


بہ نام خدا



Market Code

حل جریان یک بعدی معادلات اوپلر

با روش گودونوف و حلگر ریمان HLL

	محمد صابر زمان پور زهرائی: کارشناسی ارشد، مکانیک – تبدیل انرژی	توسعه دهنده:
	محمد صابر زمان پور زهرائی	تهیه کننده مستند:
	محمد صابر زمان پور زهرائی	تبدیل کننده کد: (از C به فرترن)
	۹۳ / ۰۴ / ۱۷	تاریخ تنظیم سند:

۴	فصل اول	۴
۴	فصل اول: راهنمای کاربری	۴
۶	۱-۱ نمونه اجرا	۶
۹	فصل دوم	۹
۹	فصل دوم: بررسی برنامه	۹
۹	۱-۲ متن اصلی Main	۹
۱۰	۲-۲ زیر برنامه Input	۱۰
۱۱	۳-۲ زیر برنامه IC	۱۱
۱۱	۴-۲ زیر برنامه Output	۱۱
۱۱	۵-۲ تابع deltaT	۱۱
۱۲	۶-۲ زیر برنامه HLL	۱۲
۱۷	فصل سوم	۱۷
۱۷	فصل سوم: نتایج و اعتبار سنجی	۱۷
۱۷	۱-۳ تست شماره ۱	۱۷
۱۹	۲-۳ تست شماره ۲	۱۹
۲۱	۳-۳ تست شماره ۳	۲۱
۲۳	۴-۳ تست شماره ۴	۲۳
۲۵	مراجع	۲۵

چکیده

این برنامه حلگر معادلات اویلر برای شبیه سازی جریان یک بعدی تراکم پذیر غیر لزج ناپایا می باشد. نوع روش عددی در این برنامه، روش تفاضل محدود است. برای شبیه سازی از روش گودونوف استفاده شده است. برای حل مسئله ریمان در این برنامه، حلگر HLL¹ مورد استفاده قرار گرفته است. این حلگر دارای دقت مرتبه یک مکانی و دقت درجه یک زمانی می باشد. این برنامه صرفاً برای آموزش روش HLL تهیه شده است و به کمک آن می توان برنامه های کاربردی برای شبیه سازی جریان های دوبعدی و سه بعدی تهیه نمود.

¹ Harten, Lax and van Leer

فصل اول

راهنمای کاربری

برای استفاده از این نرم افزار ابتدا باید فایل ورودی با نام HLL.inp تولید شود و مقادیر ورودی را طبق جدول ۱-۱ پر نمود.

جدول ۱-۱: تعریف متغیرهای ورودی به برنامه

متغیر داخل برنامه	تعریف متغیر
pl	مقدار فشار اولیه برای سمت چپ دامنه حل
pr	مقدار فشار اولیه برای سمت راست دامنه حل
rl	مقدار چگالی اولیه برای سمت چپ دامنه حل
rr	مقدار چگالی اولیه برای سمت راست دامنه حل
ul	مقدار سرعت اولیه برای سمت چپ دامنه حل
ur	مقدار سرعت اولیه برای سمت راست دامنه حل
gamma	نسبت ثابت گازها
It	بیشینه تکرار مورد استفاده در برنامه

X	طول دامنه حل
t	زمان شبیه سازی شده
n	تعداد نقاط روی دامنه حل
cfl	Courant number
x ₀	مکان جدایی در شرایط اولیه
NScreen	تعداد تکرار برای چاپ خروجی ها

باید توجه شود که مقادیر ورودی باید به صورت اعداد زیر هم (مانند فایل نمونه)، در فایل مورد نظر وارد شود. همچنین باید توجه داشت که مقادیر فوق دارای واحد می باشند، اما باید این واحدها را یکسان در نظر گرفت. به طور مثال باید تمامی واحدها را بر مبنای SI در نظر گرفت. همانطور که بیان شد این برنامه صرفاً مبنای آموزشی دارد به همین دلیل برای تست برنامه از ورودی های استاندارد استفاده می شود. برای تست یک برنامه باید ورودی های برنامه به گونه ای انتخاب شوند که تمام حالات در شبیه سازی بررسی شود. برای تست این برنامه از ۴ نوع تست استفاده می شود. این چهار تست دربر گیرنده چهار حالت متفاوت در قرارگیری موج ضربه ای و فن انبساطی در سمت های چپ و راست می باشد. ورودی های تست ها طبق جدول ۱-۲ در نظر گرفته می شود.

