

****

**عنوان:**

تولید دیاگرام ورنوی با استفاده از شبکه محاسباتی دو بعدی

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **نویسندگان** | مرتضی نامور |  |
| آرمین مسلمی پاک | Optimized_image_813b5ec2.png |
| **تاریخ تنظیم سند** | 1/9/1396 | |
| **شناسه سند** |  | |

**فهرست مطالب**

[فصل 1- راهنمای کاربری 1](#_Toc512557278)

[1-1- فایل ورودی 1](#_Toc512557279)

[1-2- اجرای برنامه 2](#_Toc512557280)

[1-3- فایل های خروجی 2](#_Toc512557281)

[1-4- توانایی ها و محدودیت ها 2](#_Toc512557282)

[فصل 2- اعتبارسنجی نتایج 3](#_Toc512557283)

[فصل 3- تئوری و الگوریتم 11](#_Toc512557284)

[3-1- دیاگرام ورنوی 11](#_Toc512557285)

[3-2- الگوریتم تولید دیاگرام ورنوی با استفاده از شبکهی دو بعدی 11](#_Toc512557286)

[3-2-1- خواندن اطلاعات شبکهی دو بعدی به عنوان ورودی 12](#_Toc512557287)

[3-2-2- به دست آوردن مراکز هندسی المانها 12](#_Toc512557288)

[3-2-3- اتصال مراکز هندسی المانهای مجاور به یکدیگر و تشکیل وجه جدید 13](#_Toc512557289)

[3-2-4- اتصال مرکز هندسی المانهای مرزی به ضلع مرزی آنها و تشکیل وجه داخلی جدید 13](#_Toc512557290)

[3-2-5- اتصال مرکز ضلع مرزی به دو انتهای آن و تشکیل دو وجه مرزی جدید 14](#_Toc512557291)

[فصل 4- پیاده‌سازی و زیربرنامه‌های مورد استفاده 16](#_Toc512557292)

**چکیده:**

هدف از این پروژه تولید دیاگرام وُرُنوی برای یک شبکه‏ی محاسباتی اطراف یک جسم هوافضایی دو بعدی می­باشد. برای این منظور یک الگوریتم عددی برای استخراج شبکه­ی دیاگرام وُرُنوی از روی شبکه‏ی اولیه با در نظر گرفتن نواحی شبکه­ی دو بعدی ورودی توسعه یافته است. با ترسیم دیاگرام ورنوی در شبکه‏های محاسباتی، علی‏رغم آنکه تعداد سلول‏ها کاهش می‏یابد، تعداد وجوه هر سلول افزایش می‏یابد. در این حالت با کاهش سلول‏ها زمان مورد نیاز برای حل شبکه‏ی محاسباتی کاهش می‏یابد و همچنین دقت حل نیز زیاد خواهد شد.

**کلمات کلیدی:** شبکه­ی دیاگرام وُرُنوی، شبکه‏ی محاسباتی، سلول، وجه، دو بعدی، ضلع محور.

# راهنمای کاربری

## فایل ورودی

در این برنامه یک قالب مشخص، که سعی می شود در تمام برنامه های مربوط به حوزه تولید شبکه از آن استفاده گردد، به کار گرفته شده است. برای اطلاعات بیشتر در مورد این قالب و ساختار فایل ورودی می‏توانید به مستندات زیربرنامه Read\_2DMesh مراجعه نمایید. تمام اطلاعات لازم باید در قالب یک فایل به نام Mesh.gid تهیه شده و در پوشه حاوی برنامه قرار داده شود.

اطلاعات زیر باید در فایل ورودی وجود داشته باشد که در غیر این صورت برنامه قابل اجرا شدن نیست:

1. ابعاد فضای محاسباتی
2. تعداد نقاط شبکه
3. تعداد المان‏های شبکه
4. تعداد وجوه تشکیل­دهنده­ی شبکه
5. تعداد نواحی موجود در شبکه
6. تعداد وجوه تشکیل­دهنده­ی هر کدام از ناحیه­های شبکه به همراه نوع ناحیه و اسم آن
7. اطلاعات وجوه شبکه شامل سلول­های همسایه­ی اصلی (ME) و فرعی (NE) به همراه نقاط تشکیل­دهنده­ی آن وجه
8. مختصات هر یک از نقاط تشکیل­دهنده­ی شبکه

## اجرای برنامه

این برنامه تحت نرم افزار Comaq Visual Fortran توسعه یافته است. بنابراین جهت اجرای آن بهتر است این نرم افزار را نصب نمایید. در اینجا یک پارامتر بنام Dim برای تعیین مقدار ماکزیمم بعد آرایه های استفاده شده، در نظر گرفته شده است. یک مقدار پیش فرض برای این پارامتر تعیین شده است و در صورتیکه با خطای Array bound exceed مواجه شدید باید مقدار پارامتر Dim را افزایش دهید.

## فایل های خروجی

یک قالب مشخص برای چاپ اطلاعات در نظر گرفته شده است تا با ساختار فایل های ورودی سازگاری داشته باشد. به این ترتیب ارتباط بین برنامه های نوشته شده براحتی امکان­پذیر می­باشد. فایل ورودی شبکه با نام “Mesh.gid” پس از خواندن با استفاده از زیربرنامه­ی Read\_2DMesh، توسط زیربرنامه­ی Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt با لحاظ نمودن تمامی ناحیه­ها و مرزها در یک فایل با نام "IMesh.plt" ذخیره می­شود. دو خروجی برنامه با استفاده از دو زیربرنامه­ی WriteMesh\_gid و Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt تولید می­شوند. خروجی­ها شامل یک فایل شبکه با ساختار   
ضلع محور به نام "MeshOut.gid" و یک فایل ترسیمی به نام "OMesh.plt" می­باشند. در فایل شبکه (gid) اطلاعات شبکه­ی دیاگرام ورنوی خروجی به منظور استفاده در سایر نرم­افزارهای توسعه یافته در مباحث دینامیک سیالات محاسباتی ذخیره شده است. در فایل ترسیمی نیز شبکه­ی دیاگرام ورنوی خروجی در یک فایل Tecplot ذخیره شده که قابلیت مشاهده­ی آن در تمامی مرزها و ناحیه­ها وجود دارد. برای اطلاعات بیشتر در مورد این قالب و ساختار فایل خروجی می­توانید به مستندات دو زیربرنامه­ی Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt و WriteMesh\_gid مراجعه نمایید.

