


برنام خدا



Market Code

شبیه سازی جریان تراکم پذیر دوبعدی به روش فشرده (شبکه نوع O_)

	ساسان رستگار: مهندسی مکانیک، کارشناسی ارشد	توسعه دهنده:
	ساسان رستگار	تهیه کننده مستند:
	۹۳ / ۱۲ / ۰۴	تاریخ تنظیم سند:

۴	فصل ۱: راهنمای کاربری
۷	نمونه اجرا برای جریان لزج.....
۱۴	نمونه اجرا برای جریان غیرلزج (فروصوت).....
۲۰	نمونه اجرا برای جریان لزج.....
۲۶	فصل ۲: متن اصلی Main
۳۹	فصل ۳: توابع
۳۹	۱-۳. تابع Geometry.....
۴۰	۲-۳. تابع Initial_Condition.....
۴۰	۳-۳. تابع timeStep.....
۴۱	۴-۳. تابع compactderivative_Xi.....
۴۲	۵-۳. تابع compactderivative_Eta.....
۴۳	۶-۳. تابع compactderivative.....
۴۴	۷-۳. تابع boundaryCond4th.....
۴۵	۸-۳. تابع thoMas3DBx.....
۴۶	۹-۳. تابع thoMas3DBy.....
۴۷	۱۰-۳. تابع DiffEta.....
۴۸	۱۱-۳. تابع DiffXi.....
۴۹	۱۲-۳. تابع inverse.....
۴۹	۱۳-۳. تابع multiply41.....
۵۰	۱۴-۳. تابع multiply44.....
۵۰	۱۵-۳. تابع thoMas3D.....
۵۲	فصل ۴: مراجع

چکیده

امروزه توجه بسیاری از محققان علم دینامیک سیالات محاسباتی معطوف به استفاده از روش‌های مرتبه بالا شده‌است. این دسته از روش‌ها امکان پیش‌بینی خواص جریان در مقیاس‌های کوچک با دقت بالا را درعین استفاده از حافظه کم فراهم می‌آورند. این برنامه شبیه‌سازی عددی جریان تراکم‌پذیر را با استفاده از روش تفاضل محدود فشرده روی شبکه نوع-O ارائه می‌دهد. برای پیشروی زمانی، روش خطی‌سازی بیم-وارمینگ به‌همراه روش ADI به‌کار گرفته می‌شوند. همچنین، روش تفاضل محدود فشرده مرتبه چهارم برای گسسته‌سازی مکانی استفاده می‌گردد. شرایط مرزی هم به‌گونه‌ای تنظیم می‌شوند که دقت کل میدان حل حفظ شود. روش حل به‌کار گرفته‌شده غیرصریح است و بنابراین پایداری و همگرایی مناسبی از ویژگی‌های این برنامه است.

کلمات کلیدی: تفاضل محدود، فشرده، جریان تراکم‌پذیر، بیم-وارمینگ، غیرصریح

فصل ۱: راهنمای کاربری

جهت اجرای برنامه لازم است تا برخی تنظیمات اولیه برای کد انجام گیرد. لذا در این بخش به طور خلاصه به این موارد اشاره خواهد شد. لازم به ذکر است این قسمت مخصوص کاربرانی است که فقط می‌خواهند نرم‌افزار را اجرا نموده و استفاده نمایند.

برنامه به گونه‌ای طراحی شده است که کاربر می‌تواند تنظیمات اصلی را در فایل (Constant.h) تغییر دهد. در ابتدای این بخش (Physical value) مقادیر فیزیکی تعیین می‌گردد. این مقادیر در جدول ۱-۰ تعریف شده است.

جدول ۱-۰: تعریف متغیرهای فیزیکی ورودی به برنامه

متغیر داخل برنامه	تعریف متغیر	واحد
Re	عدد رینولدز جریان	بی‌بعد
gama	نسبت ثابت گازها γ	بی‌بعد
mu	ضریب لزجت μ	Kg/(m sec)

بی بعد	ماخ ورودی سیال	Ma
بی بعد	عدد پراتل	Pr
بی بعد	تعیین کننده لزج و یا غیرلزج بودن جریان	ViscousTerm
بی بعد	تعیین کننده فراصوت یا فروصوت بودن جریان	Supersonic

لازم به ذکر است که کمیت ViscousTerm فقط مقادیر ۱ برای جریان لزج و مقدار صفر برای جریان غیرلزج را می پذیرد. همچنین کمیت Supersonic تنها مقادیر ۱ برای جریان فراصوت و مقدار صفر برای جریان فروصوت را می پذیرد. دقت شود که زمانی که عدد Ma مقدار بزرگتر از یک می گیرد جریان فراصوت محسوب می شود و در غیر این صورت فروصوت. همچنین برنامه برای جریان لزج فراصوت کار نمی کند.