جدول ۱-۲: شرایط اولیه برای شبیه سازی نمونه جریان یک بعدی

شماره تست	Time	p_R	u_R	ρ_R	p_L	u_L	ρ_L
۱	۰.۲۵	۰.۰	۰.۰	۰.۱	۱.۰	۰.۱۲۵	۱.۰
۲	۰.۱۵	۲.۰	-۲.۰	۰.۴	۰.۴	۱.۰	۱.۰
۳	۰.۰۳۵	-۶.۱۹۶۳۳	۱۹.۵۹۷۵	۴۶.۰۹۵۰	۴۶۰.۱۹۴	۵.۹۹۲۴۲	۵.۹۹۹۲۴
۴	۰.۰۳۵	۰.۰	۰.۰	۱۰۰۰.۰	۰.۰۱	۱.۰	۱.۰

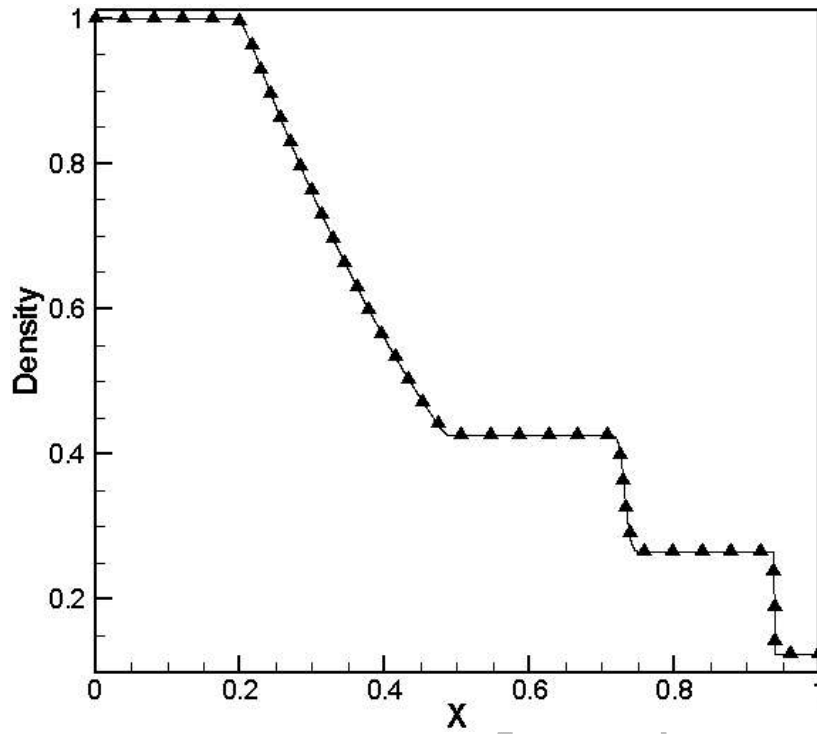
۱-۱ نمونه اجرا

در این بخش به منظور تمرین عملی موارد بالا به یک مثال اشاره می‌شود. این مثال با ورودی های تست شماره ۱ جدول ۱-۲ اجرا شده است. دیگر ورودی های این اجرا طبق جدول ۱-۳ می‌باشد.

