

****

**عنوان:**

پیاده سازی کد AirFLow\_InvicidHighOrder2D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | مرتضی نامور |  |
| سامان کاووسی |  |
| علیرضا رضایی |  |
| **تهیه کنندگان مستند** |  | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 7/1/1397 | |
| **شناسه سند** | **MC5F001F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90** | |

1. راهنمای کاربری

در این فصل فایل های ورودی و تنظیمات لازم جهت اجرا نمودن برنامه و خروجی های آن آورده می شود. همپچنین نرم افزارهای مورد استفاده برای اجرای برنامه آورده می شود. لازم بذکر است که برنامه حاضر بگونه ای نوشته شده است که کاربر تنظیمات لازم را تنها از طریق فایل های ورودی به برنامه معرفی نماید. اما در مواردی نیز برخی کارها همانند تغییر در ساختار کد باید درون کد انجام شود که در هنگام پیاده سازی این موارد گفته شده است.

* 1. نرم افزارهای مورد نیاز

این برنامه با استفاده از زبان برنامه نویسی فرترن تدوین و از کامپایلر *Intel Parallel Studio XE 2015* در محیط برنامه نویسی *Microsoft visual studio 2012*استفاده شده است. همچنین جهت پس پردازش اطلاعات و مشاهده فایل های خروجی از نرم افزار *Tecplot 360* استفاده گردیده است. بنابراین لازم است تمام این نرم افزارها نصب شده باشد تا امکان اجرای برنامه وجود داشته باشد.

جهت استفاده *بهتر* از مستندات سابروتین ها و کدها باید از نرم افزار *Mocrosoft Word 2007* استفاده شود و برای جلوگیری از بهم ریختگی روابط نرم افزار *Mathtype* باید نصب شده باشد. در اینجا لازم است توصیه اکید گردد که جهت استفاده از مستندات کدها باید *افزونه X* نصب شده باشد. جهت دانلود این افزونه و *نحوه کار با آن* توصیه می شود فیلم آموزشی مربوطه مشاهده شود.

* 1. تنظیمات لازم

توصیه می شود که تمام زیربرنامه ها را از سایت نرم افزار تهیه نمایید و جهت استفاده از کدها از فایل project تهیه شده استفاده کنید چرا که تمام تنظیمات لازم بر روی این project انجام شده است. تنها نکته قابل ذکر در اینجا مربوط به انتخاب بعد آرایه ها می باشد. از آنجا که سعی شده است برنامه به ساده ترین شکل نوشته شود، از بکار بردن دستورات مربوط به اختصاص حافظه[[1]](#footnote-1) بر طبق اطلاعات شبکه صرفنظر شده است. بنابراین در ابتدای برنامه یک پارامتر بنام Dim تعریف شده که مقدار حداکثر بعد آرایه های استفاده شده را تعیین می کند. بهتر است این مقدار برابر تعداد اضلاع یا فیس های شبکه باشد و حداکثر مقدار آن باید در حدی انتخاب شود که Stack برنامه اجازه می دهد.

* 1. فایل‌های ورودی

در این برنامه سعی شده است تمام ورودی های لازم از طریق فایل های ورودی به برنامه معرفی شود. دو فایل ورودی که حاوی مشخصات جریان آزاد و شبکه محاسباتی است، باید برای اجرای برنامه تهیه شده و در پوشه حاوی برنامه اصلی قرار داده شود. فایل حاوی شبکه محاسباتی بنام Mesh.gid می باشد که ساختار آن در مستندات زیربرنامه مربوط به خواندن شبکه بطور کامل گفته شده است. جهت تهیه فایل شبکه می توانید با استفاده از *نرم افزار ReadMshFile* فایل خروجی نرم افزارهای تولید شبکه را به فرمت مورد نیاز این برنامه تبدیل کنید. لازم است توجه شود که شرایط مرزی باید در فایل شبکه، توسط کاربر اعمال شود.

جهت اجرای برنامه لازم است تنظیماتی مطابق با نظر کاربر از طریق فایل ورودی به برنامه معرفی گردد. این تنظیمات (بترتیب) باید در یک فایل به نام Setting.txt تهیه شود. جزئیات کامل این فایل در مستندات زیربرنامه Read\_Setting آورده شده است.

