، گوشه های یک چند ضلعی متناسب (مانع کنترل کننده مسیر) را با اضلاع بسته قطع کند. در این پژوهش فقط یک هدف و یک مانع (barrier) برای حل مسئله در نظر گرفته شده است. این روش از طریق برنامه های نرم افزاری مناسب قابل اجراست.

^۱ - استاد یار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز (Rahbry_ma@yahoo.co.uk)

واژه های کلیدی:

مدیریت برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی، چند ضلعی، مسیر های بهینه، مانع کنترل، نقاط کنترل، کوتاه ترین مسیر، رویت پذیری نقاط، مسیر های بدون تداخل، تقویت کلی و موضعی

مقدمه

مطالعه سیستم ماشین های ابزار تولیدی کنترل عددی نشان می دهد که عوامل متعددی در عدم بهینه سازی زمان تولید وجود دارد. از آنجایی که بازده تولید مستقیماً با زمان تولید در ارتباط است نیاز و علاقمندی برای کاهش آن نیز همیشه مورد توجه مدیران برنامه تولید بوده است. یکی از عوامل موثر در بوجود آمدن مسیر های غیر بهینه و طولانی حرکت غیر بهینه نوک ابزار است.

بنابر این هدف اصلی این مقاله ابداع و توسعه یک الگوریتم جدید و قابل اجرا برای محاسبه مسیر های حرکت نوک ابزارهای برشی عاری از تصادفات با موانع و حرکت بصورت بهینه می باشد که امکان کاهش زمان ماشین کاری را نیز داراست. مسئله ایجاد مسیر های کوتاه و بدون تصادف با موانع ما بین نقاط تعیین شده در فضا نظرات زیادی را در گذشته به خود جلب نموده است. اما اسناد موجود در ارتباط با این موضوع در کل نادر و کمیاب است و امکان مطالعه نتایج آنها موجود نمی باشد. بعضی از این الگوریتم ها هم که قابل دسترسی هستند نتایج داده شده خود را بصورت کامپیوتری نمی توانند برای اجرا اعمال کنند و یا برای مسائل کاربردی قابل استفاده نمی باشند.

بعضی از آثار منتشر شده در این ارتباط و یکی از جدیدترین ترین آنها (Kirk & Lim, 2006, 290-294)، که ناشر سعی داشته است مشکل جابجایی یک وسیله نقلیه فضایی را در کره مریخ مورد مطالعه قرار دهد. یکی دیگر نیز (Toh, 2008) استراتژی بهینه سازی مسیره های برشی را در ماشین ابزارها مورد

مطالعه قرار می دهد. شاکر و لوملسکی: (Shkel & Lumelsky, 2001, 179-202) مسئله پیدا کردن مسیرهای کوتاه و آرام را ما بین دو نقطه در فضا برای کاربرد روباتها مورد توجه و مطالعه قرار داده است. همچنین (Vaccaro, 1994) سعی بر حل مسئله مسیریابی اتومبیل ها را داشته است.

وانگدل پولوک و وودوارد (Wang, Pollock, 1994, 46-49) تعیین مسیرهای کوتاه را ما بین دو نقطه با موانع چند ضلعی در لوله کشی کشتی ها مورد تحقیق و بررسی قرار می دهد. لارسون و لی (Larson, Li, 1983, 652-) (669) اجازه داده اند که چند ضلعی ها بصورت اشکال محدب و یا غیر محدب باشند اما فقط وضعیت مستطیلی (L_3) را مورد مطالعه قرار داده است. ویآگو (Viegas, 1999) یک الگوریتم $O(n^3)$ را برای تعیین کوتاه ترین شبکه مسیر ها در قالب ارزیابی جابجایی اشخاص در پیادرو ها از منزل به مکان های عمومی در شهر با استفاده از قانون فاصله اقلیدس معرفی می نماید.

فرضیات و فرمولاسیون مسئله

در فرایند ماشینکاری لازم است که نوک ابزار از نقطه شروع به نقطه ای دیگر از طریق یک مسیر و در یک سطح دو بعدی عبور کند بدون آنکه با موانع سر راه تصادفی داشته باشد. اگر در این حرکت بیشتر از یک مسیر موجود باشد که معمولاً نیز است، بنابراین کوتاه ترین مسیر حرکت باید انتخاب گردد. در این راستا فرضیات ذیل مورد توجه قرار می گیرند:

۱- فقط مورد یک مبدا و هدف و مانع در صفحه R^2 مورد توجه قرار گرفته است. ولی در هر حالت تکنیک و روش پیشنهادی می تواند برای بیش از یک مانع و مبدا و هدف توسعه داده شود، و حتی امکان توسعه روش در یک سطح سه بعدی نیز وجود دارد.

- ۲- تمامی محدوده ها (فضا و یا مانع) شامل خطوط بصورت خطوط مستقیم می باشند.
- ۳- ضروریست که کوتاه ترین فاصله ما بین مبدا و هدف با هیچ مانعی برخورد نکند.
- ۴- موانع مورد نظر از اشکال چند ضلعی محدب و یا غیر محدب خواهند بود.
- ۵- هیچ نقطه ای از مبدا یا هدف در داخل محدوده مانع قرار نخواهد گرفت.
- ۶- مسیر نباید با موانع برخورد داشته باشد.