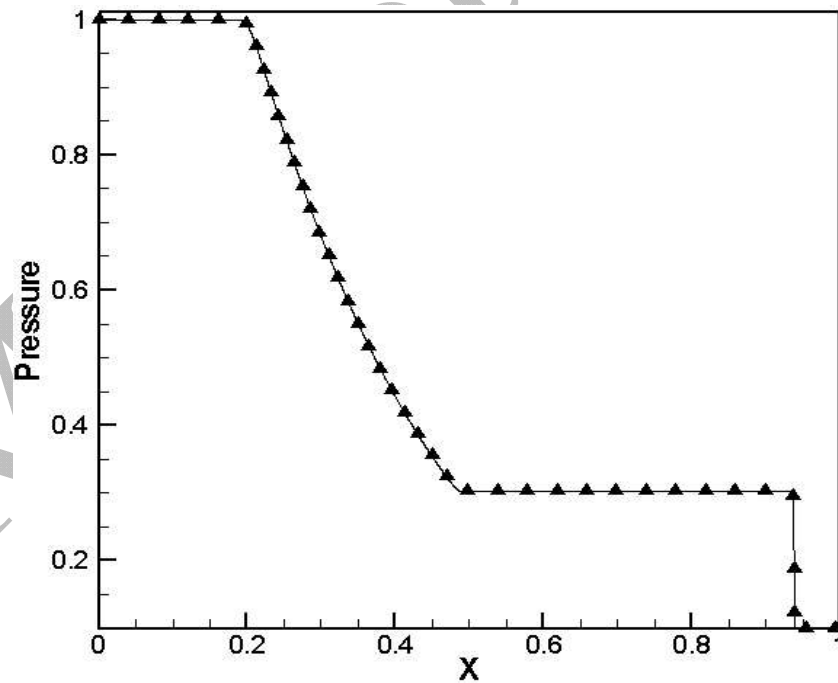
جدول ۱-۳: ورودی های برنامه برای نمونه اجرا

gamma	۱.۴
It	۱۰۰۰۰۰
X	۱
t	۰.۲۵
n	۵۰۰
cfl	۰.۹
x۰	۰.۵
NScreen	۱۰

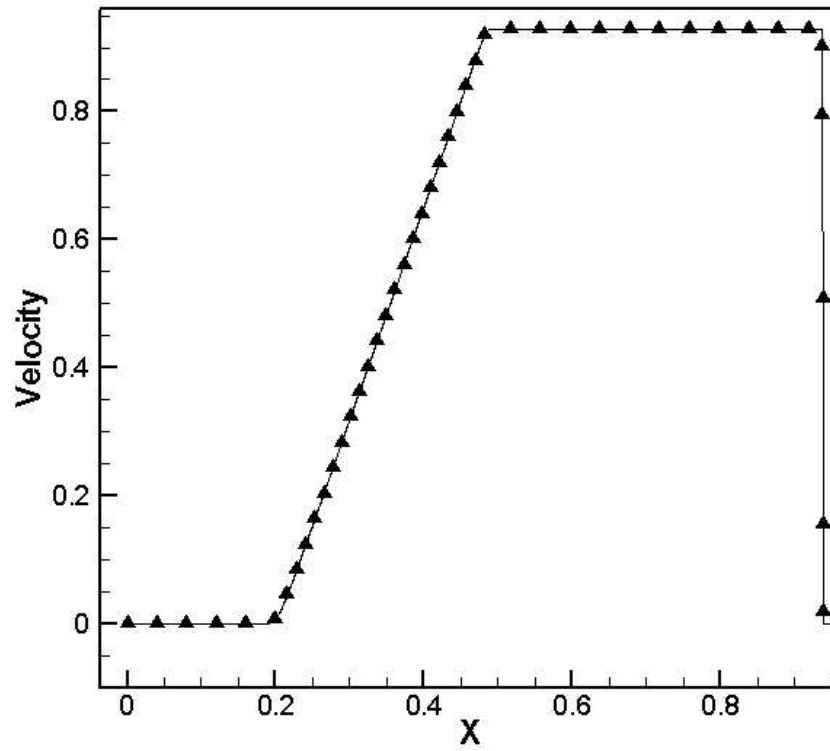
لازم به ذکر است اعداد X ، It و $NScreen$ باید از نوع طبیعی^۲ وارد شود. با اجرای این برنامه سه فایل خروجی با نام‌های `velocity.DAT`، `pressure.DAT` و `density.DAT` تولید می‌شود، که به ترتیب نشان دهنده میدان سرعت، فشار و چگالی هستند. با استفاده از هر کدام از این خروجی ها می‌توان روند تغییرات مقادیر موجود را در طول زمان مشاهده نمود و یا به صورت انیمیشن ذخیره کرد. نتایج حاصل از اجرای تست شماره ۱ جدول ۱-۲ به صورت زیر می‌باشد.