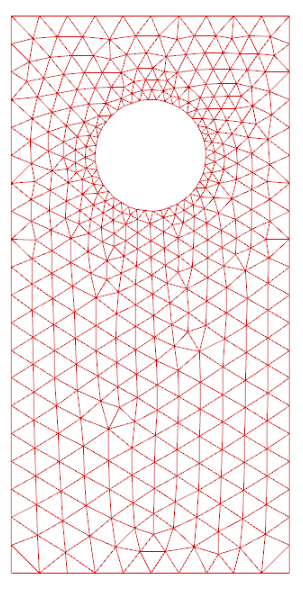
## توانایی ها و محدودیت ها

در این برنامه، دیاگرام ورنوی در دو بعد از روی شبکه­ی محاسباتی اولیه ترسیم می­گردد. از توانایی­های این کد می­توان به سرعت بسیار بالا در ترسیم دیاگرام ورنوی و سازگاری با شبکه­های شامل هرگونه المان به علت ساختار ضلع محور نام برد. با استفاده از این نرم­افزار می­توان علی­رغم کاهش تعداد سلولهای شبکه افزایش دقت و سرعت حل را شاهد بود. محدودیت اصلی عدم توانایی برای تولید دیاگرام ورنوی در سه بعدی می­باشد.

# اعتبارسنجی نتایج

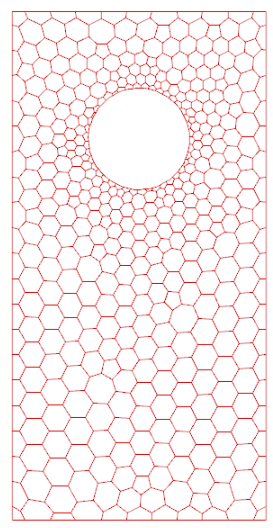
در این بخش چند نمونه از دیاگرام­های وُرُنوی تولید شده با استفاده از برنامه­ی ساخته شده ارائه می­گردد. دیاگرام­های وُرُنوی با استفاده از شبکه­ی محاسباتی اولیه به دست آمده است.

شبکه­ی اول مربوط به یک صفحه­ی سوراخ­دار می­باشد.



1. شبکه­ی اولیه­ی صفحه­ی سوراخ­دار

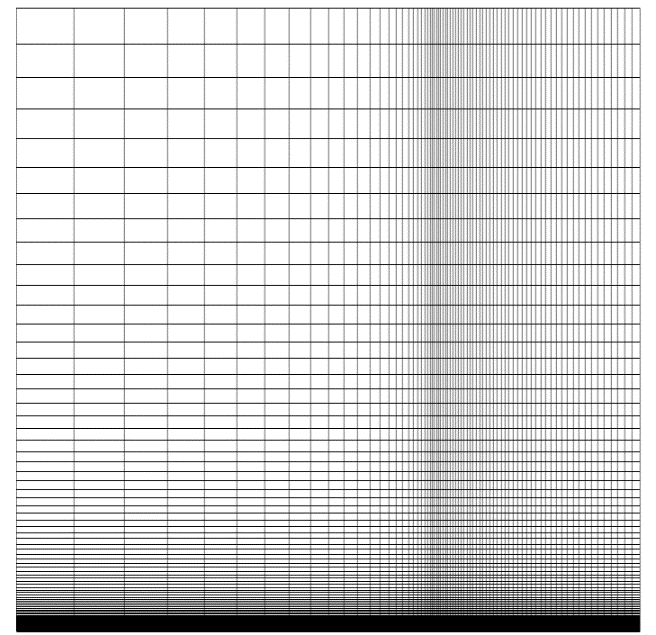
با اجرای برنامه دیاگرام ورنوی شبکه­ی ‏شکل (1) به صورت زیر می­شود:



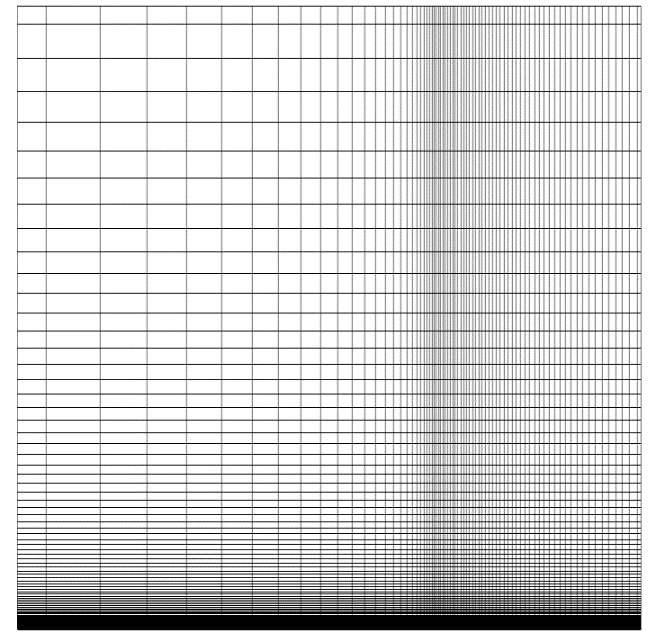
1. دیاگرام ورنوی شکل شماره­ی یک

با مقایسه­ی شکل اول و دوم می­توان دریافت که با ترسیم دیاگرام ورنوی، مرزها دچار تغییر نشده است. همچنین با افزایش تعداد وجوه و کاهش تعداد نقاط سرعت حل افزایش خواهد یافت.

شبکه­ی دیگر مربوط به شبکه­ی صفحه­ی تخت می­باشد.