روش ارائه شده

اساس تحقیق و بررسی در بدست آوردن یک مسیر بهینه مابین یک سری از نقاط (مبدا و هدف) به دو بخش اصلی و فرعی تقسیم می شود که هر کدام بصورت مجزا مورد مطالعه قرار می گیرند. یک سری از نقاط مبدا؛ $O = \{o_1\}$ و نقاط هدف؛ $D = \{d_1\}$ در صفحه R^2 و یک سری موانع؛ $B = \{b_1\}$ معرفی میشوند. اضافه میشود که قبل از هر عمل تحلیلهای لازم برای بدست آوردن مسیرهای بهینه در ارتباط با هر یکی از نقاط ضروریست تا بتوانیم مسئله را بصورت شبکه ای یا ماتریسی نمایش دهیم. برای این منظور لازم است که خطوط کنترل را به موازات محدوده موانع در محل و به منظور تعریف واژه (مانع کنترل) ترسیم کنیم. نقاط کنترل در روی مانع کنترل تنها نقاط شناسایی شده ای خواهند بود که یک مسیر بهینه می تواند از روی آنها عبور کند.

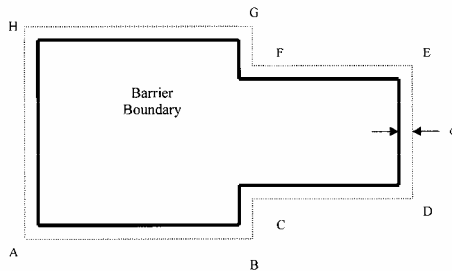
بطور هندسی یک (نقطه کنترل) را میتوان به عنوان نقطه تقاطع دو خط مستقیم تعریف نمود بطوریکه این نقاط، تشکیل دهنده یک چند ضلعی به عنوان مانع کنترل، محدوده یک مانع را تشکیل دهند و محدوده این چند ضلعی به اندازه d و به طور موازی در مجاورت آن مانع قرار گرفته باشد. شکل (۱) تولید این نوع نقاط کنترل را نشان می دهد؛

A,B,C,D,E,F,G,H برای یک چند ضلعی.

یک مانع که توسط "نقاط کنترل" تعریف شده است با کلمه "b" نشان داده میشود: مانع کنترل تعریفی است از لیست نقاط تشکیل دهنده؛

$$V_b = \{V_0, V_1, V_2, V_3, \dots, V_m\}$$

بطوریکه $(m+1)$ نشان دهنده تعداد نقاط در مانع خواهد بود. این لیست مرتبط است به نقاط پی در پی از یک نقطه مانع به نقطه دیگر است.



شکل ۱- نقاط کنترل برای یک چند ضلعی بسته

ویژه گی های یک مسیر بهینه شده

چند تئوری معرفی می شوند:

۱- یک نقطه از نقطه دیگر قابل رویت خواهد بود [۸] اگر و اگر فقط یک خط مستقیم این نقاط را به هم وصل کرده و از مانعی عبور نکند. این تئوری برای حل مسئله رویت نقاط از همدیگر به عنوان یک مسئله علمی مهم خواهد بود و اهمیت آن در روش تعیین "رویت پذیری" یک نقطه از همدیگر ضروریست. حال یک تکنیک برای این منظور معرفی می گردد. شکل (۲) را در نظر بگیرید. پاره خط $[P_1-P_2]$, نقاط P_1 را به P_2 متصل می کند و یک "خط

کنترل" یا یک "خط مرزی" را تشکیل می دهد. پس بنابر این می توان گفت خطی که P_1 را به P_2 متصل می کند شامل تمامی نقاط (x, y) خواهد بود بطوریکه:

$$x = \alpha x_{p1} + (1 - \alpha)x_{p2} \quad (1)$$

$$y = \alpha y_{p1} + (1 - \alpha)y_{p2}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \quad \text{بشرطی که:}$$

مشابحا خطی که "i" و "j" را به هم وصل می کند شامل تمامی نقاط (x, y) خواهد بود بطوریکه:

$$x = \beta x_i + (1 - \beta)x_j \quad (2)$$

$$y = \beta y_i + (1 - \beta)y_j$$

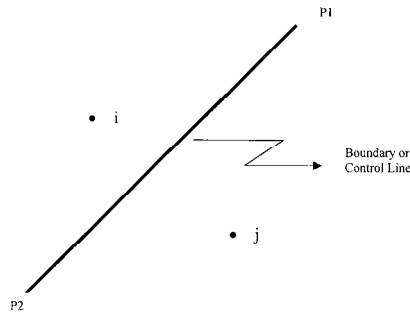
$$0 \leq \beta \leq 1 \quad \text{بشرطی که:}$$

با حل معادلات (۱) و (۲) بصورت همزمان برای α و β خواهیم داشت:

$$\beta = \frac{(x_{p2} - x_j)(y_{p1} - y_{p2}) - (y_{p2} - y_j)(x_{p1} - x_{p2})}{(x_i - x_j)(y_{p1} - y_{p2}) - (y_i - y_j)(x_{p1} - x_{p2})}$$

$$\alpha = \frac{(x_{p2} - x_j)(y_i - y_j) - (y_{p2} - y_j)(x_i - x_j)}{(x_i - x_j)(y_{p1} - y_{p2}) - (y_i - y_j)(x_{p1} - x_{p2})}$$

برای اینکه "i" و "j" از هم دیگر قابل رویت نباشند هر دو شرایط: $0 < \alpha < 1$ و $0 < \beta < 1$ لازم است.



شکل ۲- خط مرزی برای حل رویت پذیری نقاط از همدیگر

برای بقیه مقادیر α و β ، "i" و "j" قابل رویت خواهند بود، بطوریکه:

$$(X_i - X_j) \times (Y_{p1} - Y_{p2}) - (Y_i - Y_j) \times (X_{p1} - X_{p2}) = 0$$

بنابر این خطوط موازیند و حد تقاطع وجود نخواهد داشت و "i" و "j" قابل رویتند.

