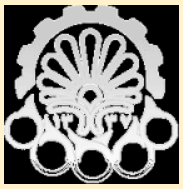
به نام خدا

استفاده از شبکه جابجا شده جدید برای حل جریان تراکم ناپذیر به روش حجم محدود

توسعه دهنده (گان):	محمدرضا ناصری فوق لیسانس هوافضا	
تهیه کننده مستند:	محمدرضا ناصری	
تاریخ تنظیم سند:	۲۷ / ۰۲ / ۱۳۹۵	

فهرست مطالب

فصل ۱: راهنمای کاربری ۴

فصل ۲: راهنمای آموزشی ۱۰

۲-۱. مساله منفک شدن میدان فشار و سرعت ۱۲

۲-۲. بخش Include ۲۰

۲-۳. توابع ludcmp و lubksb ۲۰

۲-۴. تابع Initialize ۲۱

۲-۵. تابع Grid ۲۱

۲-۶. تابع Area ۲۱

۲-۷. تابع Volume ۲۲

۲-۸. تابع Transient ۲۲

۲-۹. تابع Convection ۲۳

۲-۹-۱. Convection: Part 01 ۲۴

۲-۹-۲. Convection: Part 02 ۲۵

۲-۹-۳. Convection: Part 03 ۲۵

۲-۹-۴. Convection: Part 04 ۲۷

۲-۱۰. تابع Assembly ۳۸

۲-۱۰-۱. Assembly: Part 01 ۳۹

۲-۱۰-۲. Assembly: Part 02 ۳۹

۲-۱۰-۳. Assembly: Part 03 ۳۹

۲-۱۰-۴. Assembly: Part 04 ۴۰

۲-۱۱. تابع Boundary_Conditions ۴۰

۲-۱۲. تابع Convergence ۴۰

۲-۱۳. تابع Print ۴۱

چکیده

حل عددی جریان‌های تراکم ناپذیر نیازمند استفاده از یک روش مناسب جهت کوپلینگ درست میدان‌های سرعت و میدان فشار است. روش شبکه جابجا شده یک روش موفق در این زمینه است. در این تحقیق، با استفاده از این روش، روشی ارائه شده که در آن چینش متغیر های فشار و سرعت با روش شبکه جابجا شده متفاوت بوده و باعث شده که برای حل میدان جریان تنها به دو شبکه نیاز باشد. نتایج این روش برای یک هندسه ساده مربعی، با حضور چشمه جرم و بدون حضور آن آزمایش شده و نشان داده شده که مشکل میدان فشار صفحه شطرنجی در این روش مرتفع گردیده و همچنین مولفه های سرعت در حضور چشمه جرم به خوبی تغییر کرده و خطوط جریان به درستی چرخیده است.

کلمات کلیدی: جریان تراکم ناپذیر، حل جریان دو بعدی، مشکل میدان فشار صفحه شطرنجی، روش شبکه جابجا شده.

راهنمای کاربری

در این فصل به توضیح چگونگی استفاده از کد توسعه داده شده می پردازیم. جهت اجرای کد ها لازم است تا برخی تنظیمات اولیه برای آنها 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 کد ها را اجرا نموده و استفاده نمایند. از این رو، هیچ اشاره‌ای به محتوای آنها اعم از توابع، سابروتین‌ها و روش حل نشده است. برای فهمیدن این موارد به فصل دوم، راهنمای آموزشی، و بخش مربوط به هر کد مراجعه نمایید.

جدول (۱) تعریف متغیرهای هندسی ورودی به برنامه

تعریف متغیر	نام متغیر در برنامه	نوع
طول میدان حل در جهت افقی	Lx	عدد حقیقی
طول میدان حل در جهت عمودی	Ly	عدد حقیقی
تعداد نقاط میدان حل در جهت افقی	IE	عدد طبیعی
تعداد نقاط میدان حل در جهت عمودی	JE	عدد طبیعی