بطور پیش فرض مقدار دهی اولیه بر اساس شرایط جریان آزاد انجام می شود. اما ممکن است کاربر بخواهد مقدار دهی اولیه را بر اساس نتایج قبلی انجام دهد. اینکار باعث می شود کاربر بتواند در هر زمانی اجرای برنامه را متوقف نموده و به انجام برخی اصلاحات بپردازد و سپس اجرای برنامه را مجددا پیگیری نماید. بنابراین در صورتیکه مقدار پارامتر مربوط به اینکار در فایل Setting.txt برابر صفر باشد مقدار دهی در خود برنامه و بر اساس جریان آزاد انجام می گیرد و در غیر اینصورت بر اساس نتایج موجود که در فایل ConservativeVariables.txt وجود دارد، انجام خواهد شد. توجه شود که در صورتیکه برای اولین بار یک مسئله حل می شود باید مقدار پارامتر اشاره شده برابر صفر باشد و در غیر اینصورت برنامه اجرا نخواهد شد.

* 1. فایل‌های خروجی

پس از اجرای برنامه فایل های خروجی Contours.Plt و CP.Plt که بترتیب شامل مقادیر بی بعد جریان در هر کدام از نقاط شبکه و مقدار ضریب فشار در نقاط روی مرز دیوار می باشد، چاپ خواهد شد. در این برنامه به ازای هر 100 گام زمانی یکبار این فایل ها چاپ خواهد شد که این مقدار می تواند بطور دلخواه توسط کاربر از طریق فایل setting.txt به برنامه معرفی شود. جهت مشاهده نمونه این فایل ها به بخش نتایج مراجعه شود. همچنین مقدار باقیمانده های معادله جرم در یک فایل بنام ResMass.Plt چاپ خواهد شد.

همانگونه که قبلا نیز اشاره شد، نتایج مربوط به حل یعنی مقادیر بقایی در فایل ConservativeVariables.txt چاپ خواهد شد تا در ادامه بتوان مقداردهی اولیه را از طریق این فایل انجام داد. برای اطلاعات بیشتر در مورد فایل های خروجی به مستندات زیربرنامه های مربوطه مراجعه نمایید.

* 1. زیربرنامه‌های مورد استفاده

برنامه حاضر بگونه ای تدوین شده است که تمام قسمت های آن بصورت زیربرنامه بوده تا فهم آن راحتتر باشد و بتوان در برنامه های مختلف از این زیربرنامه ها استفاده کرد. برای مثال براحتی می توان بجای روش AUSM از هر نوع دیگری از روش های گسسته سازی بخش جابجایی استفاده نمود.

1. پیاده سازی

در برنامه اصلی پس از تعریف پارامترها و آرایه­های لازم، موارد زیر بترتیب اجرا خواهد شد. لازم بذکر است که شماره گذاری زیر بر اساس شماره گذاری موجود در فایل فرترن برنامه می باشد.

1. خواندن فایل شبکه

شبکه محاسباتی در این کد در نرم افزار های تولید شبکه مانند گمبیت ،ICEM و...تولید می شود و سپس توسط یک کد اینترفیس به فرمت مورد نظر در این کد تبدیل می شود و بعنوان ورودی به این کد معرفی می شود. لازم است توجه شود که شرایط مرزی در این فایل (فایل مربوط به شبکه) باید اعمال گردد که در مستندات این زیربرنامه بطور مفصل به آن پرداخته شده است.

1. خواندن پارامترهای لازم برای حل معادلات

با توجه به الگوریتم حل اشاره شده، با فراخوانی این زیر برنامه اطلاعات لازم برای حل معادلات از کاربر گرفته و ذخیره می­شود.

1. شماره گذاری مجدد اضلاع برای اعمال شرایط مرزی

با فراخوانی زیربرنامه MeshBC اضلاع غیر مرزی به ابتدای آرایه مربوط به ذخیره اطلاعات اضلاع تشکیل دهنده شبکه منتقل شده و همچنین سایر نواحی شبکه متناسب با شرایط مرزی مربوطه شماره گذاری مجدد می گردد.