۲- خط "Li" در شکل (۳) بطور موضعی مانع "b" (چند ضلعی بسته) را تقویت می کند زیرا:

الف) خط "Li" حداقل یک نقطه از "b" را شامل است (P_1).
 ب) کلیه نقاط مربوط به محل تقاطع یک دایره کوچک اختیاری "C" به شعاع "r" و مرکز "Pj"، با خط Li شکل (۳)، به یکی از دو طرف صفحه تقسیم شده توسط این خط، خواهد بود که با در نظر گرفتن جهت مسیر حرکت بررسی می شود. اگر جهت (-) باشد سپس تقاطع نقاط باید در طرف چپ نیم صفحه و در غیر اینصورت در جهت راست نیم صفحه خواهند افتاد.
 خط "Li" یک خط تقویت کننده موضعی برای مانع در نقطه P_1 به شمار می رود. نقاط تقاطع "x1" و "x2" هر دو در یک سمت خط Li (سمت چپ نیم صفحه) قرار دارند.

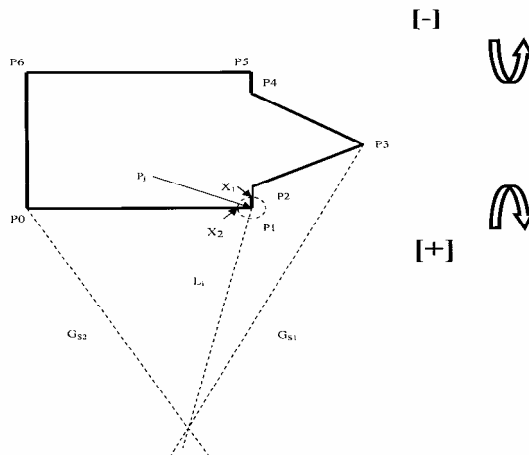
۳- خط "Gs1" بطور کلی مانع "b" را تقویت خواهد کرد زیرا که:

الف) خط "Gs1" حداقل یک نقطه از مانع "b" را شامل است، (P3).

ب) خط "Gs1" شرط (۲) را ارضا می کند و بنابراین بطور موضعی مانع "b" را در نقطه (P3) تقویت خواهد کرد.

پ) تمامی نقاط مانع "b" بر روی یا در یک طرف خط خواهند بود.

خط "Gs1" بطور کلی خط مانع "b" را در نقطه "P3" تقویت میکند و همچنین این خط را بصورت موضعی در نقطه "P3" تقویت می کند (اسکن در جهت (-))، بطوریکه نقاط P0 و P1 و P2 و P3 و P4 و P5 و P6 در یکی از دو جهت خط Gs1 افتاده باشند. خط Gs2 همچنین بطور کلی مانع "b" را در نقطه P0 تقویت می کند (اسکن در جهت (-)). با توجه به وضعیت مورد بحث بالا می توان نظر داد که هر سطح x/y و در یک محیط (R^2) و در حضور یک نقطه و یک مانع، فقط و فقط دو خط کلی برای تقویت مانع می تواند وجود داشته باشد (Gs1, Gs2)، همانطوریکه در نمودار (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- تقویت موضعی و کلی خطوط مانع

تئوری مسئله

وقتی که فاصله ها توسط تئوری مسافت اقلیدس اندازه گرفته شوند هر مسیر بهینه شده شامل یک سری از خطوط بریده بریده مستقیم تشکیل خواهد یافت بطوریکه:

الف) X_0 نقطه مبدا بوده

ب) X_d نقطه هدف بوده

پ) V_j تشکیل شده از متغیرهای $j=0,1,2,\dots,k$ ، نقاط مانع $b(j)$ خواهد بود بطوریکه کوتاه ترین مسیر، نقاط X_0 و X_d را به هم اتصال میدهد و مانع (b) را در نقاط یا گوشه های هندسی خود قطع کند. به شرطی که تقاطع نقطه دومی خط مربوطه نیز باشد.

اثبات قضیه

با توجه به اینکه کوتاه ترین مسیر شامل یک خط مستقیم ما بین دو نقطه قابل رویت از همدیگر است، سه خط متوالی:

$[X_0, X_{j+1}]$ و $[V_{j+1}, V_{j+2}]$ و $[V_{j+2}, X_d]$ را در نظر بگیرید- همانطور که در نمودار (۴) نشان داده شده است. این مسیر بصورت غیر خطی فرض شده است در غیر این صورت V_{j+1} و V_{j+2} بی اثر خواهند بود و شاید هم بطور کلی از مسیر حذف گردند.

حال نقاط X'_1 و X''_1 و X'_2 و X''_2 را در یک فاصله دلخواه و کوچک

($r > 0$) در نظر بگیرید که شامل خطوط:

$[X_0, X'_1]$, $[X'_1, X''_1]$, $[X''_1, X'_2]$, $[X'_2, X''_2]$, $[X''_2, X_d]$ - که یک مسیر

کوتاه تر از مسیر $[X_0, V_{j+1}]$, $[V_{j+1}, V_{j+2}]$, and $[V_{j+2}, X_d]$ خواهد بود.