جدول (۲) تعریف متغیرهای فیزیکی ورودی به برنامه

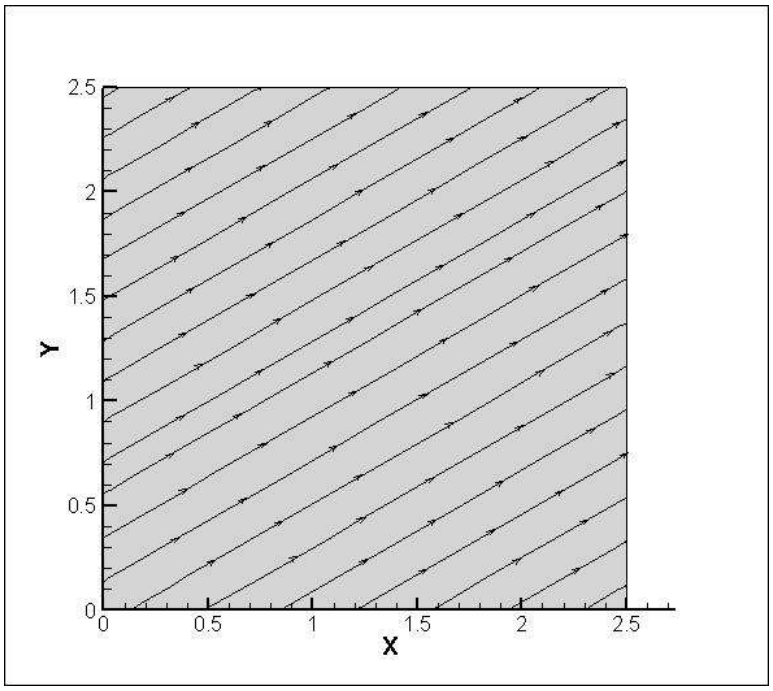
تعریف متغیر	نام متغیر در برنامه	واحد
چگالی	Rho	عدد حقیقی
اندازه گام زمانی	delt	ثانیه
شرط مرزی سرعت افقی در ورودی	U_inlet	متر بر ثانیه
شرط مرزی سرعت عمودی در ورودی	V_inlet	متر بر ثانیه
شرط مرزی فشار در خروج	P_outlet	اتمسفر
مقدار چشمه جرم	source_M	کیلوگرم بر ثانیه
مقدار چشمه مومنتوم	source_UV	

- **نمونه اجرا**

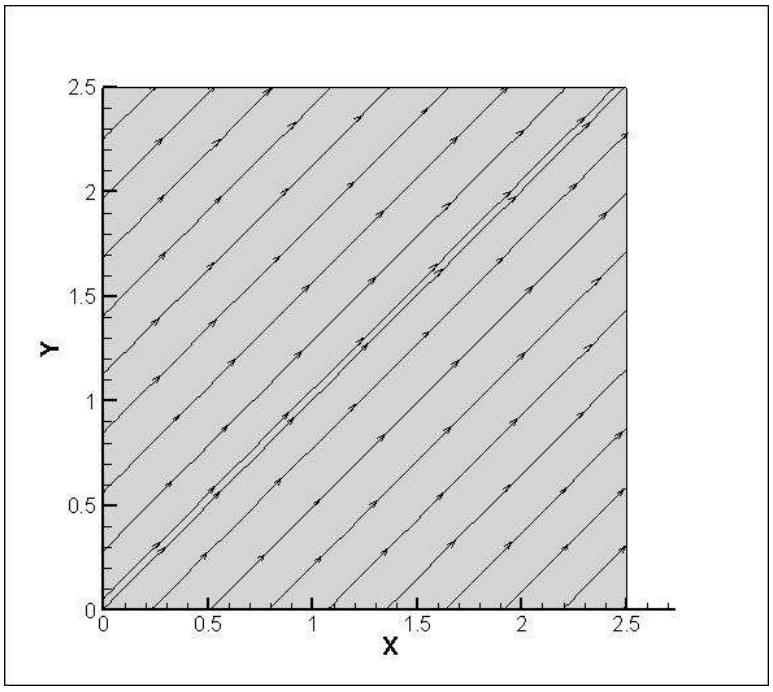
در این بخش به منظور تمرین عملی موارد بالا به یک مثال اشاره می‌شود. مقادیر ورودی به صورت زیر وارد می‌گردد:

```
Lx = 3;
Ly = Lx;
IE = Lx+1;
JE = IE;
Rho = 1;
delt = 1e5;
I_f = JE-1;
Nt = 4*(IE*JE)-(IE+JE)-2;

//Boundary conditions values
U_inlet = 2;
V_inlet = 2;
P_outlet = 3;

//Source terms values
source_M = 0;
source_UV = 10;
```

