به نام خدا

حل مسئله ذوب با استفاده از روش شبکه بولتزمن

نسخه ۱.۰

توسعه دهنده کد:	احمدعلی ربیع نتاج درزی، دکتری	
تهیه‌کننده مستند:	احمدعلی ربیع نتاج درزی	
تبدیل کننده کد: (از فرترن به C)		
تاریخ تنظیم:	پاییز۹۲	

مستندات کاربری

برنامه توسط نرم افزار فرترن ۹۰ اجرا می گردد.

۱- ورودی های برنامه:

ورودی این برنامه از دو قسمت تشکیل شده است:

۱-۱-داده های ورودی که شامل تعیین خواص سیال، اندازه حفره (تعداد مشها در جهت xو y) و همچنین برخی از پارامترهای بی بعد مانند عدد استفان، عدد رایلی ، عدد پرانتل، ویسکوزیته و نسبت ضریب هدایت پره به سیال می باشد.

```
parameter(Imax=۲۰۰,Jmax=۲۰۰)
parameter(pr=۶.۲,ste=۱.۰,ra=۱۷۰۰۰۰.,visco=۰.۲)
parameter(Tm=۰.۰,tw=۱.۰)
parameter(Kr=۱۰.۰)
```

۱-۲- چند پارامتر هنگام اجرای برنامه از کاربر خواسته می شود که از قرار زیر می باشد:

- زاویه حفره نسبت به محور مختصات Ang (نشان داده شده در شکل زیر)

در این قسمت زاویه حفره نسبت به جهت مثبت محور مختصاتی تعیین می گردد که از ۱۸۰- تا ۱۸۰ متغیر است

- تعداد پره

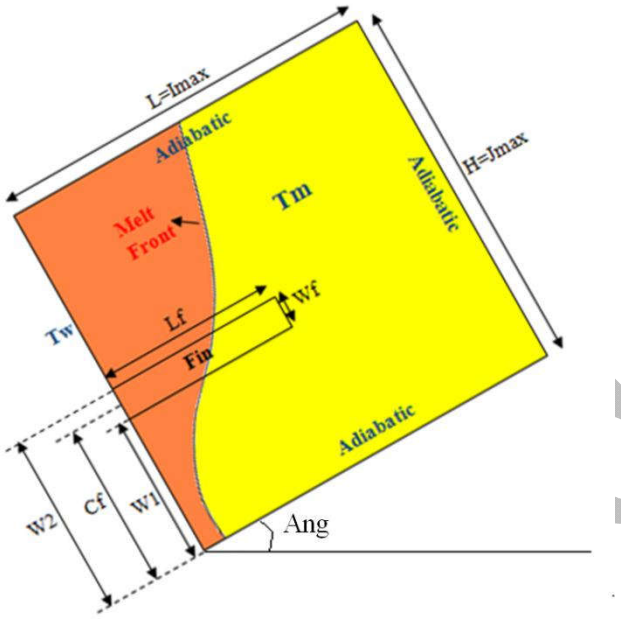
عدد صفر و یا ۱. در صورت نبود پره عدد صفر و در صورت وجود پره عدد ۱ تایپ می گردد. اگر پره وجود داشته باشد بایستی موقعیت و اندازه پره تعیین شود که بترتیب از این قرار است:

ابتدا ضخامت نسبی پره (Wf/H) که در روش شبکه بولتزمن H=Jmax می باشد.

طول نسبی پره (Lf/H)

فاصله نسبی پره از قاعده (وجه پایینی) حفره (Cf/H)

Market Code



۲- فایلهای خروجی

فایلهای خروجی شامل سه فایل جداگانه می باشد که بصورت عدد ناسلت نسبی(Nuav۰.txt) بر روی دیوار گرم حفره، موقعیت جبهه موج (Sav.txt) و کانتورهای دما و سرعت بر حسب زمانهای بی بعد(UVTcontour.plt) ارائه می گردد.