این مسئله صحیح است بدلیل عدم تساوی الاضلاع بودن مثلث. بنابراین کوتاه ترین

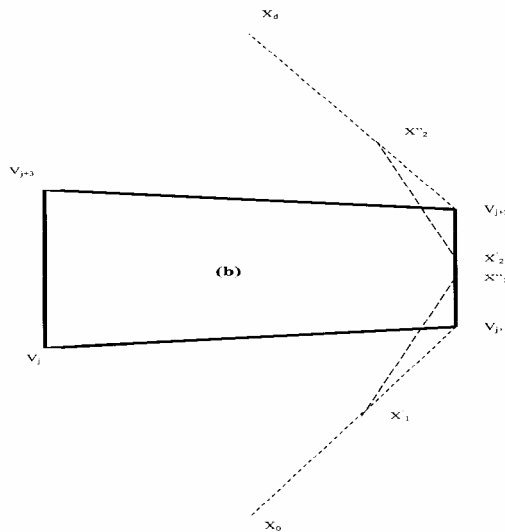
مسیر شامل خطوط: $[X_0, X'_1]$, $[X'_1, X''_1]$, $[X''_1, X'_2]$, $[X'_2, X''_2]$, $[X''_2, X_d]$

نمی‌تواند قابل قبول باشد و باید حذف گردد. مسیر قبلی با نقطه X_1' جزئی از خط: $[X_0, V_{j+1}]$ و X''_1 و $[V_{j+1}, V_{j+2}]$ کلا در یک نیم صفحه قرار گرفته و توسط خط $[X_0, V_{j+1}]$ بوقوع پیوسته است و همچنین نقاط مانع (b) در یک سوی نیم صفحه قرار گرفته است.

بنابر این می‌توان گفت که خط $[X_0, V_{j+1}]$ مانع (b) را در نقطه V_{j+1} کلاً تقویت می‌کند و می‌توان همچنین تایید کرد که تنها مسیر بهینه و قابل توجیح که نقطه X_0 را به X_d متصل می‌کند شامل خطوط شکسته:

$[X_0, V_{j+1}]$, $[V_{j+1}, V_{j+2}]$, and $[V_{j+2}, X_d]$.

خواهد بود.



شکل ۴- کوتاه ترین مسیر و مانع b برای حل تئوری

حل مسئله

نقاط کنترل را به تعداد N_b انتخاب کرده و بگذارید (X_{ib}, Y_{ib}) مختصات

نقطه کنترل i_{th} باشد، بطوریکه:

$$i_b = 1, 2, 3, \dots, N_b$$

طبق تعریف، نقطه O_b به عنوان نقطه مبدا و نقطه d_b به عنوان نقطه هدف تعیین می شوند. نقاط O_b و d_b را می توان از همدیگر قابل رویت خواند اگر یک خط مستقیم این خطوط را بطوری به هم متصل سازد که خطوط هیچ محدوده ای را از خطوط کنترل قطع نکنند. (تئوری تست قابلیت رویت نقاط از همدیگر). اگر O_b و d_b قابل رویت باشند سپس میتوان به راحتی مسیر را تعیین کرد بطوریکه خط شامل یک خط مستقیم $[O_b, d_b]$ خواهد بود. بنابر این مسئله حل خواهد شد. در غیر این صورت فاصله r_{ib} را باید از O_b و d_b به هر نقطه (P_{ib}) جزئی از X_b ، محاسبه کرد، جایی که X_b با سری نقاط مانع در ارتباط خواهد بود:

$$X_b = \{ P_1, P_2, P_3, \dots, P_{nb} \}$$

$$R_{ob} = \{ r_{1b}, r_{2b}, r_{3b}, \dots, r_{mb} \}$$

$$R_{db} = \{ r_{1b}, r_{2b}, r_{3b}, \dots, r_{mb} \}$$

سری نقاط R_{ob} ، در ارتباطند با سری مسافتهایی که با O_b در ارتباطند، و همچنین با نقاط در $-X_b$ و سری نقاط R_{db} مرتبطند به d_b و همچنین به نقاط در X_b . اجازه دهید r_o یک مسافت کوتاه در ارتباط با O_b و r_d یک مسافت کوتاه در ارتباط با d_b باشد. حال نقاط مربوط به این اعضا را از سری X_b محاسبه کرده و بگذارید که این ها بصورت P_o و P_d تعریف شوند.

فاز اسکن

در این مرحله اسکن نقاط در جهت ساعتگرد و بعد پادساعتگرد برای نقاط O_b و d_b به ترتیب از نقطه ای بر روی مانع برای تعیین کوتاه ترین مسیر یعنی (r_o, r_d) و نقاط مرتبط با این مسیری یعنی (P_o, P_d) انجام می گیرد. حال نقاط

تقویت کننده کلی را محاسبه می کنیم ، یعنی سری (Gdb, Gob). در هر دو جهت (+) و (-) برای هر دو نقطه Ob و db داریم:

$$G_{ob} = \{P_i\} \text{ و } G_{db} = \{P_i\}$$

اگر سری مسیرهای G_{ob} و G_{db} یک عضو مشترک داشته باشند و فرض شود که P_i عضو مشترک آنها باشد و سپس همان نقطه را بررسی می کنیم. نقاط O_b را به P_i و d_b متصل می سازیم، فقط در وضعیتی که نقطه P_i قابل رویت باشد. سری نقاط مربوطه باید بصورت ذیل محاسبه گردند:

$$S_b = \{O_b, P_i, d_b\}$$

اگر شرایط حاضر برای این سری نقاط قابل پذیرش نباشد اسکن نقاط برای مسیر بهینه دوباره انجام میگیرد.

در این وضعیت عملیات اسکن باید در هر دو جهت ساعتگرد و پاد ساعتگرد انجام گیرد.

