

****

**عنوان:**

ریز کردن شبکه‌ای مثلثی با ساختار داده‌ای ضلع محور

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نویسندگان** | مرتضی نامور |  |
| احسان فرهادخانی |  |
| **تاریخ تنظیم سند** | 21/11/1394 | |
| **شناسه سند** |  | |

**فهرست مطالب**

[فصل 1- راهنمای کاربری 1](#_Toc512388553)

[1-1- فایل ورودی 1](#_Toc512388554)

[1-2- اجرای برنامه 2](#_Toc512388555)

[1-3- فایل‌های خروجی 2](#_Toc512388556)

[1-4- توانایی‌ها و محدودیت‌ها 2](#_Toc512388557)

[فصل 2- اعتبارسنجی و نتایج 4](#_Toc512388558)

[فصل 3- تئوری و الگوریتم 6](#_Toc512388559)

[فصل 4- پیاده‌سازی و زیربرنامه‌های مورد استفاده 7](#_Toc512388560)

**چکیده:**

در این برنامه یک شبکه مثلثی از کاربر گرفته شده و با اضافه کردن نقطه به آن شبکه ریزتر می شود سپس اضلاع این شبکه از نظر دلانی بودن بررسی شده و هر کدام از جفت المان­های آن که غیردلانی باشد، دلانی می­گردد. این برنامه دو زیربرنامه اصلی دارد که برای اضافه کردن یک نقطه به یک شبکه و برای دلانی کردن لیستی از اضلاع یک شبکه بکار می روند. از دو زیربرنامه اشاره شده می­توان در روش­های متحرک سازی شبکه استفاده نمود چرا که با حرکت شبکه کیفیت المان­ها کاهش پیدا می­کند و نیاز به اضافه کردن نقطه به شبکه اجتناب ناپذیر است. همچنین جهت انطباق شبکه با حلگر باید در برخی از نواحی شبکه نقطه اضافه شود که برای این موارد نیز می توان از این زیربرنامه ها استفاده نمود. نکته بسیار مهم در این تحقیق اینست که استفاده از ساختار داده ای ضلع محور جهت تولید شبکه از نظر محاسباتی بسیار پرهزینه می باشد. بنابراین جهت تغییر شبکه محاسباتی مورد استفاده در حلگرهای سیالاتی باید شبکه را ابتدا به ساختار داده ای سلول محور منتقل نمود سپس اعمال مطرح در تولید شبکه نظیر ریز و درشت کردن یا دلانی کردن را بر روی آن اعمال و همزمان ساختار داده ای ضلع محور را نیز اصلاح نمود.

**کلمات کلیدی:** شبکه مثلثی، دلانی، ریزکردن شبکه، اضافه کردن نقطه به شبکه.

# راهنمای کاربری

در این برنامه اطلاعات یک شبکه مثلثی بر مبنای ساختار داده ضلع محور از کاربر گرفته می­شود و با دلانی کردن اضلاع تشکیل دهنده شبکه، کیفیت شبکه بر طبق خواص دلانی افزایش پیدا می­کند. دقت شود که از این برنامه تنها برای شبکه­بندی­هایی که المان­های آن مثلثی است، می­توان استفاده کرد. اطلاعات مورد نیاز برای اجرای این برنامه و همچنین خروجی آن را می­توان به صورت زیر دسته بندی کرد.

## فایل ورودی

در این برنامه از یک قالب مشخص برای فایل ورودی که سعی شده در تمامی کدهای حوزه تولید شبکه محاسباتی حفظ شود، استفاده شده است. اطلاعات شبکه ورودی باید در قالب یک فایل و با نام Mesh.gid در پوشه حاوی برنامه قرار داده شود.

اطلاعات زیر باید به ترتیب در فایل ورودی وجود داشته باشد، در غیر اینصورت برنامه خطا خواهد داشت.

1. ابعاد شبکه، دو یا سه بعدی
2. تعداد نقاط تشکیل دهنده شبکه
3. تعداد مثلث­های تشکیل دهنده شبکه
4. تعداد اضلاع تشکیل دهنده شبکه
5. تعداد نواحی شبکه
6. تعداد اضلاع هر ناحیه و نوع آن
7. مشخصات اضلاع شامل المان مجاور سمت چپ، المان مجاور سمت راست، نقطه اول و نقطه دوم
8. مختصات نقاط تشکیل دهنده شبکه

## اجرای برنامه

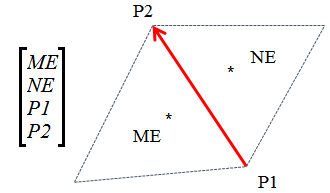
این برنامه تحت Intel fortran و در IDE، Visual studio توسعه داده شده است از این استفاده از این کامپایلر و IDE برای اجرای برنامه پیشنهاد می­شود. در برنامه یک پارامتر به نام Dim به عنوان حداکثر ابعاد آرایه­ها تعریف شده و مقداری پیش­فرض برای آن در نظر گرفته شده است. در صورتیکه در زمان اجرا یا کامپایل برنامه با خطای Array boud exceed مواجه شدید این مقدار را به مقداری مناسب با توجه به ابعاد شبکه افزایش دهید.