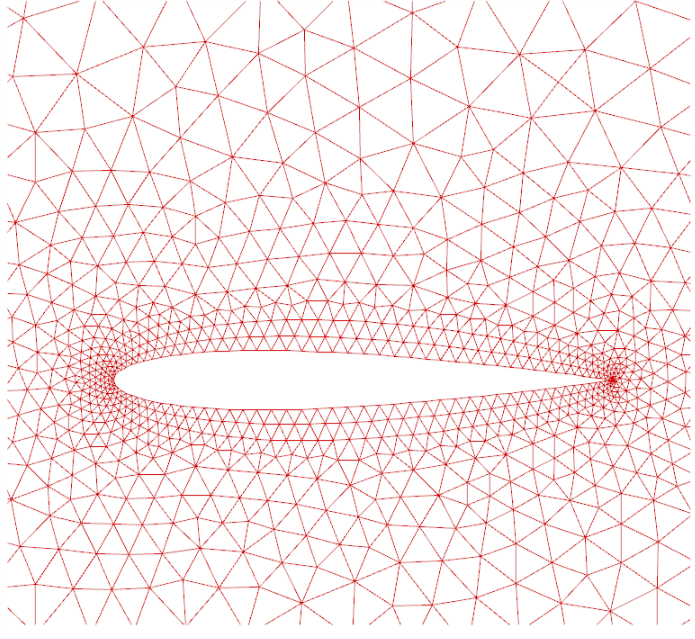


1. شبکه­ی اولیه­ی صفحه­ی تخت

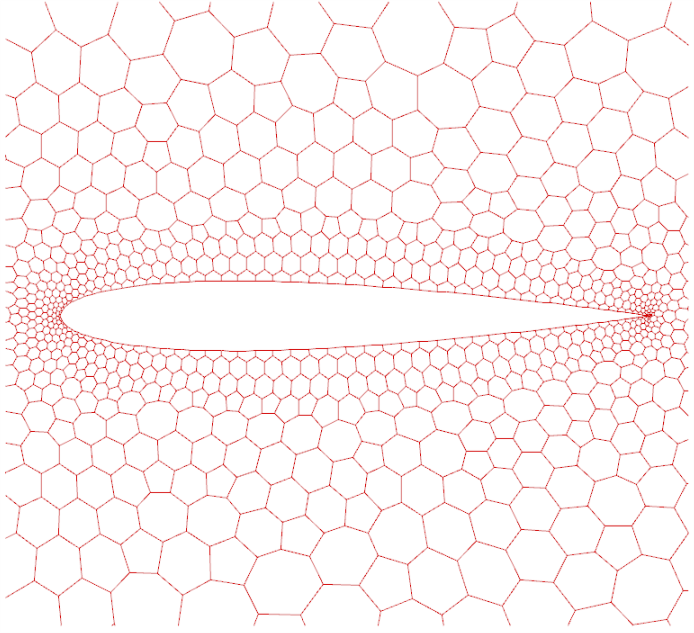


1. دیاگرام ورنوی شکل سه

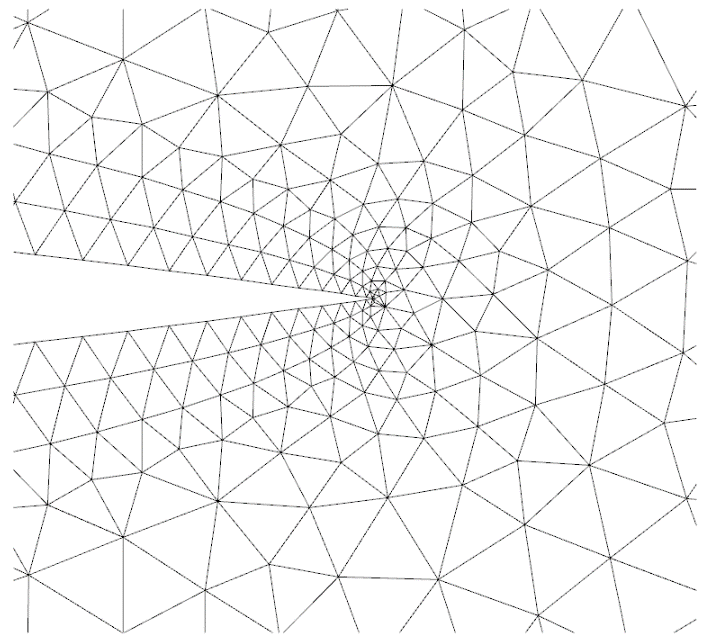
شبکه­ی دیگری نیز، مربوط به شبکه اطراف یک ایرفویل می­باشد. با استفاده از روش مطرح شده برای ترسیم دیاگرام ورنوی، هیچ یک از نقاط مرزی تغییری نکرده است.