شکل ۱-۱: نمودار تغییرات چگالی نسبت به مکان برای تست شماره ۱ جدول ۱-۲



شکل ۲-۱: نمودار تغییرات فشار نسبت به مکان برای تست شماره ۱ جدول ۱-۲



شکل ۱-۳: نمودار تغییرات سرعت نسبت به مکان برای تست شماره ۱ جدول ۱-۲

Market

فصل دوم

بررسی برنامه

در این فصل به بررسی برنامه نوشته شده پرداخته می‌شود، و تمامی توابع و زیر برنامه ها به صورت کامل مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۱-۲ متن اصلی Main

در ابتدای این برنامه سه فایل `velocity.DAT`، `pressure.DAT` و `density.DAT` تولید می‌شوند و یا در صورت موجود بودن، از اطلاعات خالی می‌شود، تا برای وارد شدن خروجی های برنامه آماده شود. در متن اصلی برنامه U ، P و R به ترتیب نمایانگر سرعت، فشار و چگالی سیال می‌باشد. dx و dt نیز به ترتیب برابر اندازه فاصله دو نقطه محاسباتی و زمان پیشروی در هر تکرار می‌باشد. لازم به ذکر است در این برنامه به دلیل اهداف آموزشی آن، dx برای تمامی نقاط محاسباتی برابر قرار گرفته است تا برنامه به صورت ساده ارائه گردد. بقیه متغیرهای مورد استفاده در متن اصلی در فصل گذشته در جدول ۱-۱ نمایش داده شده است.

در ابتدای این برنامه زیر برنامه **Input** اجرا می‌شود تا مقادیر لازم از فایل ورودی خوانده شود. سپس برای سه متغیر فیزیکی U ، P و R حافظه مورد نیاز اختصاص داده می‌شود و زیر برنامه **IC** مقادیر اولیه این سه متغیر را بر اساس مقادیر ورودی بارگذاری می‌کند. سپس زمان صفر شده و با استفاده از زیر برنامه **Output** مقادیر اولیه در فایل‌های مورد نظر چاپ می‌شود. با بارگذاری و چاپ مقادیر اولیه حلقه اصلی برنامه شروع به کار می‌کند.

در حلقه اصلی برنامه ابتدا با استفاده از تابع deltaT مقدار dt (میزان پیشروی زمان در هر تکرار) محاسبه می‌شود و با زمان قبل جمع شده و زمان جدید محاسبه می‌شود. در ادامه زیر برنامه **HLL** فراخوانی می‌شود و فلاکس جریان با آن روش حل شده و مقادیر فیزیکی جدید محاسبه می‌شود. در ادامه بر مبنای **NScreen** مقادیر **Iter** (تعداد تکرار)، dt (زمان پیشروی در آن تکرار)، **time** (زمان شبیه سازی شده) و **tmax** (حداکثر زمان شبیه سازی) روی صفحه نمایش داده می‌شود. همچنین با استفاده از زیر برنامه **Output** مقادیر فیزیکی در فایل مورد نظر ذخیره می‌شود. در حلقه اصلی این برنامه دو شرط برای خروج وجود دارد که هر کدام زودتر ارضا شود، برنامه پایان می‌یابد. شرط اول حداکثر تعداد تکرار است که با **It** نشان داده شده است و اگر تعداد تکرار به این مقدار برسد اجرا به اتمام می‌رسد. همچنین اگر زمان شبیه سازی شده (**time**) به حداکثر زمان شبیه سازی (**tmax**) برسد برنامه پایان می‌یابد.

۲-۲ زیر برنامه **Input**

در این زیر برنامه مقادیر ورودی طبق جدول ۱-۱ از فایل **HLL.inp** خوانده می‌شود. همانطور که در فصل قبل اشاره شد باید توجه شود که مقادیر ورودی باید به صورت اعداد زیر هم (مانند فایل نمونه)، در فایل مورد نظر وارد شود. همچنین اعداد X ، **It** و **NScreen** باید از نوع طبیعی وارد شوند.