



**زیربرنامه:**

Smooth

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | کورش مرادیان | C:\Users\Kourosh\Desktop\63.png |
| **تهیه کنندگان مستند** | کورش مرادیان | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 22/09/1396 | |
| **شناسه سند** |  | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90/95** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه با استفاده از روش ارائه شده توسط بلکر [1] که توسط اوون در [2] بسط داده شده است با جابجا کردن نودهای المان چهارضلعی ایجاد شده و همچنین نودهای متصل به آنها کیفیت المان جدید و المان‏های مجاورش را بهبود می‏بخشد.

1. توضیحات و تئوری­ها

بهبود کیفیت المان‏ها با تغییر مکان نودها اصطلاحاً هموارسازی[[1]](#footnote-1) نامیده می‏شود. برای هموارسازی چهارضلعی‏های جدید، از روش پیشنهادی بلکر و همکاران [1] استفاده می‏شود. برای جابجایی نود  فرض کنید  برداری از مبدا تا نود  باشد. با فرض اینکه نود  به  المان چهارضلعی متصل است. با در نظر گرفتن  ،  و  به عنوان بردارهایی از مبدا به نودهای  ،  و  از  امین المان به طوری که نودها به صورت ساعتگرد یا پادساعتگرد قرار گرفته باشند می‏توان بردار جدید  را که به مکان جدید نود  اشاره دارد با استفاده از معادله ‏(1) محاسبه کرد:

1. 

با فرض اینکه بردار  میزان تغییر مکان نود  باشد می توان به سادگی آنرا از معادله ‏(2) محاسبه کرد:

1. 

این هموارسازی که هموارسازی ایزوپارامتریک[[2]](#footnote-2) نامیده می‏شود نودها را به گونه‏ای جابجا می‏کند که المان به سمت متوازی‏الاضلاع شدن میل می‏کند و ضرورتاً اندازه و مربع بودن المان را حفظ نمی‏کند. این مسئله زمانی که نود مورد نظر دقیقاً به دو المان چهارضلعی متصل است مشکل‏ساز خواهد شد. برای چنین نودهایی اصلاحاتی به هموارسازی ایزوپارامتریک اعمال می‏شوند.

مطابق ‏شکل (1) فرض کنید نود  نود مقابل نود  باشد که بر روی ضلع مشترک بین دو چهارضلعی قرار دارد. با فرض اینکه  طول ایده‏ال لبه  و  طول بردار  از  به مکان جدید نود  باشد بردار میزان تغییر موقعیت  با معادله ‏(3) محاسبه می‏شود.

|  |
| --- |
|  |

1. تعیین مکان نودهای متصل به دو المان
2. 

این تنظیم را می‏توان تنظیم طولی بردار  در نظر گرفت که نیاز به تنظیم زاویه‏ای دارد. این تنظیم می‏تواند در حفظ اندازه المان کمک کند. برای تعیین تنظیم زاویه‏ای مطابق شکل (2) نودهای  و  به ترتیب نودهای قبلی و بعدی نود  هستند. اگر  ،  و  بردارهایی از نود  به ترتیب به نودهای  ،  و  باشند بردار جدید  به عنوان نیمساز زاویه بین  و  تعریف می‏شود و همچنین بردار  به عنوان نیمساز زاویه بین  و  تعریف می‏شود. نقطه Q به عنوان محل برخورد امتداد دادن بردار  با اتصال حاصل از وصل کردن نقاط  و  در نظر گرفته می‏شود. اگر  طول فاصله نقطه Q از  باشد و همچنین  طول ایده‏ال لبه  باشد طول بردار  بر اساس طول نسبی طول‏های  و  مطابق معادله ‏(4) محاسبه می‏شود.

|  |
| --- |
|  |

1. تنظیم زاویه‏ای نود مورد نظر
2. 

تغییر موقعیت برای هموارسازی زاویه‏ای  از معادله ‏(5) محاسبه می‏شود:

1. 

در نهایت برای نودهایی که دقیقاً به دو المان مثلثی متصل هستند بردار تغییر مکان  از معادله ‏(6) بدست خواهد آمد:

1. 

