به نام خدا

نرم‌افزار حل عددی معادلات مدل دوسیالی تک‌فشاری با استفاده از روش‌های AUSM

توسعه دهندگان:	ابراهیم حاجی دولو: دکترای مهندسی مکانیک، هیئت علمی	دانشگاه شهید چمران اهواز
	یونس شکاری: دانشجوی دکتری، تبدیل انرژی	دانشگاه شهید چمران اهواز
تهیه کننده مستند:	یونس شکاری	
تاریخ تنظیم سند:	۰۵ / ۰۶ / ۹۳	

Market Code

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱- چکیده ۱

۲- راهنمای کاربری ۲

۲-۱- نمونه اجرا ۴

۲-۲- نتایج ۶

۲-۲-۱- لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد ۶

۲-مستندات کاربردی ۱۱

۳-۱- معادلات حاکم ۱۱

۳-۱-۱-مدل دو سیالی تک فشاری (مدل چهار معادله‌ای) ۱۱

۳-۲- چارچوب کلی روش‌های کلاسیک حل عددی ۱۳

۳-۳- تشریح بخش اصلی برنامه ۱۴

۳-۳-۱- تشریح بخش main_part_۱ ..... ۱۶

۳-۳-۲-تشریح بخش main_part_۲ ..... ۱۷

۳-۳-۳- تشریح بخش main_part_۳ ..... ۱۹

۳-۴- معرفی سابروتین‌های برنامه ۱۹

۳-۴-۱- سابروتین FLUXES ۱۹

۳-۴-۲- تابع VPLUS ۲۸

۳-۴-۳- تابع VMINS ۲۹

۳-۴-۴- تابع PPLUS ۲۹

۳-۴-۵- تابع PMINS ۳۰

۳-۴-۶- تابع PHI ۳۰

Market Code

۳-۴-۷- سابروتین EIGENVALUE ۳۱
۳-۴-۸- سابروتین BONDC ۳۳
۳-۴-۹- سابروتین PRESSUR ۳۴
۴- مراجع ۳۵

Market Code

۱- چکیده

این برنامه معادلات حاکم بر مدل دوسیالی تک‌فشاری یک‌بعدی و غیردائم را با استفاده از هشت روش مختلف از روش‌های ASUM شامل، ون‌لیر، FVS، AUSMD، AUSMV، AUSMDV، *AUSMD، *AUSMV و *AUSMDV حل می‌کند. مدل دوسیالی تک‌فشاری یکی از دقیق‌ترین مدل‌ها برای تحلیل جریان‌های دوفازی گاز-مایع است. در این مدل فرض می‌شود که دو فاز فشار یکسانی دارند. در این روش‌ها نیازی به محابه ماتریس ژاکوبین سیستم نیست و به این دلیل از نظر محاسباتی سریع هستند. به‌عنوان نمونه اجرای برنامه، مسئله لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد با استفاده از روش *AUSMDV حل شده است.

واژگان کلیدی: مدل دوسیالی تک‌فشاری، روش ASUM، روش *AUSMDV

Market Code

۲- راهنمای کاربری

این نرم‌افزار توسط دکتر یونس شکاری و دکتر ابراهیم حاجی‌دولو تدوین شده‌است. نسخه حاضر VERSION ۱.۰ می‌باشد. جهت اجرای برنامه لازم است که برخی از متغیرها در بخش Main برنامه تعریف شوند. لذا در این بخش به‌طور خلاصه به این موارد اشاره می‌شود. لازم به ذکر است که این بخش مربوط به کاربرانی است که صرفا می‌خواهند برنامه را اجرا و نتایج آن را مشاهده کنند. لذا هیچ اشاره‌ای به محتوای برنامه و محتویات آن نشده‌است.

در بخش اصلی برنامه لازم است که موارد ذکر شده در جدول ۲-۱ تعیین شوند.

