

****

**عنوان:**

پیاده سازی کد 2D AirFlow\_InvicidAdaptLocalTimStp

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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. اصلاح شرایط مرزی در لوله-شاک صاد

از آنجا که در حل مساله شاک صاد دیوار سمت چپ دارای سرعت است لازم است در این قسمت شرط مرزی اصلاح گردد و از شرط مرزی ریمان در دیوار چپ استفاده گردد.

1. محاسبه فشار

مقدار فشار طبق 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. کپی اطلاعات شبکه اصلی

با فراخوانی این زیربرنامه یک کپی از اطلاعات شبکه گرفته می‌شود و اطلاعات آن در پارامترهای مربوطه ذخیره می‌گردد.

1. مقداردهی اولیه به برخی پارامتر ها

در اینجا برخی از پارامترهای شمارشگر که در ادامه به آن نیاز داریم مقدار دهی می شوند.

1. پیشروی در زمان در یک حلقه تکرار

در یک حلقه تکرار تا رسیدن به زمان مورد نظر یا باقیمانده ناپایای دلخواه کاربر حل معادلات انجام می‌شود. توجه شود که در اینجا حل ناپایا مورد نظر است.

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. تعیین کوچکترین گام زمانی

برای اینکه مقدار m که در هریک از سلول‌ها محاسبه شود نیاز به کوچکترین گام زمانی سلول‌ها داریم در اینجا این مقدار محاسبه می‌شود و در یک متغیر محلی ذخیره می گردد.

1. محاسبه

مشخصه  طبق رابطه‌ی زیر محاسبه می شود .



1. محاسبات در حلقه گام‌های درونی

در این قسمت مراحل زیر انجام می گیرد

زمان باقی مانده ی ِ حل محاسبه میگردد.

اگر زمان باقی مانده از گام های زمانی جدید تشکیل شده کمتر باشد، کوچکترین گام زمانی بر اساس زمان باقی مانده محاسبه می شود و مشخصه  مجددا محاسبه می شودواز آنجا گام زمانی مجددا محاسبه خواهد شد.

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 سلول‌های مورد نیاز

در هر گام درونی سلول‌هایی که شماره گام درونی را می‌توان به شکل ضریبی از  آن سلول نوشت نیاز به انجام محاسبات دارند. در اینجا با بررسی تمام شبکه شماره سلول‌هایی که نیاز به انجام محاسبات دارند در یکی آرایه ذخیره می‌شود.

1. ایجاد شبکه‌ی جدید

با فراخوانی زیربرنامه VectorizeMesh اطلاعات شبکه جدید که در هر گام درونی نیاز به انجام محاسبات روی آن است، به برنامه معرفی می‌شود.

1. مقداردهی به آرایه‌های بکار رفته در روش رانگ کوتا

در روش رانگ کوتا از مقادیر تکرار قبل استفاده می‌شود بنابراین قبل از شروع حلقه تکرار مربوط به روش رانگ کوتا در سلول‌هایی که نیاز به محاسبات دارند این مقادیر مقداردهی می‌شوند.

1. مقداردهی اولیه ضریب میان‌یابی مربوط به حلقه رانگ کوتا

از آنجا که ضریب میان‌یابی مربوط به حلقه رانگ کوتا در اولین مرحله برابر صفر است این ضریب در اینجا مقداردهی اولیه می‌شود.

1. میان‌یابی مقادیر بقایی

برای محاسبه‌ی بخش جابه‌جایی معادلات باید مقادیر بقایی در تمام سلول‌ها در زمان یکسانی وجود داشته باشد. برای این منظور در سلول‌هایی که باید محاسبات در آن‌ها انجام شود مقادیر بقایی برابر مرحله قبلی رانگ کوتا و سلول‌هایی که نیاز به انجام محاسبات ندارند مقادیر بقایی طبق میان‌یابی خطی محاسبه و ذخیره می‌گردد.

1. محاسبه‌ی شرایط مرزی شبکه جدید

در شبکه جدید مقادیر مرزی برای سلول‌هایی که در مجاورت مرز قرار دارند با فراخوانی زیربرنامه‌های مربوطه محاسبه می‌شود. باید توجه شود که در شبیه‌سازی جریان روی ایرفویل زیربرنامه BC\_Riemann و در شبیه‌سازی شاک تیوب زیربرنامه BC\_RiemannForShockTube فعال شود.

1. محاسبه بخش جابه‌جایی

با فراخوانی زیربرنامه ConMeanFlow\_AUSM بخش جابه‌جایی معادلات در سلول‌هایی که نیاز به انجام محاسبات دارند به روش بالادست گسسته‌ و محاسبه می‌گردد.

1. محاسبه مقادیر بقایی در سلول‌های مورد نیاز

در یک حلقه تکرار مقادیر بقایی در سلول‌های مورد نیاز مطابق روش رانگ کوتا محاسبه می‌شود.

1. محاسبه فشار

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



1. تعیین ضریب میان‌یابی مربوط به حلقه رانگ کوتا

ضریب میان‌یابی مربوط به حلقه رانگ کوتا برابر ضریب این روش در هر مرحله از تکرار قرار می‌گیرد.

1. بروزرسانی ضریب میان‌یابی هر سلول

از انجا که با حل حلقه رانگ کوتا به اندازه کوچکترین گام زمانی پیشروی می‌کنیم یک واحد به ضریب میان‌یابی هر سلول اضافه می‌شود.

1. بازگشت به شبکه اصلی

با فراخوانی زیربرنامه UnVectorizeMesh اطلاعات شبکه اصلی بازیابی می‌شود و محاسبات بعدی روی کل شبکه انجام می‌گردد.

1. محاسبه گام زمانی

پس از محاسبه‌ی مقادیر بقایی در گام زمانی جدید، زمان شبیه‌سازی به اندازه‌ی گام زمانی اضافه می‌شود و یک واحد به متغیر مربوط به تعداد گام‌های زمانی اضافه می‌شود.

1. محاسبه گام زمانی

در این قسمت گام زمانی مجددا از رابطه زیر بدست کی اید.



1. محاسبه باقیمانده حلقه ناپایا

پس از محاسبه مقادیر بقایی در زمان جدید با فراخوانی زیربرنامه ResMass باقیمانده معادله جرم مربوط به حلقه ناپایا محاسبه می‌شود و در یک فایل ذخیره می‌گردد.

1. چاپ نتایج

در تکرارهای خاصی نتایج حل جریان چاپ و سپس در فایل‌های مربوطه ذخیره می‌شود.

1. چاپ نتایج لوله-شاک

نتایج پیشین بدست آمده در ارتباط با مساله لوله شاک در فایل های مرتبط نوشته می شود

1. Allocation [↑](#footnote-ref-1)