برای تعیین مقدار ایده‏ال  در حالتی که  که نسبت اندازه بزرگترین به کوچکترین لبه Front است کمتر از 2.5 باشد از روش بلکر [1] بدون اصلاح کردن استفاده می‏شود. در صورتی که بین 2.5 تا 20 باشد مطابق ‏شکل (3) از معادله ‏(7) استفاده می‏شود.

|  |
| --- |
| C:\Users\Kourosh\Desktop\a1.PNG |

1. تعیین اندازه 
2. 

برای حالتی که مقدار  بیشتر از 20 باشد از میانگین طول لبه‏های متصل به نود  استفاده می‏شود. برای نودهای مجاور نودهای چهارضلعی که متعلق به المان‏های مثلثی هستند از روش هموارسازی لاپلاسین [3] استفاده می‏شود که در این روش هر نود به مختصات میانگین مختصات نقاط مجاورش طبق معادله ‏(8) منتقل می‏شود:

1. 

که در آن N تعداد رئوس مجاور نود i، و  مکان راس jام و  مکان جدید راس iام است.

1. بخش­های زیربرنامه

در این قسمت تمام بخش های زیربرنامه مطابق با شماره گذاری موجود در برنامه کامپیوتری ارائه شده است.

1. محاسبه مقدار  در شبکه

در ابتدا برای محاسبه این مقدار بایستی طول بلندترین و کوتاهترین لبه Front محاسبه می‏شود نسبت آنها به عنوان مقدار  تعیین می‏شود.

1. تعیین المان‏های مجاور نود مورد پردازش و وضعیت وارونگی آنها

برای نود مورد پردازش المان‏های مجاورش و همچنین وضعیت وارونگی آنها محاسبه می‏شود.

1. محاسبه بردار به مکان جدید نود مورد نظر در یک حلقه

مطابق معادله ‏(1) برداری که از مکان اولیه نود به مکان جدیدش کشیده شده است محاسبه می‏شود. این کار با استفاده از یک حلقه و به ازای تمامی المان‏های چهارضلعی اطراف آن انجام می‏شود.

1. محاسبه تنظیمات طولی و زاویه‏ای در صورتی که نود تنها به دو المان چهارضلعی متصل باشد

در صورتی که نود مورد پردازش به دو المان چهارضلعی مجاور متصل باشد بایستی تنظیمات طولی و زاویه‏ای نیز محاسبه شوند. برای این کار نودها و بردارهای مشخص شده دررابطه ‏(2) محاسبه می‏شوند و با استفاده از آنها نقطه Q محاسبه می‏شود.

1. اعمال روش روش بلکر در مرجع بدون اصلاح آن برای جابجایی نقطه

در این قسمت برای تعیین مکان نود بدون ایجاد تغییرات در روش بلکر از این روش استفاده می‏شود.

1. اعمال رویکرد اول از روش اُوون در مرجع برای جابجایی نقطه

در این حالت برای تعیین مقدار  از معادله ‏(7) استفاده می‏شود.

1. اعمال رویکرد دوم از روش اُوون در مرجع برای جابجایی نقطه

در این حالت برای تعیین مقدار  از میانگین طول لبه‏های متصل به نقطه مورد پردازش استفاده می‏شود.

1. بررسی وارونگی المان‏ها و ترمیم در صورت وجود

پس از تغییر مکان نود وارونگی نودهای متصل به آن بررسی و در صورت وجود وارونگی نسبت به ترمیم آن اقدام می‏شود.

1. بهبود کیفیت مکانی نودهای المان‏های مثلثی مجاور

در نهایت تمامی مکان نودهایی که فقط به المان‏های مثلثی متصل هستند و مجاور نود مورد پردازش هستند با استفاده از روش بهبود کیفیت لاپلاسی بهینه می‏شوند.

1. مراجع

[1] T. D. Blacker and M. B. Stephenson, “Paving: A new approach to automated quadrilateral mesh generation,” Int. J. Numer. Methods Eng., vol. 32, no. 4, pp. 811–847, 1991.

[2] S. J. Owen, M. L. Staten, S. A. Canann, and S. Saigal, “Q-Morph: an indirect approach to advancing front quad meshing,” Int. J. Numer. Methods Eng., vol. 44, no. 9, pp. 1317–1340, 1999.

[3] D. A. Field, “Laplacian smoothing and Delaunay triangulations,” Int. J. Numer. Methods Biomed. Eng., vol. 4, no. 6, pp. 709–712, 1988.

1. Smooth [↑](#footnote-ref-1)
2. Isoparametric Smooth [↑](#footnote-ref-2)