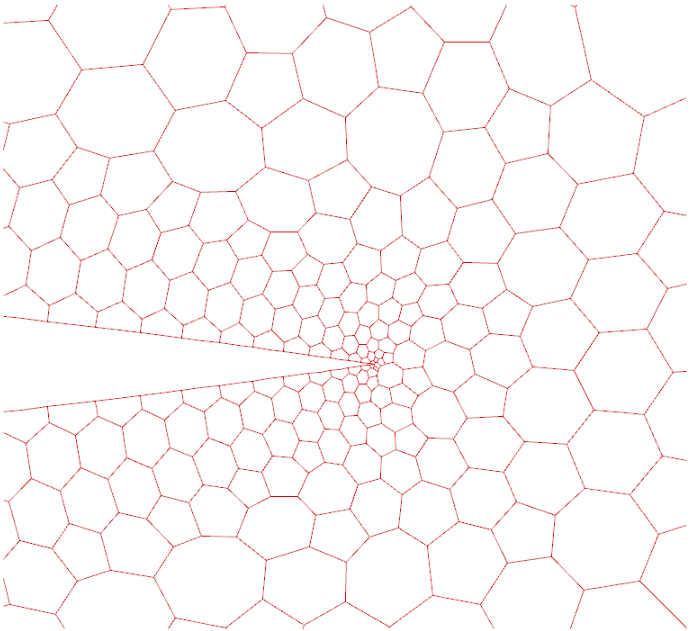
1. شبکه اطراف یک ایرفویل



1. دیاگرام ورنوی شبکه شکل پنج

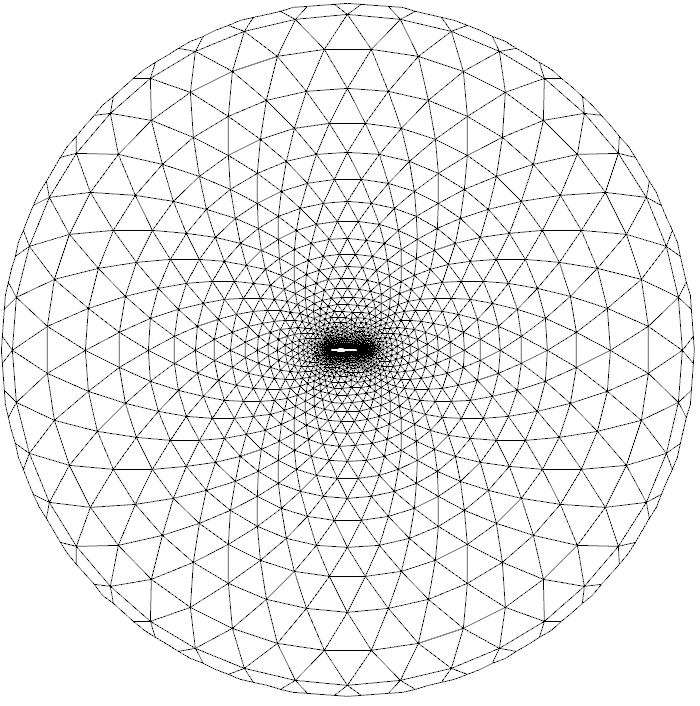


1. قسمت انتهایی شبکه اطراف یک ایرفویل

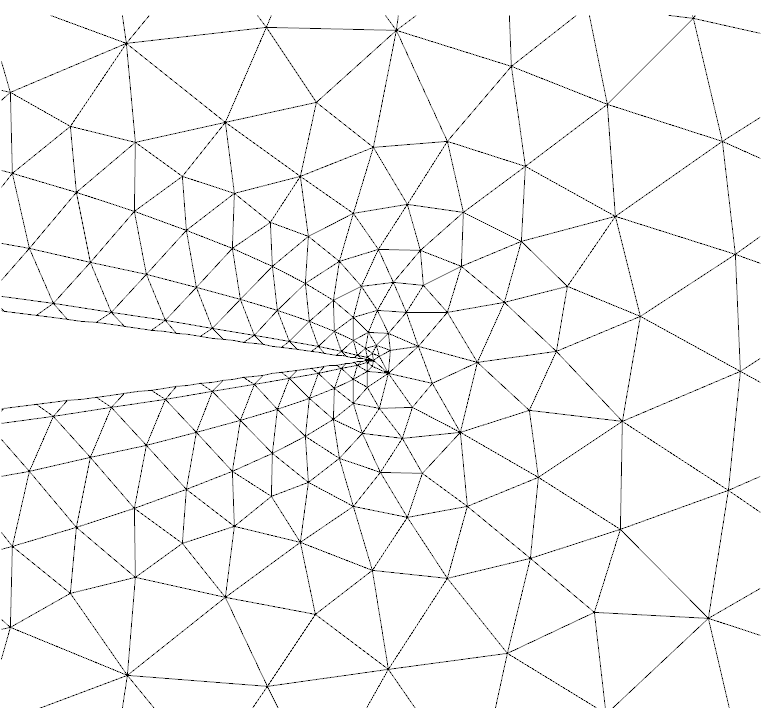


1. دیاگرام ورنوی شکل پنج

شبکه­ی دیاگرام ورنوی ‏شکل (6) و ‏شکل (8) مطابق با شکل زیر ترسیم می­گردد.

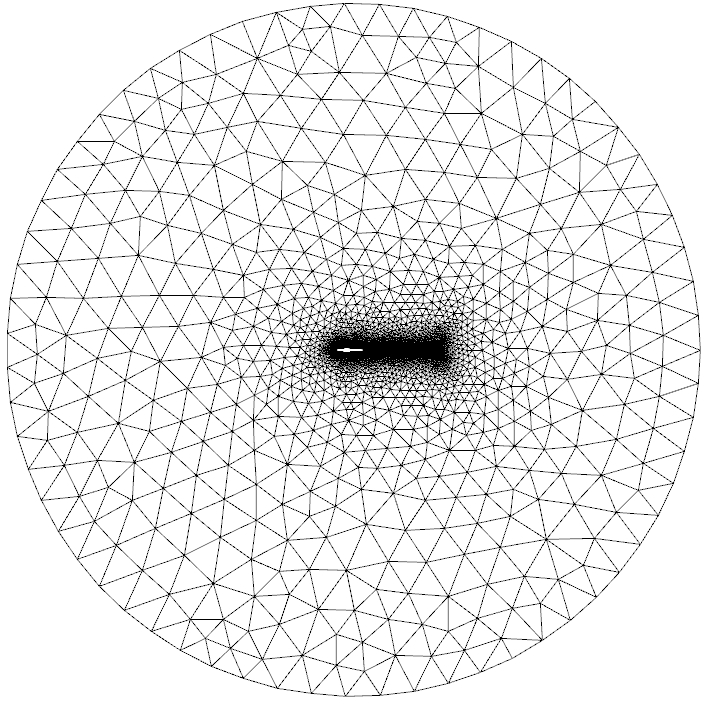


1. شبکه­ی دیاگرام ورنوی شکل ششم‏شکل (6)