## فایل‌های خروجی

برای اینکه بتوان به راحتی بین فایل ورودی و فایل خروجی ارتباط برقرار کرد قالب مشخصی برای فایل خروجی در نظر گرفته شده است. برای اطلاعات بیشتر در مورد ساختار فایل خروجی به مستندات مربوط به زیربرنامه Write2DMesh\_gid\_plt مراجعه کنید. فایل خروجی با فرمت استاندارد نرم­افزار Tecplot و با نام FineM.plt قابل مشاهده در این نرم­افزار است. اطلاعات خروجی شامل ساختار شبکه و مرزها است.

## توانایی‌ها و محدودیت‌ها

دو نوع دیدگاه جهت ذخیره اطلاعات شبکه وجود دارد که به آنها اصطلاحا سلول محور[[1]](#footnote-1) و ضلع محور[[2]](#footnote-2) گفته می شود. در اولی نقاط تشکیل دهنده سلول و همسایه های آن ذخیره می گردد و در دومی نقاط تشکیل دهنده ضلع و دو همسایه آن ذخیره می گردد. با توجه به اینکه در دیدگاه ضلع محور نیاز به حافظه کمتر می باشد و همچنین حجم محاسبات کمتری لازم دارد و قابلیت خوبی برای استفاده از شبکه های ترکیبی دارا می باشد، در اینجا از این نوع ساختار داده ای استفاده می شود. با توجه به ‏شکل (1) اطلاعات زیر برای هر کدام از اضلاع تشکیل دهنده شبکه محاسباتی ذخیره می گردد:



1. نحوه ذخیره اطلاعات شبکه

: *ME*سلول سمت چپ (*Main Element*)

: NEسلول سمت راست (Neighboring Element)

: *P1* نقطه ابتدایی

: *P2* نقطه انتهایی

جهت ضلع از اولین نقطه تشکیل دهنده بسمت نقطه دوم می باشد که توجه به آن بسیار ضرویست. سلول اصلی، سلول سمت چپ و سلول همسایه سلول سمت راست ضلع می باشد. در واقع می توان گفت که سلول اصلی سلولی می باشد که ضلع مربوط به آن می باشد و بنابراین محاسبات برای آن انجام می شود.

این برنامه تنها توانایی ریز کردن المان های مثلثی را دارد. بنابراین شبکه ورودی نمی تواند شبکه ای با المان های چهارضلعی باشد. همچنین از آنجا که نقاط جدید در این برنامه در مرکز المان ها تولید می شود بنابراین نمی تواند مرزها را در این برنامه ریز کرد.

# اعتبارسنجی و نتایج

جهت اعتبارسنجی و اطمینان از صحت عملکرد برنامه کامپیوتری یک آزمایش بر روی شبکه تولید شده در اطراف یک ایرفویل انجام گرفته است. همانگونه که در نشان داده شده است پس از اجرای برنامه تعداد المان ها و نقاط شبکه دو برابر شده است.



1. شبکه اطراف ایرفویل(نمای دور) در حالت قبل(سبز) و بعد(قرمز) ریز شدن



1. شبکه اطراف ایرفویل(نمای نزدیک) در حالت قبل(سبز) و بعد(قرمز) ریز شدن

# تئوری و الگوریتم

ریز کردن شبکه یا بعبارت دیگر تولید اتوماتیک نقاط و اضافه کردن آن به شبکه موجود یکی از مراحل مهم تولید شبکه است که در اکثر نرم افزار­های تجاری نیز مورد استفاده قرار می­گیرد. روش­های زیادی برای این کار مورد توجه قرار گرفته شده است. یکی از این روش­ها، اضافه کردن نقطه مرکز المان ها به شبکه می باشد. در ادامه به نحوه ریز کردن یک شبکه پرداخته خواهد شد. الگوریتم زیر برای ریز کردن یک شبکه درشت با ساختار داده ای ضلع محور مورد استفاده قرار گرفته است:

1. پیدا کردن اضلاع تشکیل دهنده هر کدام از المان ها
2. محاسبه و ذخیره مختصات مرکز المان های موجود
3. افزودن نقاط به شبکه در یک حلقه تکرار
4. دلانی کردن اضلاع شبکه

# پیاده‌سازی و زیربرنامه‌های مورد استفاده

در این فصل، مراحل کد بصورت گام به گام توضیح داده می‌شود و زیربرنامه‌های مورد استفاده معرفی می‌گردند. برای کسب اطلاعات بیشتر درمورد هر زیربرنامه بهتر است به مستندات آن مراجعه شود.