فایل UVTcontour شامل کانتورهای دما (کسر حجمی مایع)، سرعت در جهت x,y با فرمت plt می باشد که قابلیت نمایش و تهیه فیلم در زمانهای مختلف بی بعد ($\theta = Ste.Fo$) را داراست. در این فایل مقدار دما و سرعت در زمانهای مختلف هر کدام در یک Zone جداگانه ذخیره شده اند برای نمایش فیلم در نرم افزار tecplot کافی است به منوی Animate و سپس Zone رفته و از آن فایل خروجی فیلم (Avi, ...) تهیه شود.

همچنین مقدار دمای و سرعت سیال در مرکز حفره در هنگام اجرای برنامه چاپ می گردد.

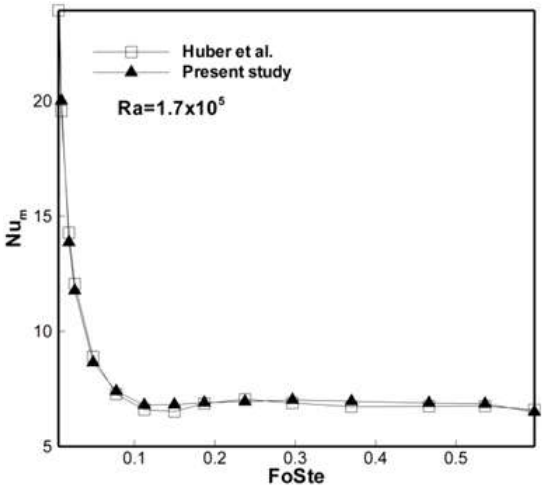
۳- نمونه اجرای برنامه

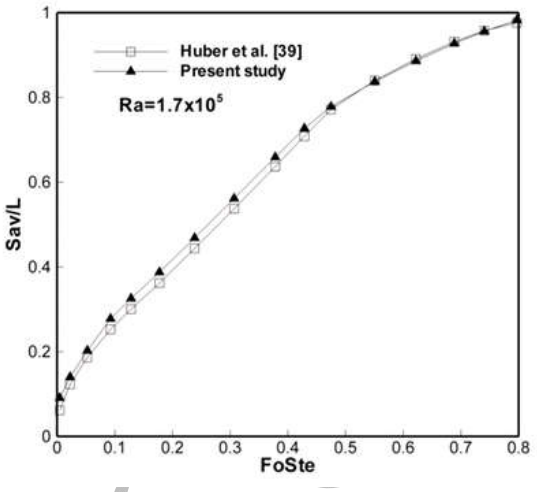
۳-۱ برای شرایط زیر

- بدو ن پره (Nf=۰)
- زاویه حفره صفر (Ang=۰)
- عدد رایلی ۱۷۰۰۰۰، عدد پرانتل ۱، عدد استفان ۱۰، عدد ویسکوزیته ۰.۱
- تعداد مش ۲۰۰ در ۲۰۰