1. تشخیص تعداد و شماره اضلاع تشکیل دهنده هر سلول

در اینجا تعداد و شماره اضلاع تشکیل دهنده هر سلول پیدا می شود تا در مراحل بعدی از این اطلاعات استفاده گردد.

1. پیدا کردن شماره نقاط تشکیل دهنده هر سلول

پس از تشخیص تعداد و شماره اضلاع تشکیل دهنده یک سلول نقاط تشکیل دهنده هر سلول پیدا می شود در در هنگام چاپ اطلاعات در فایل های tecplot از آنها استفاده گردد.

1. محاسبه مساحت سلول ها و مختصات مرکز آنها

با فراخوانی زیربرنامه GeoCal2Dمساحت، بردارهای عمود با بعد، طول اضلاع و مختصات مرکز هر کدام از سلول های شبکه محاسبه شده و در آرایه های مربوطه ذخیره می­شود.

1. مقداردهی اولیه

در اینجا با فراخوانی زیربرنامه InitMeanFlow\_Inviscid برخی از آرایه ها و پارامترها که در ادامه مورد استفاه قرار خواهند گرفت، از جمله مقادیر بقایی مقداردهی می شود. باید بخاطر داشت در صورتیکه مقدار پارمتر init، که یکی از ورودی های این زیربرنامه می باشد، برابر 1 باشد، مقادیر بقایی با استفاده از فایل ConservativeVariables.txt که در تکرارهای قبل ذخیره شده است، مقداردهی می شود.

1. محاسبه فشار

مقدار فشار با استفاده از رابطه زیر برای هر کدام از سلول ها محاسبه می گردد.



1. تعیین شرایط مرزی

با فراخوانی زیربرنامه های مربوط به اعمال شرایط مرزی، مقادیر بقایی و همچنین فشار در میانه اضلاع مرزی تعیین و در آرایه مربوطه ذخیره می گردد. این کار قبل از شروع حلقه تکرار مربوط به گام زمانی انجام می گیرد تا مقادیر مربوط به شرایط مرزی مقداردهی اولیه شوند و همچنین از این مقادیر برای محاسبه گام زمانی در بخش های بعدی استفاده گردد. تعیین شرایط مرزی در فایل شبکه توسط کاربر انجام می شود.

1. محاسبه ضرایب مورد نیاز در بدست آوردن مشتقات مرتبه اول

در این قسمت ضرایب مورد نیاز جهت محاسبه مشتقات با روش حداقل مربعات که در گام های بعدی به آن نیاز داریم مطابق با الگوریتم طراحی شده ی ِ این بخش بدست می آید

1. محاسبه مشتقات مرتبه اول

جهت بازسازی مقادیر بر روی وجوه و همچنین اعمال محدود کننده به مشتقات برخی پارامتر های جریان نیاز می باشد که این مشتقات با استفاده از قضیه گرین-گوس در مرکز سلول های شبکه محاسبه می شوند.

1. محاسبه محدود کننده

محدود کننده ها بگونه ای اعمال می شوند که ترم‌های بازسازی به نحوی کاهش یابند تا مقادیر خاصیت بر روی وجوه در محدوده ماکزیمم و مینمم مطلقی که مقادیر سلول‌ها مجاور می‌سازند، محدود شوند. در اینجا زیربرنامه Limiter مقدار محدود کننده را برای پارامترهای چگالی، سرعت و فشار را محاسبه می کند.

1. مقداردهی اولیه به برخی پارامتر ها

در اینجا از مقدار باقیمانده معادله جرم برای اطمینان از همگرایی استفاده شده است. بنابراین پروسه حل تا زمانی ادامه می یابد که مقدار باقیمانده معادله جرم از یک مقدار تعیین شده توسط کاربر بزرگتر باشد. یک شمارنده وجود دارد که تعداد گام های زمانی را شمارش می کند که در اینجا لازم است این مقدار برابر صفر قرار داده شود.

1. پیشروی در زمان در یک حلقه تکرار

در یک حلقه تکرار تا ارضا شدن شرط همگرایی، حل معادلات انجام می شود. در اینجا از مقدار باقیمانده معادله جرم برای اطمینان از همگرایی استفاده شده است. بنابراین پروسه حل تا زمانی ادامه می یابد که مقدار باقیمانده معادله جرم از یک مقدار تعیین شده توسط کاربر بزرگتر باشد. توجه شود که در اینجا حل حالت پایدار مورد نظر می باشد.