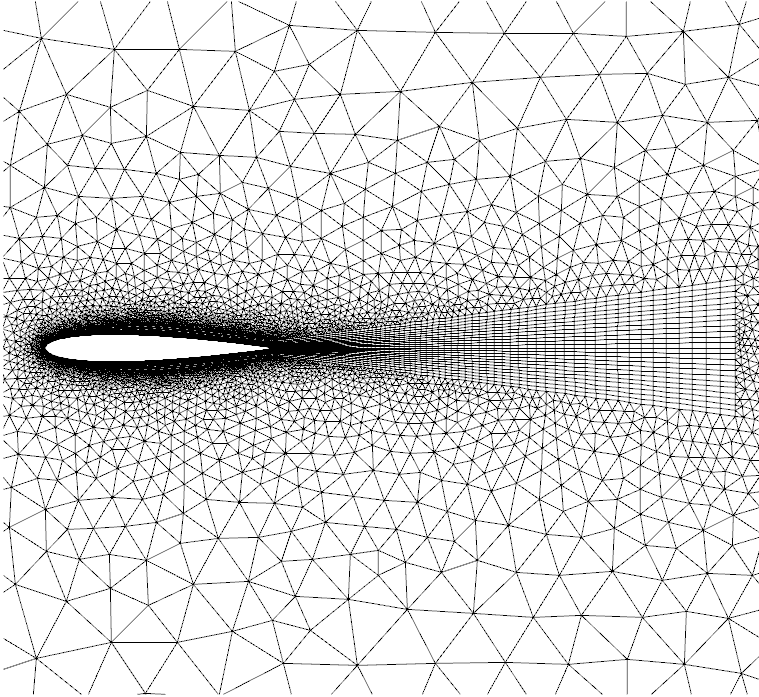


1. شبکه­ی دیاگرام ورنوی شکل هشتم

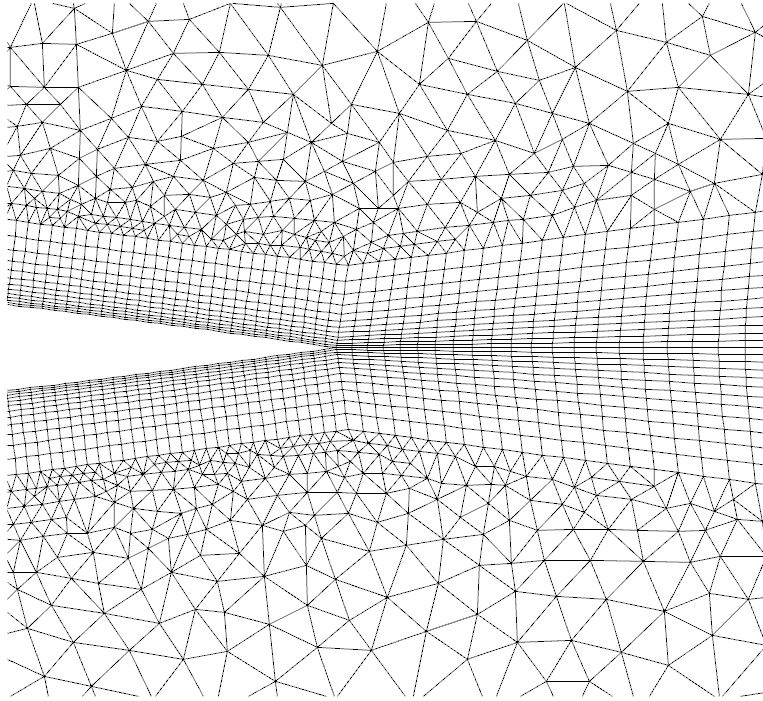
همچنین این برنامه قابلیت تولید شبکه­ی دیاگرام ورنوی برای شبکه­های مرکب[[1]](#footnote-1) با پیچیدگی فراوان را نیز دارد. برای این منظور یک شبکه­ی مرکب از یک ایرفویل برای تحلیل در حالتی که Wake ایجاد می­شود مطابق با ‏شکل (11) الی ‏شکل (13) به عنوان ورودی به برنامه داده می­شود. همانطور که در این اشکال مشاهده می­شود، در ناحیه­ی Wake دقت شبکه با استفاده از شبکه­های مستطیلی به جای شبکه­های مثلثی افزایش یافته است. خروجی برنامه در ‏شکل (14) الی ‏شکل (16) نشان داده شده است. همانطور که در خروجی مشاهده می­شود، این شبکه در نواحی که شبکه از حالت مثلثی به مستطیلی تبدیل شده است توانسته است دیاگرام ورنوی را ترسیم و اتصال­ها را انجام دهد.



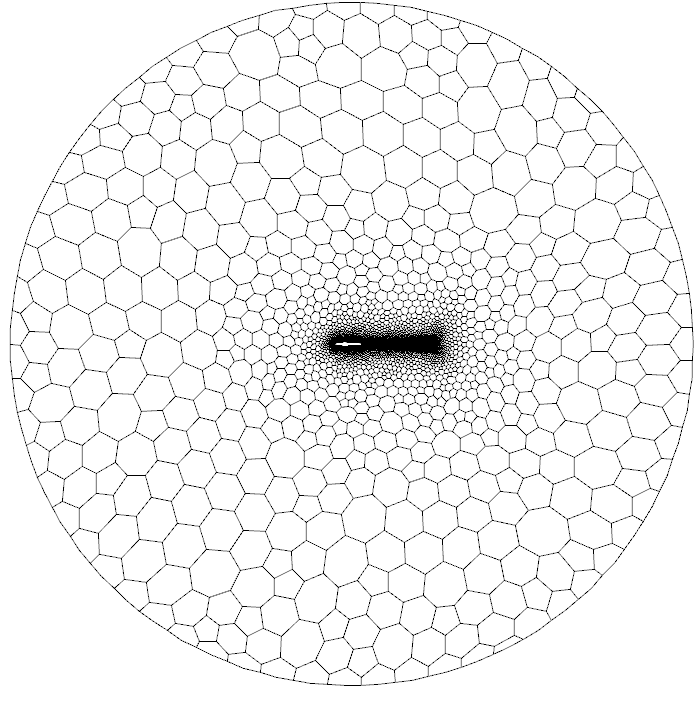
1. ایرفویل با شبکه­ی مرکب و ناحیه­ی Wake