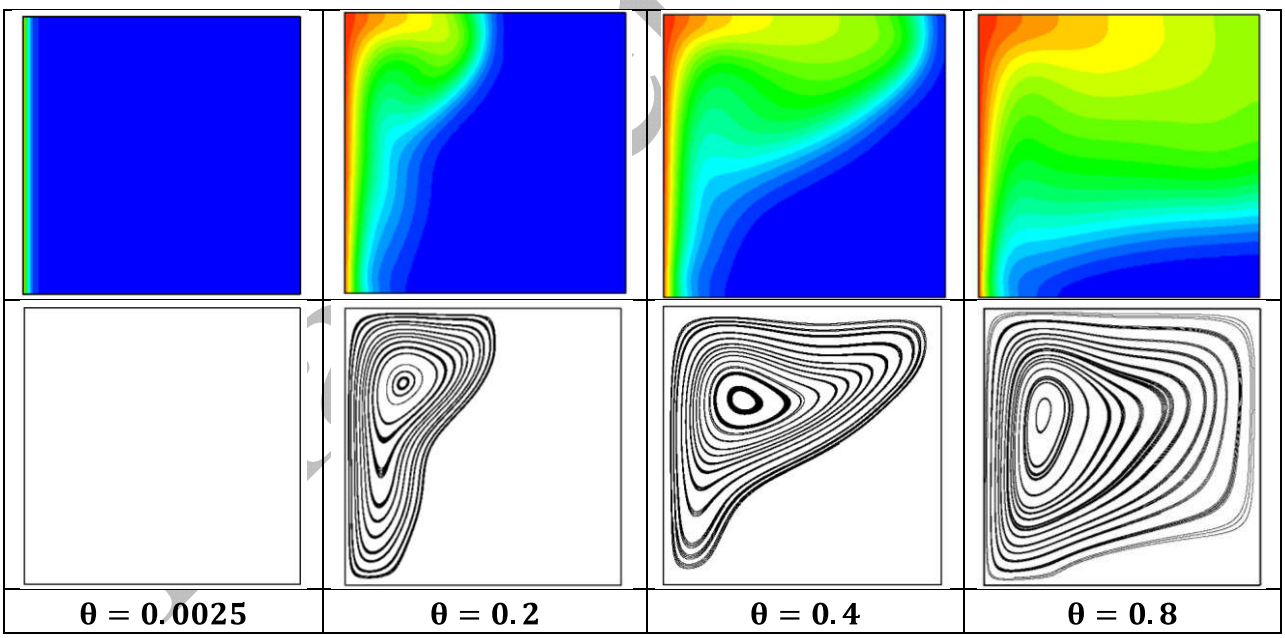
Market Code

۳-۱-۱ نمودار عدد ناسلت متوسط و مقایسه با کار دیگران[۱]:





۳-۱-۲ کانتور دما برای زمانهای بی بعد مختلف



[۱] *C. Huber, A. Parmigiani, B. Chopard, M. Manga, O. Bachmann, "Lattice Boltzmann model for melting with natural convection, International Journal of Heat and Fluid Flow,* ۲۰۰۸, ۲۹, ۱٤٦۹-۱٤۸۰.

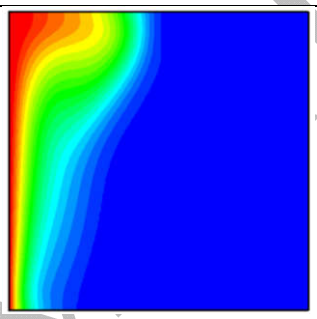
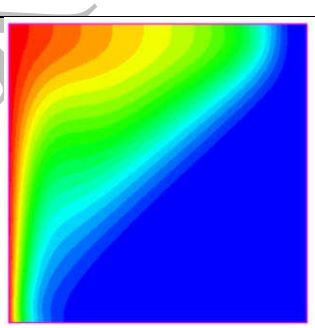
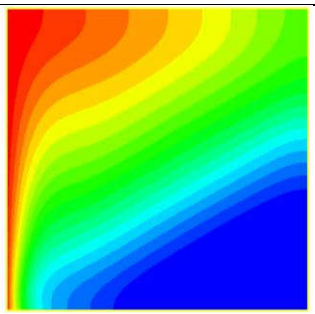
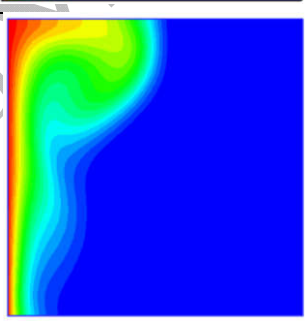
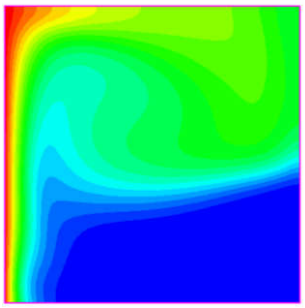
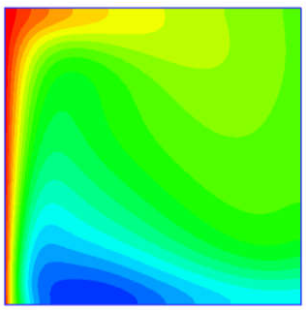
توضیح: در لحظات ابتدایی انتقال حرارت از نوع هدایت می باشد و هیچ سلول چرخشی وجود ندارد تنها مقدار کمی از سیال بر اثر انتقال حرارت هدایتی ذوب شده است با سپری شدن زمان ، کسر حجمی مایع بیشتر شده و تاثیر نیروی شناوری بیشتر می گردد بعلت وجود انتقال حرارت جابجایی طبیعی مقدار بیشتری از ماده در قسمت فوقانی حفره ذوب می گردد.

