

****

**عنوان:**

پیاده سازی کد AirFLow\_Invicid3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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

با فراخوانی زیربرنامه Read\_3DMeshشبکه محاسباتی خوانده شده و اطلاعات لازم ذخیره می­شود.

1. خواندن پارامترهای لازم برای حل معادلات

با توجه به الگوریتم حل اشاره شده، با فراخوانی زیربرنامه Read\_Settingاطلاعات لازم برای حل معادلات از کاربر گرفته و ذخیره می­شود.

1. شماره گذاری مجدد اضلاع برای اعمال شرایط مرزی

با فراخوانی زیربرنامه MeshBC3D 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. محاسبه وجوه تشکیل دهنده هر سلول

با فراخوانی زیر برنامه FaceOfCell تعداد وجوه مربوط به هر سلول همراه شماره آن وجوه که به طور پراکنده در فایل mesh.txt وجود دارد، در آرایه مربوط به هر سلول ذخیره می­شود.

1. محاسبه فاصله از دیواره

در این قسمت فاصله سلول ها از سطح دیواره توسط الگوریتم ارائه شده در این زیربرنامه محاسبه می شود

1. محاسبه نقاط تشکیل ذهنده هر سلول

با فراخوانی زیر برنامه PointOfCell3D نقاط تشکیل دهنده سلول­ها با ترتیب خاصی در آرایه مربوط به هر سول ذخیره می­گردد.

1. محاسبه مساحت سلول ها و مختصات مرکز آنها

با فراخوانی زیربرنامه GeoCal3Dمساحت و بردارهای عمود بر هر وجه محاسبه شده و در آرایه مربوط به هر وجه ذخیره می­گردد. همچنین حجم و مختصات مرکز سلول­ها محاسبه شده و در آرایه مربوط به هر سلول ذخیره می­گردد.

1. مقداردهی اولیه

در اینجا با فراخوانی زیربرنامه InitMeanFlow3D 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 فایلConservativeVariables.txt که در تکرارهای قبل ذخیره شده است، مقداردهی می شود.

1. محاسبه فشار

مقدار فشار توسط رابطه زیر برای هر کدام از سلول ها محاسبه می گردد. توجه شود که در مدل های توربولانسی مانند k-e که در آنها مقدار انرژی جنبشی توربولانسی محاسبه می شود باید این مقدار به سرعت ها اضافه گردد.



1. تعیین مقدار لزجت مولکولی

مقدار لزجت مولکولی هر کدام از سلول های محاسباتی با استفاده ودما در این مرحله محاسبه خواهدشد.

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. همانگونه که قبلا گفته شد تعیین شرایط مرزی در فایل شبکه توسط کاربر انجام می شود.

1. مقداردهی اولیه به برخی متغیرها

در اینجا برخی مقادیر که در ادامه حل به مقدار آن ها نیاز داریم معین میکنیم و مقادیر آنها توسط کاربر مشخص می شود. لازم به ذکر است برخی از آنها لزوما صفر در نظر گرفته می شوند تا از بروز خطا در ابتدای حلقه محاسباتی جلوگیری بعمل آید.

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 آرایه های مربوط به زمان قبل

در اینجا ابتدا مقادیر بقایی در مقادیر گام زمانی قبل جایگذاری می شود. اینکار برای تعیین مقدار باقیمانده ها انجام می شود.

1. تعیین گام زمانی

با فراخوانی زیربرنامه TimSTP\_Invicid3Dگام زمانی هر کدام از سلول های شبکه محاسبه می گردد.لازم به ذکر است که اگر حل گذار مد نظر باشد میتواند از گام زمانی دوگانه نیز در این مرحله استفاده کرد بعبارت دقیق تر کد این انعطاف را دارد که بتواند در صورت لزوم از گام زمانی دوگانه استفاده کند.

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

همانگونه که قبلا اشاره شد، بخش جابجایی بصورت بالادست و با استفاده از روش AUSM گسسته سازی شده است که در اینجا از روش ارتقا یافته UP AUSM+ استفاده می­شود. بنابراین زیربرنامه ConMeanFlow\_AUSM\_PlusUP3D در این بخش فراخوانی می گردد. همچنین کد این انعطاف را داراست که در صورت نیاز برای محاسبه شار غیر لزج از روش های اسکالر یا روش های بادقت گسسته سازی بالا استفاده شود.

1. محاسبه مقادیر بقایی تمام سلول های شبکه

در یک حلقه تکرار بر روی تمام سلول های شبکه مقادیر بقایی تمام سلول های شبکه محاسبه می گردد.

1. محاسبه فشار

مقدار فشار با استفاده از رابطه ذکر شده در بخش نهم محاسبه می گردد.

1. تعیین مقدار لزجت مولکولی و دما

مقدار لزجت مولکولی هر کدام از سلول های محاسباتی محاسبه و در آرایه مربوطه ذخیره می گردد. مقدار دما نیز در این مرحله 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.

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)