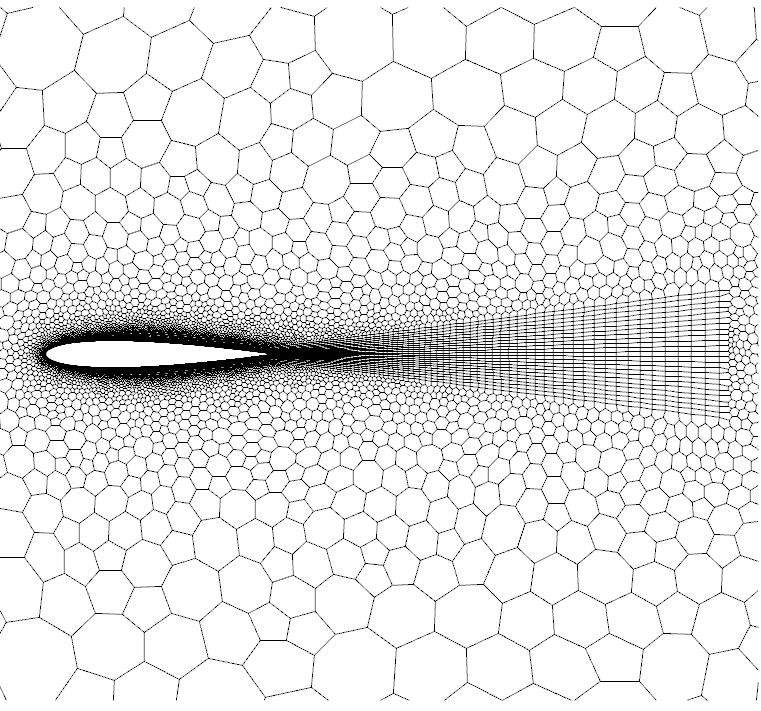
1. نمایی نزدیک از ناحیه­ی Wake و شبکه­ی مرکب از شبکه­ی شکل یازدهم



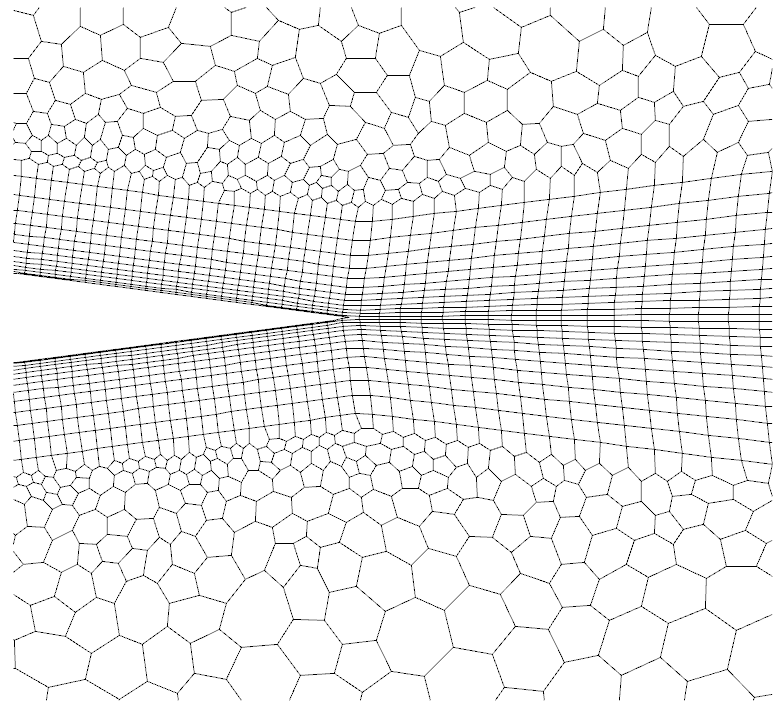
1. نمایی نزدیکتر از شکل دوازدهم



1. شبکه­ی دیاگرام ورنوی شکل یازدهم



1. نمایی نزدیکتر از شبکه­ی دیاگرام ورنوی شکل یازدهم مطابق با شکل دوازدهم



1. نمایی نزدیکتر از شبکه­ی دیاگرام ورنوی شکل یازدهم مطابق با شکل سیزدهم

# تئوری و الگوریتم

## دیاگرام ورنوی

در علم ریاضیات دیاگرام ورونوی روشی برای تقسیم فضا به تعدادی ناحیه می‌باشد. در این دیاگرام به هر مجموعه‌ای از نقاط (که دامنه‌ها، سایت‌ها یا ژنراتورها نامیده می‌شوند) ناحیه‌ای اختصاص داده می‌شود. این نواحی سلول‌های ورونوی نامیده می‌شود. برای یک مجموعه از نقاط دیاگرام ورونوی سطح را به مناطقی تقسیم­بندی می‌کند که برای هر نقطه از مجموعه نقاط یک منطقه تعریف می‌شود. به طوری که تمام نقاط این منطقه به نقطه تولید کننده آن منطقه نزدیکتر می‌باشد. از کاربردهای این دیاگرام در مثلث­بندی دلانی می‌باشد.

در این برنامه دیاگرام ورنوی با استفاده از شبکه­ی اولیه به دست می­آید. به این صورت که ابتدا برای هر یک از المان­های موجود در شبکه مرکز هندسی آن تعیین می­گردد. سپس مرکزهای هندسی هر یک از المان­های مجاور به یکدیگر متصل می­شوند. برای المان­های مرزی نیز ابتدا مرکز المان به مرکز ضلع مرزی متصل می­شود. سپس به منظور حفظ هندسه­ی شیء فضایی و افزایش دقت محاسباتی در مرزها، از مرکز ضلع مرزی به دو انتهای ضلع مرزی متصل می­گردد.

## الگوریتم تولید دیاگرام ورنوی با استفاده از شبکه­ی دو بعدی

1. خواندن اطلاعات شبکه­ی دو بعدی به عنوان ورودی
2. به دست آوردن مراکز هندسی المان­ها
3. اتصال مراکز هندسی المان­های مجاور به یکدیگر و تشکیل وجه داخلی جدید
4. اتصال مرکز هندسی المان­های مرزی به ضلع مرزی آن­ها و تشکیل وجه داخلی جدید
5. اتصال مرکز ضلع مرزی به دو انتهای آن و تشکیل دو وجه مرزی جدید
6. نوشتن اطلاعات دیاگرام ورنوی در یک فایل شبکه و یک فایل Tecplot به منظور نمایش نتایج

در ادامه به توضیح هر یک از این مراحل پرداخته شده است.