هر خط شامل: (P_j, P_k) ، در جایی که نقاط P_j و P_k موقعیت شروع و انتهای یک خط کلی را که شاید بتوان با یک تست تشریح کرد نشان داد. حال تست بر روی خطوط مانع انجام می گیرد. P_j و P_k جزئی از نقاط مانع را تشکیل می دهند:

۱- برای مثال با نقطه P_j در جهت پاد ساعتگرد شروع می کنیم. حال خط (P_j, P_{j+1}) را در نظر گرفته و تست محاسبه خطوط تقویت کننده کلی را انجام می دهیم. اگر برای مثال P_{j+1} برای تست مورد نظر قبول باشد این نقاط در لیست نقاط فعال وارد خواهند شد (یعنی S_{1b}).

۲- مرحله (۱) را برای نقطه بعدی ، برای مثال P_{j+1} در جهت پاد ساعتگرد انجام می دهیم. این عملیات تا موقعی که یکی از نقاط انتهایی خطوط و همچنین یکی از اعضا از سری خطوط G_{db} را شامل باشد ادامه پیدا خواهد کرد. حال با محاسبه آخرین نقطه از سری مسیر، S_{1b} را بدست می آوریم.

۳- فرآیند های بالا را در جهت ساعتگرد اجرا می کنیم و با نقطه P_j نیز آغاز می کنیم. با انجام تست بالا برای کلیه نقاط مانع، سری S_{2b} محاسبه می شود.

۴- حال سری خطوط S_{1b} و S_{2b} دو گزینه مختلف مسیر حرکت از نقطه O_b را به d_b نشان می دهند. با استفاده از تئوری محاسبه مسافتها به روش تئوری اقلیدس، یکی از گزینه هایی را که یک مسیر بهینه را نشان می دهد انتخاب می کنیم.

(یعنی کوتاه ترین مسیر بدون تداخل با موانع)

مسیری که کوتاه ترین مقدار عددی را نشان دهد و از مانع عبور نکند یک مسیر بهینه از نظر طول مسیر خواهد بود که قابل توجه نیز خواهد بود. این مسیر باید شرایط لازم را برای یک مسیر بهینه ارضا نماید.

مثال کاربردی الگوریتم

یک مثال عملی را با استفاده از فاصله اقلیدس در شکل (۵) در نظر بگیرید. نقاط کنترل مانع را از (P_0-P_7) با نقاط مبدا O_b و هدف d_b انتخاب کنید. مختصات کارتیزین را برای این نقاط همانطوریکه در جدول (۱) نشان داده شده است پیدا کنید. برای تعیین قابلیت رویت بودن نقاط O_b و d_b یک الگوریتم را که در این مقاله معرفی شده است اجرا می کنیم. اگر نقاط از همدیگر قابل رویت باشند مرحله تعیین نقاط خاتمه پیدا می کند و در غیر این صورت فرآیند بصورت ذیل ادامه خواهد داشت:

۱- فاصله اقلیدسی نقاط O_b و d_b را از تمامی نقاط مانع یعنی (b) همانند جدول-۲ محاسبه می کنیم.

۲- نقاط مربوط به کمترین عدد را در هر دو لیست ثبت می کنیم - (P_0-P_7) .

۳- اسکن برای نقطه O_b را در جهت پادساعتگرد (-) اجرا می کنیم و از پایین ترین عدد در جدول-۲ شروع می کنیم (P_0) . توجه شود که شرایط لازم برای تعیین

خطوط تقویتی کلی (global lines) در جهت (-) از سمت (+) متفاوت خواهد بود.

۴- خط $[O_b-Po]$ شرایط لازم را برای خط تقویتی کلی (global line) ارضا نمی کند و بنابراین حذف می گردد. خط $[Ob-P1]$ شرایط لازم را ارضا می کند و بنابراین باید ثبت گردد. اسکن را دوباره در جهت (+) ادامه می دهیم. دوباره $[O_b-P1]$ شرایط لازم را ارضا می کند و بنابراین ثبت می شود. سری کامل بصورت زیر ثبت خواهد شد:

جدول ۲- فاصله ها برای نقاط در مثال ۱-

ردیف	فاصله (مید)	فاصله (هدف)
P ₀	2.23	5.38
P ₁	3.16	5.38
P ₂	3.60	5.00
P ₃	5.38	6.40
P ₄	6.40	5.38
P ₅	5.00	3.60
P ₆	5.83	3.16
P ₇	5.38	2.23

جدول ۱- مختصات نقاط برای مثال ۱-

نقطه	No.	X	Y
مختصات مانع	P ₀	4	6
	P ₁	9	6
	P ₂	9	7
	P ₃	11	7
	P ₄	11	9
	P ₅	9	9
	P ₆	9	10
	P ₇	4	10
مبدأ	-	6	5
هدف	-	6	11

۵- اسکن را با نقطه d_b شروع می کنیم و مراحل ۲-۴ را اجرا می کنیم. سری نقاط ثبت شده بصورت ذیل خواهند بود:

$$G_{db} = \{ P_7, P_6 \}$$

۶- سری خطوط G_{db} و G_{ob} هیچ عضو مشترکی با هم ندارند و بنابر این اسکن ادامه پیدا می کند. به نقطه P1 میرسیم:

$$(P1 \in Gob)$$

اسکن را در جهت (-) با خطوط [P1-P2] شروع می کنیم. این خط دو نقطه مانع را به هم متصل می کند و خط برای تعیین خطوط تقویتی کلی مورد تست قرار می گیرد:

الف) [p1-p2]: این خط شرایط لازم را ندارد.