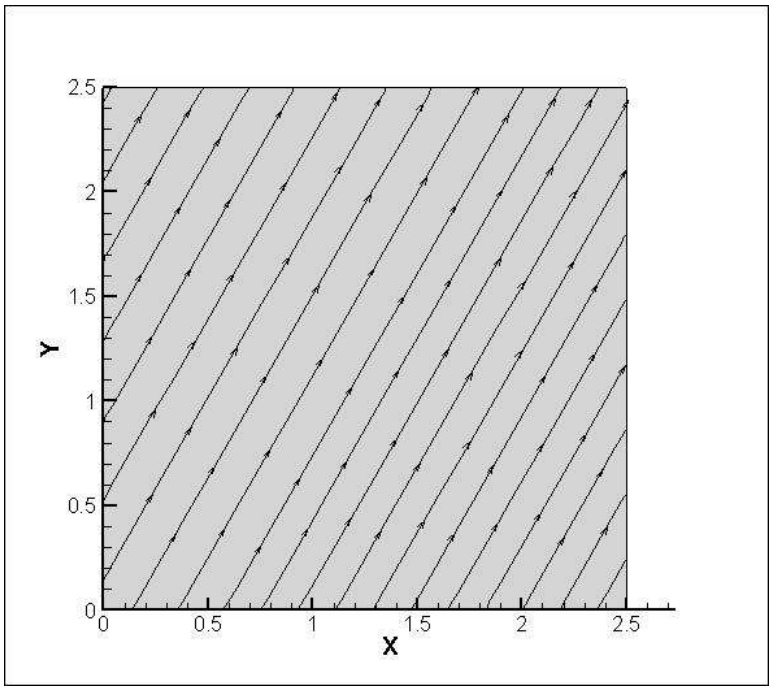
پس از اجرای برنامه با این مقادیر، شکل زیر در خروجی رسم می شود:



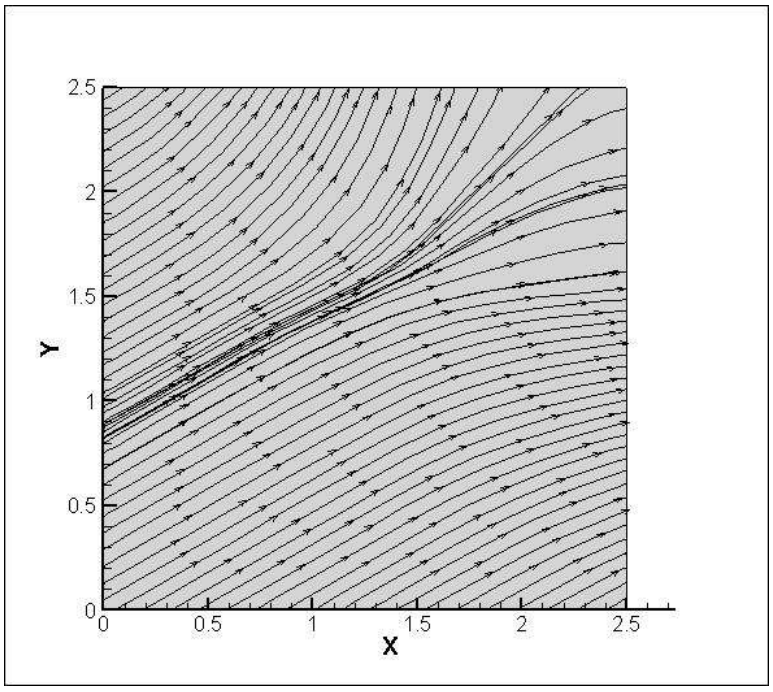
شکل (۱) خطوط جریان برای حالت زاویه ۳۰ درجه، بدون چشمه