۳-۲ برای حفره دارای زاویه ۳۰ و ۳۰- نسبت به محور مختصات:

شرایط مسئله: ۱- بدون پره ۲- عدد استفان ۱۰ ، عدد رایلی ۱۷۰۰۰۰، عدد پرانتل ۱، ویسکوزیته ۰/۱

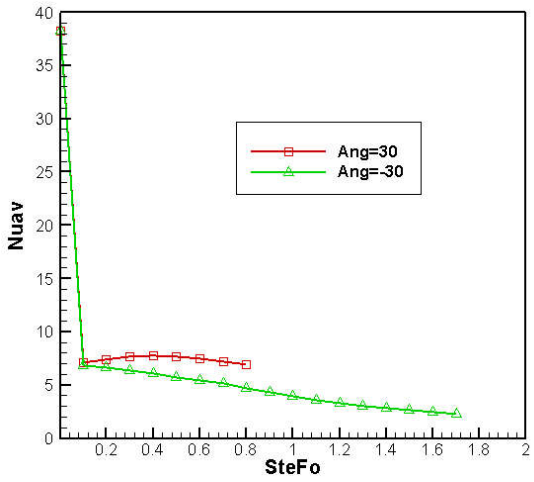
برای زوایای ۳۰ و ۳۰- دو اجرای مختلف از برنامه لازم می باشدکه نتایج آن بعد از اتمام اجرا بصورت زیر می باشد.

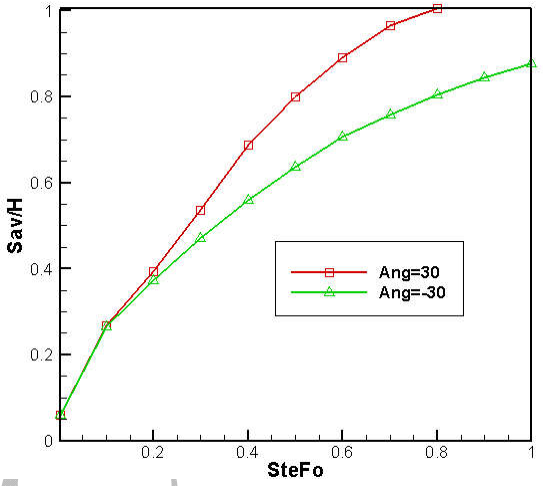
۳-۲-۱ کانتورهای دما (کسر حجمی) در زمانهای بی بعد مختلف

	$\theta = 0.2$	$\theta = 0.5$	$\theta = 0.8$
Ang=۳۰			
Ang=۳۰			

Market Code

۳-۲-۲- نمودار عدد ناسلت متوسط و موقعیت جبهه ذوب در زمانهای مختلف:





توضیح : همانطور که از کانتورهای ذوب و نمودار موقعیت جبهه موج مشخص است با چرخش حفره بمیزان ۳۰ درجه، مقدار انتقال حرارت جابجایی طبیعی شدت گرفته و مقدار بیشتری از ماده تغییر فاز دهنده ذوب می شود در صورتیکه برای زوایای منفی، برعکس می باشد. همچنین در زمانهای ابتدایی، چون مکانیزم غالب انتقال حرارت هدایتی است چرخش زاویه حفره تاثیر کمی در مقدار ذوب دارد ولی با گذشت زمان انتقال حرارت جابجایی شدت می گیرد.