1. خواندن شبکه­بندی ورودی

با فراخوانی زیربرنامه Read\_2DMesh اطلاعات شبکه از فایل Mesh.gid خوانده می­شود.

1. تشکیل آرایه ارتباط اضلاع و المان­ها

در این گام اضلاع تشکیل دهنده هر المان از شبکه ورودی استخراج شده و با حفظ جهت پادساعتگرد برای استفاده بعدی ذخیره می­شود. هدف از ذخیره سازی این اطلاعات کاهش زمان مورد نیاز برای بهبود شبکه، چک کردن دلانی بودن و اصلاح آن در صورت نیاز است. این کار با فراخوانی زیربرنامه EdgeOfCell انجام می­شود.

1. محاسبه مختصات مرکز المان ها برای اضافه شدن به شبکه

در یک حلقه تکرار مختصات مرکز المان ها محاسبه شده و در آرایه های مربوطه ذخیره می شود.

1. تعیین سه ضلع تشکیل دهنده المان هدف برای ریز شدن

بدون توضیح.

1. تعیین دو نقطه اول تشکیل دهنده المان کاندید برای ریز شدن

دو نقطه اول المان کاندید برای ریز شدن در واقع همان دو نقطه تشکیل دهنده ضلع اول این المان خواهد بود.

1. تعیین نقطه سوم تشکیل دهنده المان کاندید برای ریز شدن

از انجا که اضلاع تشکیل دهنده هر کدام از المان ها بترتیب می باشد بنابراین نقطه سوم یک المان مثلثی متعلق به ضلع شماره 2 آن المان خواهد بود.

1. محاسبه مختصات مرکز یک المان

با یک متوسط گیری از مختصات سه نقطه تشکیل دهنده یک المان مثلثی، مختصات مرکز آن محاسبه می شود.

1. مقداردهی اولیه به لیست اضلاعی که باید دلانی بودن آنها بررسی شود.

از آنجا که هنگام اضافه کردن نقاط به شبکه، المان ها و اضلاع جدیدی تولید می شود که باید دلانی بودن آنها بررسی شود، این اضلاع به یک لیست اضافه می شود. بنابراین در اینجا باید تعداد اعضای این لیست برابر صفر قرار داده شود.

1. اضافه کردن نقاط به شبکه

در یک حلقه تکرار نقاط ذخیره شده در مراحل قبل به شبکه اضافه می شود. در اینجا پس از اضافه شده نقطه به شبکه، شبکه بطور محلی دلانی نمی شود اما زیربرنامه ها بگونه ای نوشته شده اند که بتوان با استفاده از آنها الگوریتم های زیادی را پیاده سازی نمود.

1. اضافه کردن نقطه به تعداد نقاط موجود

مختصات نقطه جدید به اطلاعات نقاط شبکه اضافه می شود، که برای اینکار ابتدا یک واحد به تعداد نقاط اضافه می شود.

1. اضافه کردن نقطه به شبکه

برای اضافه کردن یک نقطه به شبکه ابتدا باید المانی که آن نقطه در آن قرار دارد تعیین شود که در اینجا شماره آن معلوم است. سپس با فراخوانی زیربرنامه AddPointToMeshEBased2D عملیات اضافه کردن نقطه به شبکه انجام می‌شود و لیستی از المان ها که باید دلانی بودن آنها بررسی شود نیز تهیه می شود.

1. چک کردن و دلانی کردن شبکه

با توجه به اصلاح انجام شده و اضافه شدن برخی المان­ها و اضلاع، شبکه­بندی برای دلانی بودن چک شده و در صورت نیاز دلانی می­شود.

1. چاپ کردن نتایج

با استفاده از زیربرنامه Write2DMesh\_gid\_plt اطلاعات شبکه­بندی اصلاح شده، در فایل خروجی که با فرمت استاندارد Tecplot است، با نام FineM.plt چاپ می­شود.

1. Cell base [↑](#footnote-ref-1)
2. Edge base [↑](#footnote-ref-2)