ب) [p2-p3]: این خط شرایط لازم را دارد و بنابراین ثبت می شود.

ت) [p3-p4]: این خط شرایط لازم را در نقطه p4 دارد

پ) [p4-p5]: این خط شرایط لازم را ندارد.

د) [p5-p6]: این خط شرایط لازم را در نقطه p6 دارد.

ز) [p6]: این نقطه شرایط لازم را دارد و خود نیز عضوی از سری Gdb می باشد.

بنابراین نقاط p4 و db از طریق نقطه p6 قابل رویتند و این سری بصورت ذیل

$$S_1 = \{o_b, P_1, P_3, P_4, P_6, d_b\} \quad \text{خواهد بود:}$$

این شامل خطوط:

$$[o_b, P_1], [P_1, P_3], [P_3, P_4], [P_4, P_6], \text{ and } [P_6, d_b]$$

خواهد بود.

در این حالت اسکن نقاط تکمیل و خطوط تعیین می شوند و مسیر مورد توجه نیز تشکیل خواهد شد. اسکن از نقطه O_b به نقطه هدف d_b می تواند در جهت (+) و (-) اجرا شود. حال اسکن را در هر جهت ادامه می دهیم. پروسه های ۲ و ۳ را بطور مشابه اجرا می کنیم و نتیجه این تست به صورت ذیل ثبت می گردد:

$$S_2 = \{o_b, P_o, d_b\}$$

و خطوط شامل:

$$[P_o, P_7] \text{ و } [o_b, P_o] \text{ و } [P_7, d_b]$$

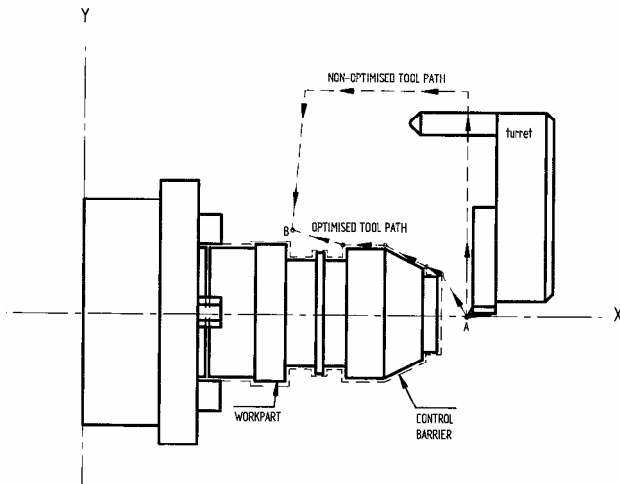
سری مسیرهای $S1$ و $S2$ دو گزینه مختلف را نشان می دهند که نقطه مبدا O_b را به هدف d_b بصورت بهینه متصل میسازند. یکی از این دو گزینه بهترین گزینه با توجه به طول مسیر و عدم عبور از موانع خواهد بود. با مقایسه هر دو گزینه سری:

$[O_b, P_0]$, $[P_0, P_7]$, $[P_7, d_b]$ به عنوان بهینه ترین گزینه انتخاب میگردد.

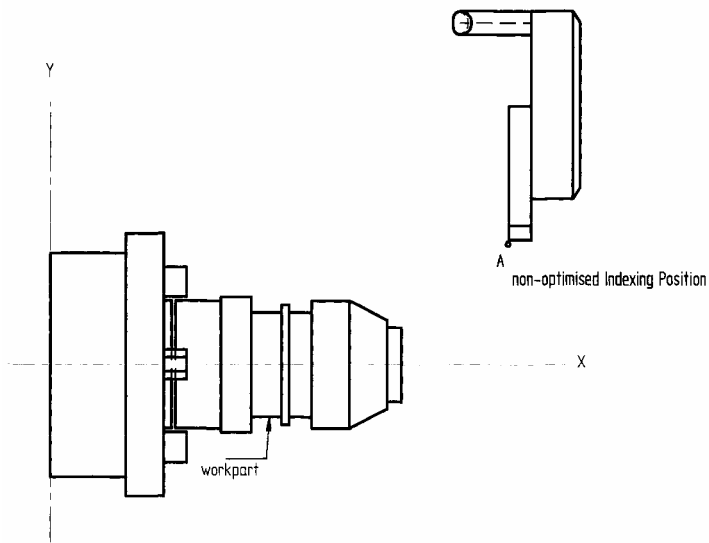
مثال کاربردی در مدیریت برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی

ماشین های کنترل عددی در تولید قطعات یکی از مهمترین و پیچیده ترین ماشین ابزارهای تولیدی بشمار می روند. افزایش نیازمندیهای مهندسی در تولید قطعات از نظر ایمنی، تولید پذیری، قابلیت اعتماد، رضایت مدیران و آپاراتورها از جمله عوامل مهمی محسوب می شوند. معرفی الگوریتم بهینه سازی مسیرها در مدیریت برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی می تواند زمان تولید را به حداقل برساند و همچنین باعث بهبود سرعت و دقت و ایمنی در عملیات ماشین کاری گردد.