جدول ۲-۱ متغیرهای بخش اصلی برنامه

متغییر داخل برنامه	تعریف متغیر	واحد	نوع
CL	سرعت صوت در فاز مایع	m/s	حقیقی –دقت مضاعف
CG	سرعت صوت در فاز گاز	m/s	حقیقی –دقت مضاعف
P۰L	چگالی مرجع فاز مایع (برای معادله حالت)	Pa	حقیقی –دقت مضاعف
D۰L	چگالی مرجع فاز مایع	Pa	حقیقی –دقت مضاعف
P۰G	چگالی مرجع فاز گاز (برای معادله حالت)	Kg/m^3	حقیقی –دقت مضاعف
D۰G	چگالی مرجع فاز گاز	Kg/m^3	حقیقی –دقت مضاعف
L	طول لوله	m	حقیقی –دقت مضاعف
Cells	تعداد سلول‌های محاسباتی	ندارد	صحیح

MarkerCode

Nmax	حداکثر گام زمانی مجاز	ندارد	صحیح
NVAR	تعداد متغیرهای پایستار (در اینجا ۴ است)	ندارد	صحیح
CFL	عدد CFL	ندارد	حقیقی –دقت مضاعف
TEND	مدت زمان شبیه سازی جریان	ثانیه	حقیقی –دقت مضاعف
FTYPE	تعیین روش محاسبه شار عددی	ندارد	صحیح
AG	کسر حجمی فاز گاز در لحظه صفر در تمامی نقاط	ندارد	حقیقی –دقت مضاعف
AL	کسر حجمی فاز مایع در لحظه صفر در تمامی نقاط	ندارد	حقیقی –دقت مضاعف
UG	سرعت فاز گاز در لحظه صفر در تمامی نقاط	m/s	حقیقی –دقت مضاعف
UL	سرعت فاز مایع در لحظه صفر در تمامی نقاط	m/s	حقیقی –دقت مضاعف
PG	فشار فاز گاز در لحظه صفر در تمامی نقاط	Pa	حقیقی –دقت مضاعف
PL	فشار فاز مایع در لحظه صفر در تمامی نقاط	Pa	حقیقی –دقت مضاعف
DG	چگالی فاز گاز در لحظه صفر در تمامی نقاط	Kg/m^3	حقیقی –دقت مضاعف

Market Code

DL	چگالی فاز مایع در لحظه صفر در تمامی نقاط	Kg/m^3	حقیقی –دقت مضاعف

پس از وارد کردن اطلاعات ارائه شده در جدول فوق و تعیین روش محاسبه شار عددی و اجرای برنامه توسط کاربر و پس از رسیدن به پایان زمان شبیه‌سازی، اطلاعات مربوط به جریان در زمان مشخص شده در فایلی به نام OUTPUT.DAT ذخیره می‌شوند. اکنون می‌توان این فایل را می‌توان با استفاده از برنامه‌های رسم نمودار همانند Tecplot باز نمود و نتایج حل جریان را مشاهده نمود.

۲-۱-نمونه اجرا

ابتدا مقادیر مربوط به معادلات حالت با استفاده از دستور Parameter تعریف می شوند.

Parameter (CL=۱۰۰۰.d۰,CG=۳۱٦.۲۷d۰,P۰L=۱۰۰۰۰۰.D۰

,D۰L=۱۰۰۰.D۰,P۰G=۰.D۰,D۰G=۰.D۰)

در ادامه برنامه برخی پارامترهای هندسی و محاسباتی شامل طول لوله، تعداد سلول های محاسباتی، عدد کورانت و روش محاسبه شار عددی و ... وارد می شوند.

L=۱۰۰.d۰

CELLS=۹۰۰

NMAX=۲۰۰۰۰۰۰

NVAR=٤

CFL=۰.٥d۰

TEND=۰.۱d۰

Market Code

FTYPE=۸

در ادامه شرط اولیه مسئله در این بخش برای تمامی سلول های محاسباتی وارد می شوند.

```
DO I=۰,CELLS+۱

X(I)=(I)*DX+DX/۲.۰

IF (X(I) < ۵۰.) THEN

AG(I)=۰.۲۹D۰

(AL(I)=۱.D۰-AG(I

UG(I)=۶۵.D۰

UL(I)=۱.D۰

PG(I)=۲۶۵۰۰۰.D۰

PL(I)=۲۶۵۰۰۰.D۰

DG(I)=۲.۶۵D۰

DL(I)=۱۰۰۰.۱۶۵D۰

ELSE

AG(I)=۰.۳D۰

(AL(I)=۱.D۰-AG(I

UG(I)=۵۰.D۰

UL(I)=۱.D۰

PG(I)=۲۶۵۰۰۰.D۰

PL(I)=۲۶۵۰۰۰.D۰

DG(I)=۲.۶۵D۰
```

Market Code

```
DL(I)=۱۰۰۰.۱۶۵D۰

ENDIF

ENDDO
```

پس از وارد کردن موارد فوق اکنون می توان برنامه را کامپایل و سپس اجرا نمود.