در بخش بعدی (Geometry Value) مقادیر مربوط به هندسه و تولید شبکه مطابق

جدول ۰-۲ تنظیم می گردد. در فایل (Constant.h) همه موارد مربوط به هندسه وجود دارد.

جدول ۰-۲: تعریف متغیرهای هندسی ورودی به برنامه

متغیر داخل برنامه	تعریف متغیر	واحد
iMax	تعداد نقاط در جهت X	عدد طبیعی
jMax	تعداد نقاط در جهت محور Y	عدد طبیعی
CaseStudy	نام فایل هندسه ورودی به برنامه	-

در قسمت بعدی (Convergence Value) پارامترهای مربوط به فرآیند همگرایی برنامه و تعداد تکرار محاسبات طبق

جدول 0-3 تعیین می‌گردد. در برنامه دو شرط برای توقف در نظر گرفته شده است. اگر تعداد تکرار حلقه محاسبات اصلی از Loop_Max_Iteration بزرگتر شود، برنامه متوقف می‌شود. همچنین اگر باقیمانده (Residual) محاسبه شده از پارامتر Tolerance کوچکتر شود برنامه متوقف می‌شود. البته در حالت Default توقف بر مبنای تعداد تکرار فعال است. برای فعال کردن حالت دوم باید در بدنه کد تغییر مورد نظر را انجام داد. همچنین در هر Loop_Counter_Autosave تکرار، نتایج ذخیره میشوند و مقدار خطا و تعداد تکرار در صفحه نمایش چاپ می‌شوند. متغیر CFL نیز پارامتری جهت کنترل بر روی گام زمانی (Time-Step) می‌باشد.

جدول 0-3: تعریف متغیرهای مربوط به همگرایی برنامه

متغیر داخل برنامه	تعریف متغیر	واحد
Loop_Max_Iteration	حداکثر تکرار محاسبات	عدد طبیعی
CFL	Courant number	عدد حقیقی مثبت
Tolerance	باقیمانده مورد نیاز جهت توقف حل	عدد حقیقی
Loop_Counter_Auto save	تعداد تکرار لازم برای هربار ذخیره نتایج و نمایش خطا و تکرار	عدد طبیعی

بہتر است اگر برای تکرار ۱۰۰۰ بار را در نظر دارید عدد ۱۰۰۱ برای متغیر Loop_Max_Iteration در نظر گرفته شود. همچنین برای توقف برنامه بر مبنای باقیمانده، باید در بدنه کد و در قسمت While این گزینه را فعال کرد.

در صورتی که تمامی موارد فوق به صورت صحیح تنظیم شده باشد اکنون برنامه آماده اجرا می باشد. پس از اجرا و همگرایی برنامه چندین فایل خروجی تشکیل می گردد. فایل مربوط به هندسه و همه متریکهای متناظر هر نقطه و فایل مربوط به نتایج حل (فشار، چگالی، عدد ماخ و ...) در هر نقطه .