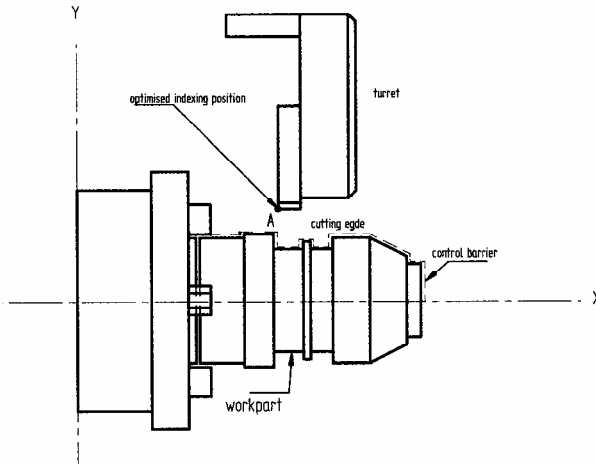
این مسئله باید گفته شود که تکنیک ارائه شده در این مقاله در هیچ سیستم نرم افزاری در سیستم های $CAD/CAM/CAE$ به دلیل پیچیدگی در عملکرد ماشین های کنترل عددی مورد بررسی و تحقیق قرار نگرفته است و یا حداقل نتایج آنها انتشار داده نشده است. این روش توانایی در عملیات بهینه سازی مسیر حرکت نوک ابزار را امکانپذیر می سازد و به آسانی میتواند در بهبود مدیریت برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی نقش موثری را ایفا کند. (نمودار-۶). این الگوریتم برای تعیین یک مسیر بهینه ما بین دو نقطه فضایی و در یک محیط دینامیک قابل استفاده خواهد بود. همچنین این تکنیک توانایی بهینه سازی تعویض ابزار را داراست. (نمودار الف-۷).



شکل ۶- مسیر های غیره بهینه و بهینه ما بین دو نقطه در عملیات ماشینکاری



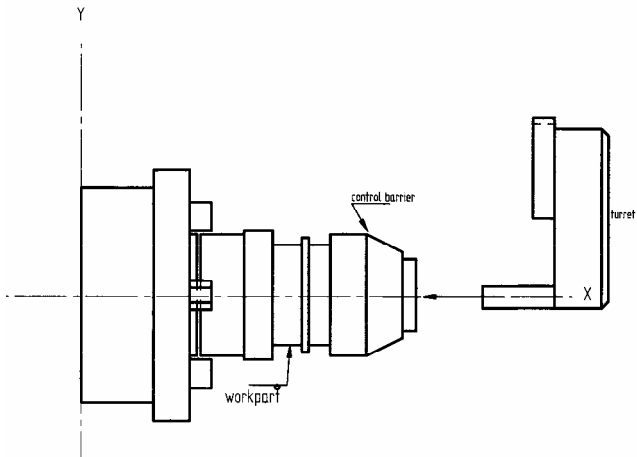
شکل (الف-۷): تعیین موقعیت تعویض ابزار در نقطه A قبل از عمل بهینه سازی



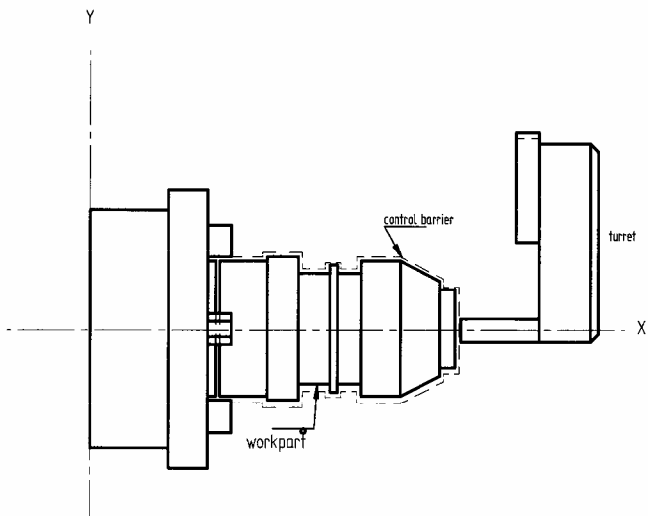
شکل (ب-۷): تعیین موقعیت تعویض ابزار در نقطه A بعد از عمل بهینه سازی

کنترل پیوسته نوک ابزار در هر موقعیت امکان پذیر خواهد بود. (نمودار ب/الف-۸). نمودار ۹- نشان می دهد که این الگوریتم برای مثال در برنامه ریزی و مدیریت تولید قطعات در ماشین های کنترل عددی به چه فرمتی می تواند مورد بهره وری قرار گیرد. شکل ۹- همچنان نشان میدهد که چگونه این الگوریتم می تواند با سیستمهای **CAD/CAM** به صورت هماهنگ کار کند و در بهینه سازی فرآیند مدیریتی نقش موثری داشته باشد. همچنین این سیستم میتواند بصورت مجزا و یا همراه با سیستمهای **CAD/CAM** مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از الگوریتم می تواند مزایای ذیل را امکانپذیر سازد:

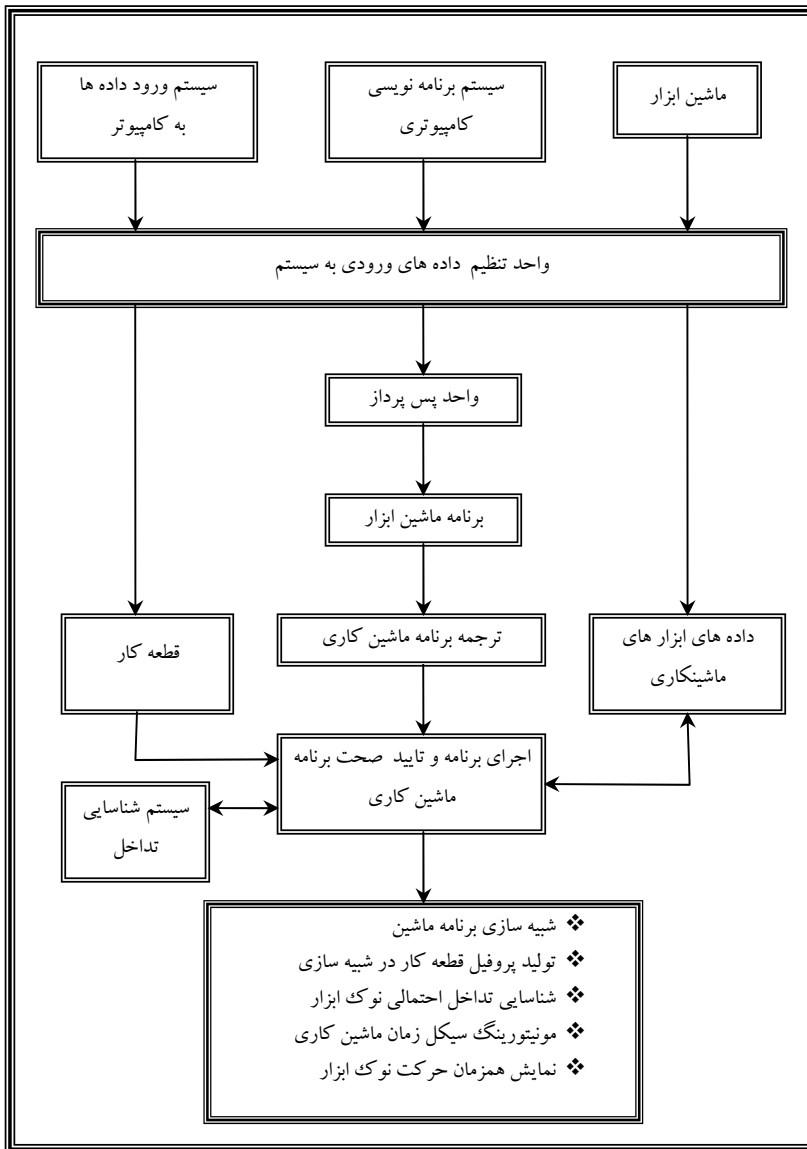
- ۱- شبیه سازی فرآیند ماشینهای کنترل عددی و بهینه سازی مدیریت برنامه نویسی
- ۲- تولید کانتور قطعات به طور دینامیکی
- ۳- دوری از برخورد نوک ابزار با موانع در موقع ماشین کاری
- ۴- کاهش سیکل زمان تولید



شکل (الف-۸): موقیت ابزار قبل از تماس با قطعه کار بصورت غیر بهینه



شکل ب-۸: موقیت ابزار قبل از تماس با قطعه کار بصورت بهینه



شکل ۹- دیاگرام نرم افزاری طراحی شده برای محاسبه مسیرهای بهینه در ماشین
افزارهای تولیدی کنترل عددی با استفاده از الگوریتم پیشنهادی

نتیجه گیری

روش ارائه شده در این گزارش بطور موفقیت آمیز با استفاده از برنامه کامپیوتر (شکل ۹) مورد تست های اولیه قرار گرفته است. برنامه انجام شده برای محاسبه و تعیین مختصات نقاط بر روی موانع کنترل کننده مسیر حرکات انجام می گیرد و سپس محاسبات لازم برای محاسبه یک مسیر بهینه به اجرا در می آید. طراحی این الگوریتم برای استفاده در محاسبه مسیرهای بهینه و بدون تداخل با موانع در محیط های دینامیک همچون ماشین کاری توسط ماشین های کنترل عددی بسیار مناسب می باشد و سعی بر آن شده است که عمومیت این الگوریتم برای کاربردهای دیگر همچنان حفظ گردد. مزایای مهم این الگوریتم توسعه بیشتر آن، کاربرد بصورت برنامه نویسی کامپیوتری و کاربرد برای اهداف دیگر همچون کنترل ترافیک هوایی و غیره خواهد بود. در این وضعیت، الگوریتم ارائه شده برای یک مانع و یک سری مبدا و هدف در یک فضای R^2 طراحی شده است.

اضافه میشود که سیستم های مدیریتی در برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی (CAD/CAM) هرگز همچون روشهایی را در سیستم های بهینه سازی مدیریت برنامه نویسی ماشین های کنترل عددی به دلیل پیچیدگی در محیط های دینامیکی آنها به اجرا در نیاورده اند.

منابع:

- KIRK, D., and LIM, L., 2006, a dual-mode routing algorithm for an autonomous roving vehicle. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 6, 290-294.
- C.K. Toh, , Cutter path strategies in high speed machining of hardened steel, Materials & Design, 2008 Article in Press,
- Shkel, A.M. and Lumelsky, V. "Robotics abd autonomous systemd classification of the Dubins set 1", Robotics and Autonomous Systems, 34(4), pp 179-202 (31 March 2001).
- VACCARO, H., 1994, Alternative techniques for modeling travel distance. MA. Thesis in Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology.
- WANG DAHL, G., POLLOCK, S., and WOODWARD, J., 1994, Minimum trajectory pipe routing. Journal of Ship Research, 18, 46-49.
- LARSON, R., and Li, G., 1983, Facility locations with the Manhattan metric the presence of barriers to travel. Operations Research, 31, 652-669.
- VIEGAS, J., 1999, Capacity expansion in public facility networks. Doctoral thesis in Civil Engineering, Institute Superior Tecnico, Lisbon.