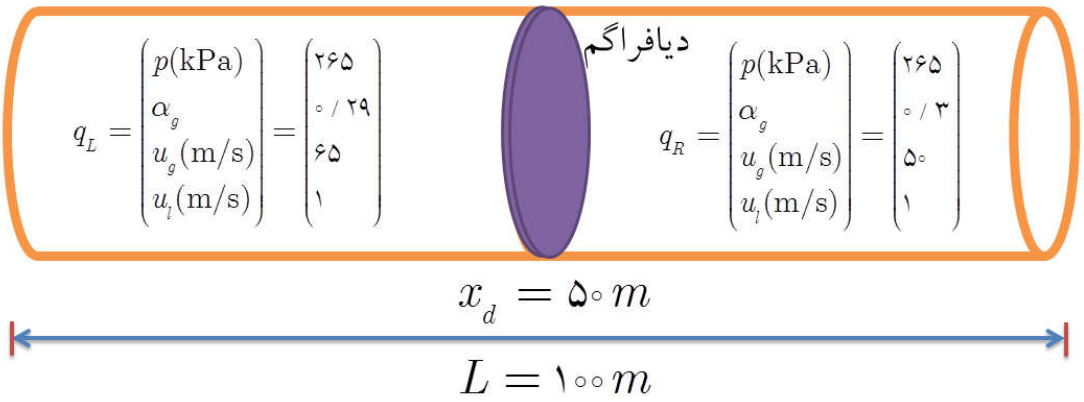
۲-۲-نتایج

به منظور بررسی درستی نتایج حاصل از برنامه کامپیوتری نوشته شده، مسئله لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد با استفاده از روش *AUSMDV و با به‌کارگیری مدل چهار معادله‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. این مسئله یکی از مسائل استاندارد جریان دو فازی است و توسط محققین بسیاری حل شده است. به دلیل اختلاف سرعت زیاد میان فاز گاز و مایع در هر دو سمت میان‌بند، غالبا از این مسئله تحت عنوان لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد، یاد می‌کنند.

۲-۲-۱ لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد

این مسئله که اولین بار توسط کورتس [۱] ارائه‌شده، شامل یک لوله افقی به طول ۱۰۰ متر است که دو طرف آن به وسیله یک میان‌بند که در ۵۰ متری قرارگرفته از هم جدا می‌شوند. شرایط اولیه جریان در سمت چپ و راست میان‌بند در شکل ۱ ذکر شده است. این مسئله لوله ضربه توسط محققین دیگری نیز مورد بررسی قرار گرفته است [۲-۴].

Market Code



شکل ۱: نمای کلی لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد و شرایط اولیه آن

در لحظه صفر میان‌بند پاره می‌شود و یک جریان غیر دائم در لوله برقرار می‌شود. حال هدف آن است که با استفاده از روش‌های عددی مختلف، کمیت‌های جریان در لحظه $t = ۰/۱\ s$ به‌دست آید. در ادامه نتایج تحلیل این مسئله با استفاده از روش‌های لکس-فردریکس (LF)، لکس-وندروف (LW)، FORCE و FLIC و با به‌کارگیری مدل چهار معادله‌ای، ارائه می‌شود.

در شکل‌های ۲ تا ۵ نتایج حل مسئله لوله ضربه با سرعت نسبی زیاد با استفاده از روش AUSMDV* بر روی شبکه‌های محاسباتی مختلف و با بکارگیری CFL=۰.۱ نشان داده شده‌است و با نتایج روش Roe۴ مرجع [۵] که بر روی یک شبکه ۱۰۰۰ سلولی به‌دست آمده مقایسه شده است.

Market Coa