نمونه اجرا برای جریان لزج

در این بخش به منظور تمرین عملی موارد بالا به یک مثال اشاره می شود. این نمونه شامل حل جریان لزج فروصوت حول ایرفویل می باشد . مقادیر ورودی به صورت زیر وارد می گردد. مرزهای میدان توسط فایل ورودی وارد برنامه می گردد و شبکه 121×35 می باشد.

```
#define iMax          121//121//
#define jMax          151//61//

#define Supersonic    0//Inviscid Flow: Ma=1.2
, Supersonic=1   Ma=0.3 Supersonic=0\\ for Viscous Flow
Supersonic=0
#define ViscousTerm    1
#define Re            10000 //1000 , 5000 ,
10000
#define mu            1.001
#define Pr            0.71
#define Ma            0.5//Inviscid : 0.3 ,
1.2(Supersonic) // Viscous : 0.5 , 0.8
#define gamma        1.4
#define CFL           0.3
```

```

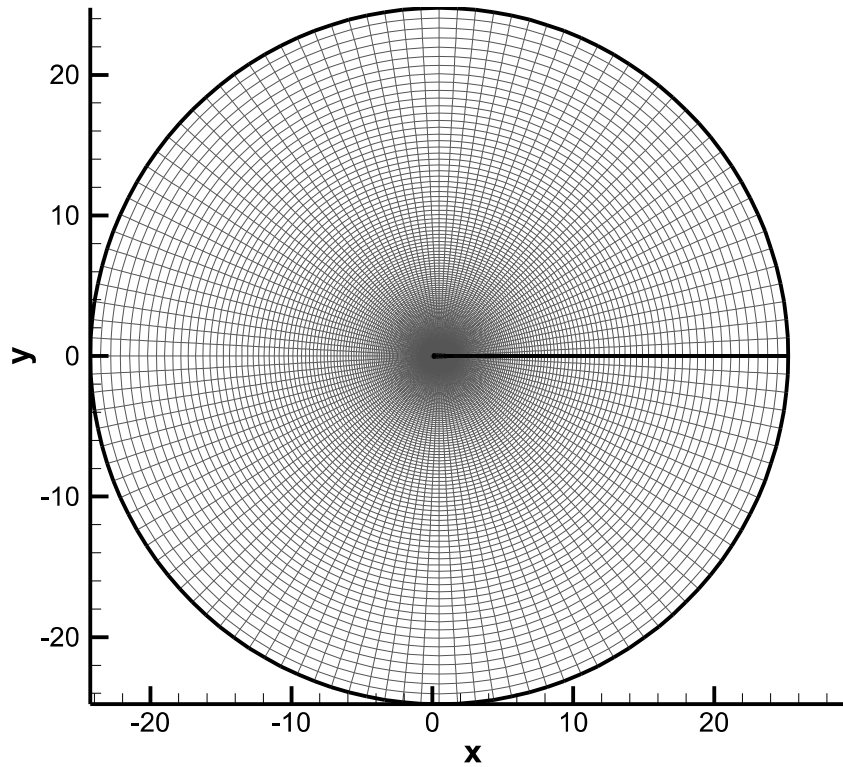
#define Loop_Max_Iteration      10001 //Maximum Iteration
of Solution Loop
#define Loop_Counter_Autosave   200 // In every
"Loop_Counter_Autosave" Number of Iteration , Reults is
Saved in File.
//#define Tlorance              1.0e-8

#define CaseStudy                'B'//0-Type; A: iMax=121
jMax=61 ,// case B: iMax=121 , jMax=151

#define max(a,b) ((a) > (b) ? (a) : (b))

```

نام فایل ورودی هندسه (شکل 0-1) اشاره شده در بالا بایستی در دایرکتوری نرم افزار با همان نام موجود باشد.



شکل 0-1: هندسه ورودی به برنامه

پس از اجرای برنامه مقادیر اشاره شده در بالا در هر ۲۰۰ تکرار به صورت چاپ می شود. -0۲ شکل

فایل پس از همگرایی و اتمام فرآیند حل نتایج به دست آمده در چند فایل ایجاد می گردد.

شامل هندسه و شبکه تولید شده می باشد. همچنین متریک ها و ژاکوبین تغییرات نیز "outputgrid.plt"

میدان حل به همراه شبکه تولید شده نمایش داده شده است. -0 در این فایل ذخیره می شوند. در شکل

فشرده گی شبکه در نزدیکی دیواره ایرفویل مشاهده می شود.

```
Initiated
errormax Iteration-1
0.0180962 0
errormax Iteration-1
4.50189e-007 1000
errormax Iteration-1
5.55716e-007 2000
errormax Iteration-1
7.04443e-007 3000
errormax Iteration-1
6.41949e-007 4000
errormax Iteration-1
5.21521e-007 5000
errormax Iteration-1
4.14258e-007 6000
errormax Iteration-1
3.3786e-007 7000
errormax Iteration-1
2.79643e-007 8000
errormax Iteration-1
2.28166e-007 9000
errormax Iteration-1
1.8396e-007 10000
```

شکل 0-۲: چاپ مقادیر در حین اجرای برنامه