1. بروز رسانی تعداد گام های زمانی

با شروع اجرای حلقه تکرار یک واحد به پارامتر نشاندهنده تعداد گام های زمانی اضافه می گردد.

1. مقداردهی به برخی آرایه های بکار رفته در روش رانگ-کوتا

همانگونه که گفته شد در روش رانگ-کوتا از مقادیر گام زمانی قبل استفاده می شود که لازم است قبل از شروع حلقه تکرار مربوط به روش رانگ-کوتا این مقادیر مقداردهی شوند. همچنین این مقادیر برای محاسبه باقیمانده معادله جرم یا هر معادله دیگری می تواند بکار رود.

1. تعیین گام زمانی

با فراخوانی زیربرنامه TimSTP\_Inviscidگام زمانی هر کدام از سلول های شبکه محاسبه می گردد. در اینجا از گام زمانی متغیر استفاده شده است به این معنی که هر سلول با گام زمانی مربوط به خود در زمان پیشروی خواهد کرد تا سرعت همگرایی جهت بدست آوردن حل پایدار سریعتر باشد. کاربر می تواند پس از اجرای این زیربرنامه کوچکترین گام زمانی را بعنوان گام زمانی تمام سلول ها انتخاب نماید تا به این ترتیب بتواند حل ناپایا را بدست آورد.

1. حل معادلات در حلقه مربوط به روش رانگ-کوتا

در یک حلقه به تعداد مراحل رانگ-کوتا معادلات حل خواهند شد.

1. محاسبه ضرائب روش رانگ-کوتا

ضریب هر کدام از مراحل رانگ-کوتا محاسبه می شود و در یک پارامتر محلی ذخیره می گردد.

1. محاسبه بخش جابجایی

نحوه گسسته سازی و محاسبه بخش جابجایی در اینجا با فراخوانی زیر برنامه ConMeanFlow\_AUSM \_HO انجام می‌شود

1. محاسبه مقادیر بقایی

در یک حلقه تکرار بر روی تمام سلول های شبکه مقادیر بقایی تمام سلول های شبکه با توجه به روش گسسته سازی صریح رانگ کوتا محاسبه می گردد.

1. محاسبه سرعت ها و فشار

مقدارسرعت ها و همچنین فشار با استفاده از رابطه زیر برای هر کدام از سلول ها محاسبه می گردد.



1. تعیین شرایط مرزی

با فراخوانی زیربرنامه های مربوط به اعمال شرط مرزی مقادیر بقایی و همچنین فشار در میانه اضلاع مرزی تعیین و در آرایه مربوطه ذخیره می گردد تا در مراحل بعدی از آنها استفاده گردد.

1. محاسبه مشتقات مرتبه اول

جهت بازسازی مقادیر بر روی وجوه و همچنین اعمال محدود کننده به مشتقات برخی پارامتر های جریان نیاز می باشد که این مشتقات با استفاده از قضیه گرین-گوس ویا روش حداقل مربعات در مرکز سلول های شبکه محاسبه می شوند.

1. محاسبه محدود کننده

همانگونه که قبلا اشاره شده محدود کننده ها بگونه ای اعمال می شوند که ترم‌های بازسازی به نحوی کاهش یابند تا مقادیر خاصیت بر روی وجوه در محدوده ماکزیمم و مینمم مطلقی که مقادیر سلول‌ها مجاور می‌سازند، محدود شوند. در اینجا زیربرنامه Limiter مقدار محدود کننده را برای پارامترهای چگالی، سرعت و فشار را محاسبه می کند.

1. محاسبه باقیمانده های معادله جرم

با فراخوانی زیربرنامه ResMass مقدار باقیمانده معادله جرم محاسبه می گردد.

1. چاپ نتایج

در تکرار های خاصی نتایج حل جریان در فایل های مربوطه چاپ خواهد شد که این مقدار توسط کاربر تعیین و توسط فایل ورودی به برنامه معرفی می شود.

1. Allocation [↑](#footnote-ref-1)