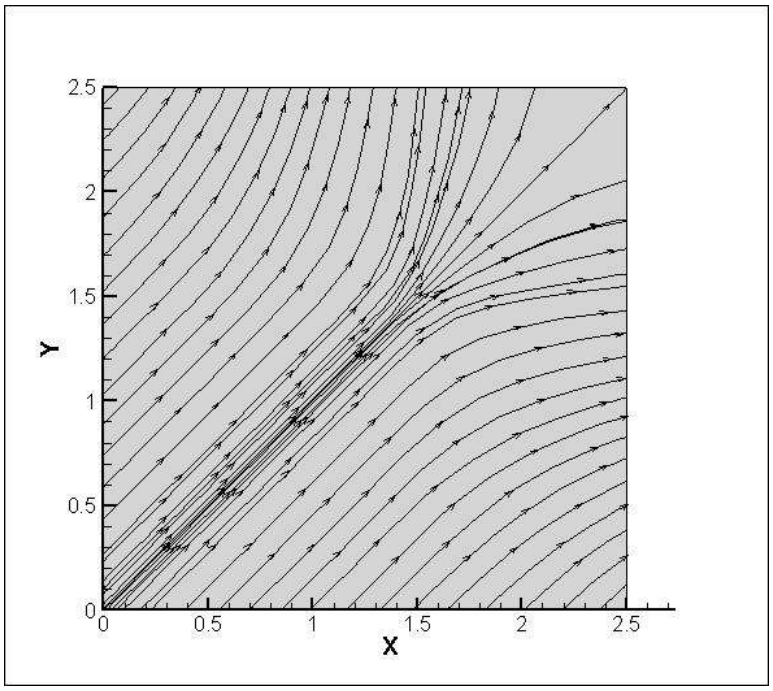
شکل (۲) خطوط جریان برای حالت زاویه ۴۵ درجه، بدون چشمه



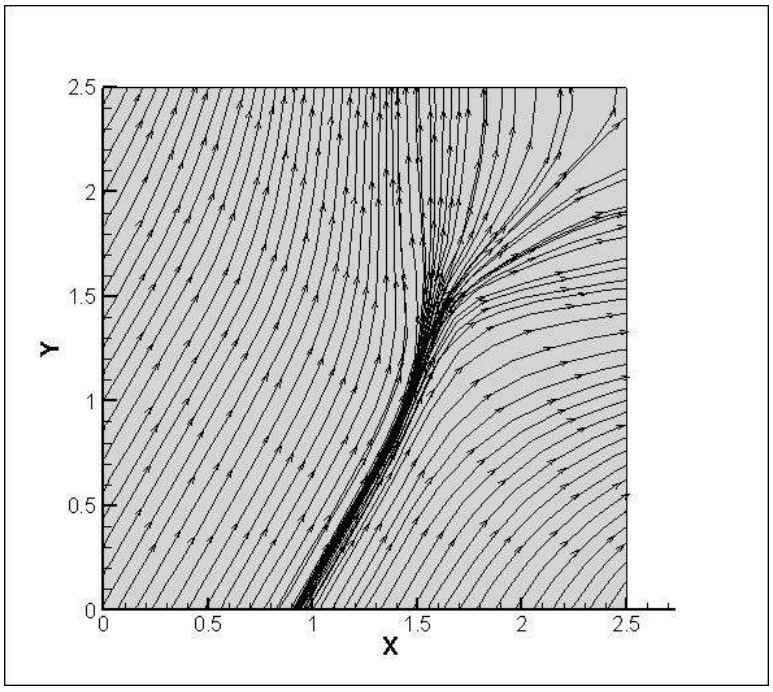
شکل (۳) خطوط جریان برای حالت زاویه ۶۰ درجه، بدون چشمه



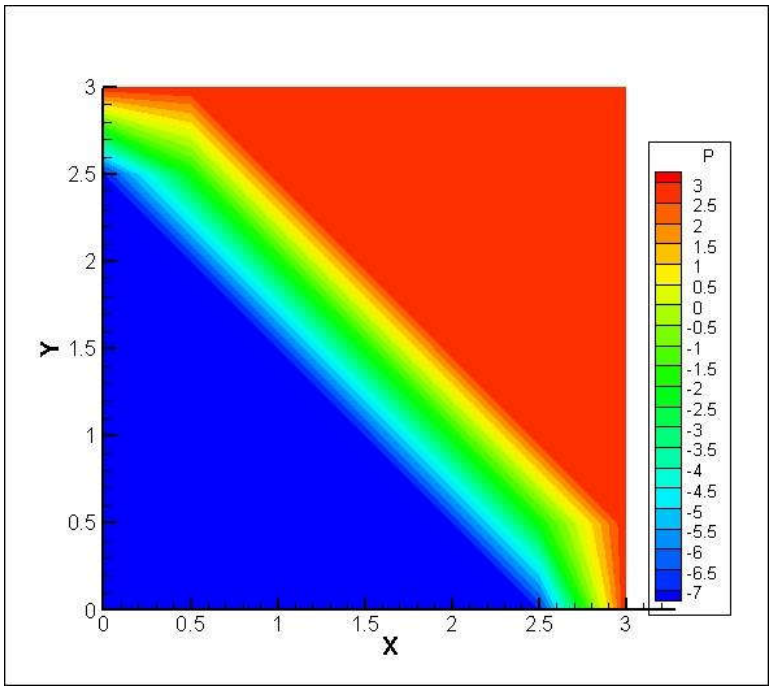
شکل (۴) خطوط جریان برای حالت زاویه ۳۰ درجه، با چشمه جرم