### خواندن اطلاعات شبکه­ی دو بعدی به عنوان ورودی

شبکه­ی استفاده شده در این برنامه ضلع محور[[2]](#footnote-2) می­باشد.

### به دست آوردن مراکز هندسی المان­ها

برای به دست آوردن مراکز هندسی المان، از نقاط تشکیل­دهنده­ی آن (گره­ها) استفاده شده است. برای این منظور مطابق با ‏شکل (17) یک المان فرضی با چهار نقطه در نظر گرفته می­شود.

P1

P4

P3

P2

1. المان فرضی برای به دست آوردن مرکز هندسی

برای دست آوردن مرکز هندسی المان ‏شکل (17) یا هر المان دیگری، می­بایست مطابق با روابط مؤلفه­های عمودی و افقی هر یک از نقاط را جمع نمود و سپس تقسیم بر تعداد کل نقاط نمود.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

گام­‌های سه الی پنج مربوط به تولید اضلاع در شبکه­ی دیاگرام ورنوی می­باشد که هر یک از این روش­ها در ادامه توضیح داده شده است.

### اتصال مراکز هندسی المان­های مجاور به یکدیگر و تشکیل وجه جدید

همانند اضلاع شبکه­ی دو بعدی ورودی، اضلاع شبکه­ی دیاگرام ورنوی نیز دارای مرزها و نواحی مختلف هستند. برای تولید اضلاع داخلی شبکه­ی دیاگرام ورنوی، در ابتدا مراکز المان­های داخلی به یکدیگر متصل می­شوند و اضلاع داخلی شبکه­ی دیاگرام ورنوی تولید می­شوند. در اینجا یک قرارداد تنظیم شده است. مطابق با ‏شکل (18) به این صورت که جهت ضلع در شبکه­ی دیاگرام ورنوی از NE (سلول همسایه­ای ضلع P1P2) به ME (سلول اصلی ضلع P1P2) می­باشد.

ME

NE

P2

P1

1. تشکیل Face داخلی در شبکه­ی دیاگرام ورنوی با استفاده از اضلاع داخلی شبکه­ی دو بعدی ورودی

مطابق با شکل فوق، ضلع (NE,ME) یک ضلع جدید داخلی از اضلاع شبکه­ی دیاگرام ورنوی می­باشد. برای این ضلع، متغیر IDS که معرف اطلاعات اضلاع شبکه می­باشد، به صورت زیر تعریف می­شود:

IDS(1,i) = P1

IDS(2,i) = P2

IDS(3,i) = NE

IDS(4,i) = ME

IDS(1,i)و IDS(2,i) معرف المان­های مجاور (به ترتیب سلول اصلی یا همان ME و سلول همسایه یا همان NE) به ضلع شبکه­ی دیاگرام ورنوی می­باشند. در این حالت به تعداد نقاط شبکه­ی دو بعدی ورودی، در شبکه­ی دیاگرام ورنوی سلول وجود دارد. لذا از شماره­ی آن نقاط برای شماره­گذاری سلول­های جدید استفاده می­کنیم.

IDS(3,i) و IDS(4,i) بیانگر شماره­ی نقاط شروع و پایان می­باشد که با استفاده از مراکز اضلاع المان­های مجاور به ضلع P1P2 یعنی ME و NE مربوط به آن ضلع به دست آورده شده است.

### اتصال مرکز هندسی المان­های مرزی به ضلع مرزی آن­ها و تشکیل وجه داخلی جدید

در حالتی که به یک ضلع مرزی در شبکه­ی دو بعدی ورودی می­رسد، NE مربوط به آن صفر است. در این حالت مطابق با ‏شکل (19) با اتصال مرکز المان مرزی به وسط ضلع مرزی آن یک ضلع داخلی در شبکه­ی دیاگرام ورنوی تولید می­شود. در این حالت یک نقطه یعنی وسط ضلع مرزی به نقاط شبکه­ی دیاگرام ورنوی افزوده می­شود. در ابتدا تعداد نقاط شبکه­ی دیاگرام ورنوی برابر تعداد سلول­های شبکه­ی دو بعدی ورودی می­باشد.

ME

Newpoint

P1

P2

1. تولید ضلع داخلی برای المان مرزی در شبکه­ی دو بعدی ورودی

در این حالت متغیر IDS برای ضلع داخلی تولید شده در شبکه­ی دیاگرام ورنوی به صورت زیر می­باشد:

IDS(1,i) = P2

IDS(2,i) = P1

IDS(3,i) = NewPoint

IDS(4,i) = ME

### اتصال مرکز ضلع مرزی به دو انتهای آن و تشکیل دو وجه مرزی جدید

همانطور که در بخش قبلی ذکر شد، بر روی اضلاع مرزی یک نقطه­­ی جدید یعنی بر روی مرکز آن تولید می­شود. برای تشکیل اضلاع مرزی در شبکه­ی دیاگرام ورنوی نقطه­ی جدید تولید شده را یک مرتبه به نقطه­ی مرزی سمت راست و مرتبه­ی دیگر به نقطه­ی مرزی سمت چپ متصل نموده و دو ضلع مرزی جدید تولید می­شود. این حالت در ‏شکل (20) نشان داده شده است.

ME

Newpoint

P1

P2

1. تولید اضلاع مرزی در شبکه­ی دیاگرام ورنوی

در این حالت برای اضلاع جدید تولید شده متغیر IDS برای هر یک به صورت زیر مقداردهی می­شود.

IDS(1,i) = P1

IDS(2,i) = 0

IDS(3,i) = P1

IDS(4,i) = NewPoint

و برای ضلع دیگر:

IDS(1,i) = P2

IDS(2,i) = 0

IDS(3,i) = NewPoint

IDS(4,i) = P2

# پیاده‌سازی و زیربرنامه‌های مورد استفاده

در ادامه زیربرنامه های به کار رفته برای پیاده­سازی توضیح داده می‏شوند. برای مطالعه مستندات برخی از زیربرنامه ها باید به مستندات آن زیربرنامه مراجعه شود.