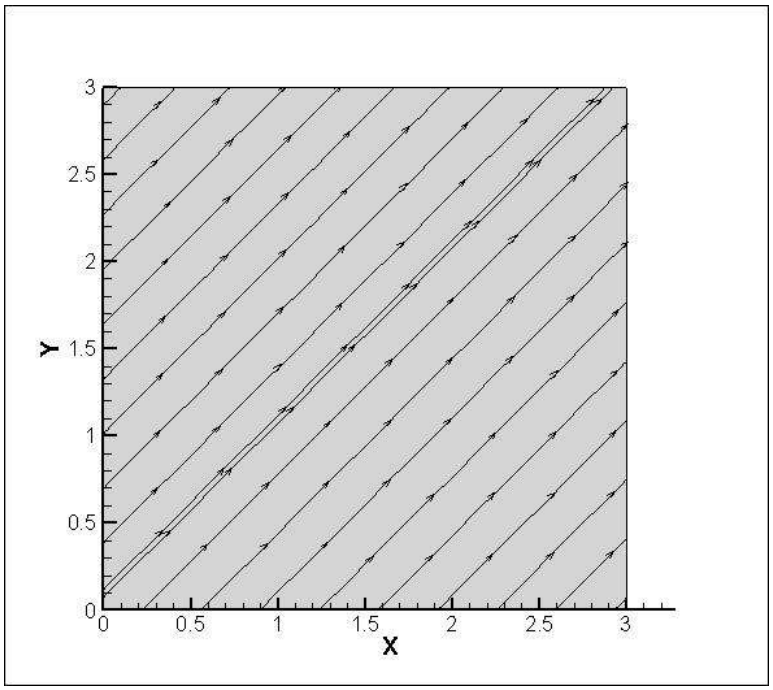
شکل (۵) خطوط جریان برای حالت زاویه ۴۵ درجه، با چشمه جرم



شکل (۶) خطوط جریان برای حالت زاویه ۶۰ درجه، با چشمه جرم



شکل (۷) کانتور توزیع فشار برای حالت زاویه ۴۵ درجه، با چشمه مومنتوم در قطر



شکل (۸) خطوط جریان برای حالت زاویه ۴۵ درجه، با چشمه مومنتوم در قطر

فصل ۱: راهنمای آموزشی

در این برنامه معادلات نویر–استوکس ناپایا برای جریان تراکم ناپذیر غیر لزج به روش حجم محدود به صورت ضمنی حل می گردد. هندسه مساله یک میدان مربعی بوده که به صورت سازمان یافته و یکنواخت شبکه بندی می شود. در این بخش، قسمت اصلی برنامه (Main Program) بررسی شده و به توابعی که فراخوانی می شوند اشاره ای خواهد شد. برنامه با تعریف متغیر ها، پارامتر ها و آرایه ها طبق جدول زیر آغاز می گردد:

جدول (۳) تعریف متغیر ها و پارامتر های مساله

نام متغیر	تعریف متغیر
Lx	طول میدان در جهت افقی
Ly	طول میدان در جهت عمودی
IE	تعداد نقاط در جهت افقی
JE	تعداد نقاط در جهت عمودی
Rho	چگالی
delt	گام زمانی
Nt	تعداد کل مجهولات در دستگاه معادلات
U_inlet	شرط مرزی سرعت افقی در ورود
V_inlet	شرط مرزی سرعت عمودی در ورود
P_outlet	شرط مرزی فشار در خروج
source_M	چشمه جرم
source_UV	چشمه مومنتوم