1. فراخوانی زیربرنامه­ی Read\_2DMesh

ابتدا با فراخوانی زیربرنامه Read\_2DMesh فایل ورودی "Mesh.gid" خوانده شده و تمام اطلاعات موجود در این فایل از کاربر گرفته می­شود. ساختار شبکه­ی ورودی ضلع محور[[3]](#footnote-3) می­باشد. لذا برای هر یک از اضلاع موجود در شبکه نقاط ابتدایی و انتهایی و المان­های متصل به آن­ها قابل دسترسی می­باشد.

1. فراخوانی زیربرنامه­ی Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt

در این قسمت با فراخوانی زیربرنامه­ی Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt اطلاعات موجود در شبکه­ی دو بعدی ورودی "Mesh.gid" در یک فایل ترسیمی به نام "IMesh.plt" ذخیره می­شود. این فایل با استفاده از نرم­افزار Tecplot قابل مشاهده می­باشد. همچنین کلیه­ی مرزها و ناحیه­ها در این خروجی تفکیک شده است.

1. مقداردهی متغیرهای پیش­فرض

در این قسمت برخی از متغیرهای پیش فرض مقداردهی می­شوند. این مقادیر شامل متغیر Z می­باشد که برای یک شبکه­ی دو بعدی برابر صفر است. متغیر MeshDim بیانگر ابعاد فضای محاسباتی می­باشد که در اینجا برای فضای دو بعدی برابر با 2 مقدار دهی می­شود. متغیر Facetype بیانگر نوع ساختار وجوه   
می­باشد که با استفاده از تعداد نقاط تشکیل­دهنده­ی هر وجه تعیین می­شود. در شبکه­های دو بعدی تمامی وجوه به صورت یک ضلع (پاره خط) می­باشند که از دو نقطه تشکیل شده است. لذا مقدار این متغیر برای تمامی وجوه شبکه (NF) برابر با 2 می­باشد.

1. تعیین مرکز هندسی المان­ها

با استفاده از زیربرنامه­ی CalCellCentroid و به کارگیری مختصات هر یک از نقاط موجود، مرکز هندسی هر یک از المان­ها محاسبه می­گردد. در این زیربرنامه هر المان به مرکز هندسی خود تبدیل می­شود. در این حالت با استفاده از مشخصات هر یک از اضلاع، شامل المان­های تشکیل­دهنده­ی آن­ها و مختصات نقاط مراکز هندسی هر یک از این المان­ها محاسبه می­گردد.

1. ساخت اضلاع جدید

با فراخوانی زیربرنامه‏ی DualMeshGenerator2D و با استفاده از مراکز هندسی المان­ها و اضلاع مرزی از شبکه­ی دو بعدی ورودی، اضلاع جدید برای ترسیم دیاگرام ورنوی ساخته می­شوند. همانطور که در  
بخش ‏3-2- توضیح داده شد، ابتدا با استفاده از ساختار ضلع محور شبکه، المان­های مجاور با یکدیگر با کمک اضلاع مشترک میان آن­ها به دست می­آید. سپس مطابق با بخش ‏3-2-3- اضلاع جدید داخلی برای ترسیم دیاگرام ورنوی با اتصال مرکز هندسی المان­هایی که مجاور هم هستند، به وجود می­آیند. برای المان­هایی که یک وجه مرزی دارند، مطابق با بخش ‏3-2-4- مرکز هندسی آن المان به مرکز آن وجه مرزی متصل می­شود. سپس به منظور آن که در هندسه نواحی مرزی تغییری حاصل نشود، مرکز وجه مرزی به نقاط آن وجه متصل و مطابق با بخش ‏3-2-5- دو ضلع مرزی در همان ناحیه حاصل می­گردد. به عبارت دیگر با حذف کلیه­ی نقاط داخل شبکه و جایگزینی آن­ها با نقاط مراکز هندسی المان­هایشان، نقاط وجوه مرزی از بین نرفته و در دیاگرام وُرُنوی به کار گرفته می­شوند. لازم به ذکر است که در هر مرحله از تولید ضلع جدید در شبکه­ی دیاگرام ورنوی، هر ضلع با توجه به ناحیه­ای که در آن قرار دارد، در همان ناحیه قرار داده می­شود. لذا استفاده از نواحی در ساخت شبکه­ی دیاگرام ورنوی رعایت شده است.

1. فراخوانی زیربرنامه­ی WriteMesh\_gid

در این قسمت با فراخوانی زیربرنامه­ی WriteMesh\_gid اولین خروجی مطلوب مطابق با بخش ‏1-3-تولید می­شود. این خروجی به نام "MeshOut.gid" حاوی اطلاعات شبکه­ی خروجی دیاگرام ورنوی در قالب   
ضلع محور می­باشد. پیش از فراخوانی زیربرنامه برخی از متغیرهای پیش فرض مقدار دهی می­گردند. لازم به ذکر است از خروجی حاصل شده می­توان در سایر نرم­افزارهای توسعه یافته بر پایه­ی دینامیک سیالات محاسباتی و تولید شبکه به عنوان یک شبکه­ی ورودی با ساختار ضلع محور نیز استفاده نمود.

1. فراخوانی زیربرنامه­ی Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt

در این قسمت با فراخوانی زیربرنامه­ی Write2DMeshSepRgn\_gid\_plt دومین خروجی مطلوب مطابق با آنچه که در بخش ‏1-3-توضیح داده شد به دست می­آید. این خروجی به نام "OMesh.plt" حاوی اطلاعات شبکه­ی خروجی دیاگرام ورنوی در قالب ضلع محور برای نمایش در نرم­افزار Tecplot می­باشد.

1. Hybrid Grid [↑](#footnote-ref-1)
2. Edge based [↑](#footnote-ref-2)
3. Edge Based [↑](#footnote-ref-3)