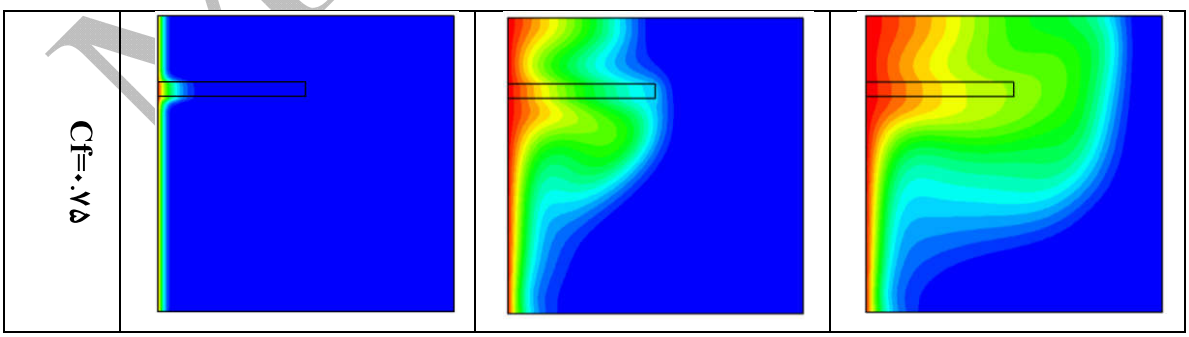
۳-۳ وجود پره در موقعیت های مختلف از حفره:

شرایط مسئله :

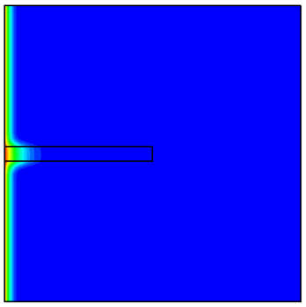
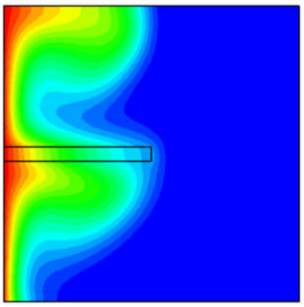
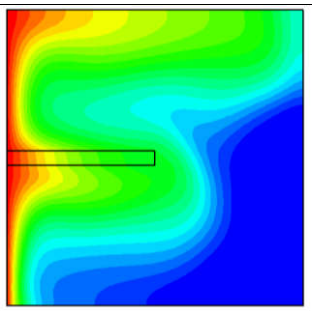
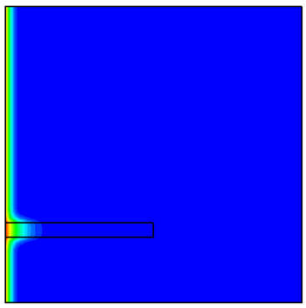
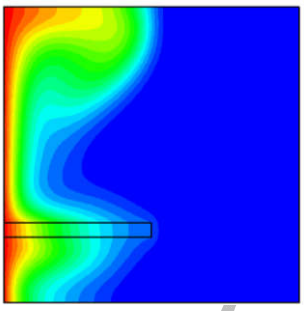
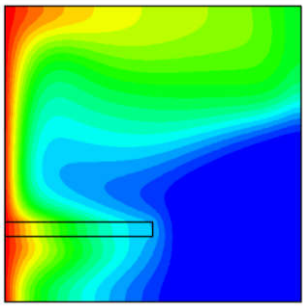
۱- تعداد ۱ پره با Kr=۱۰، طول نسبی پره ۰.۵، ضخامت نسبی پره ۰.۰۵ ، در سه موقعیت مختلف Cf=۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵

۲- زاویه حفره صفر

۳- عدد استفان ۱۰ ، عدد رایلی ۱۷۰۰۰۰، عدد پرانتل ۱، ویسکوزیته ۰/۱



Market C

Cf=۰.۵			
Cf=۰.۲۵			
	$\theta = 0.0025$	$\theta = 0.2$	$\theta = 0.5$

Market C

مقالات چاپ شده با استفاده ازاین کد (و یا با اندکی تغییر):

۱- **A. A. RABIENATAJ DARZI** , M. FARHADI AND M. JOURABIAN, LATTICE BOLTZMANN SIMULATION OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT DURING MELTING BY USING NANOPARTICLES, IJST, Transactions of Mechanical Engineering, Vol. ۳۷, No. M۱, pp ۲۳-۳۷.

۲- M. Jourabian, M. Farhadi, K. Sedighi**, A.A Rabienataj Darzi**, J. Vazifeshenas, "Simulation of natural convection melting in a cavity with fin using lattice Boltzmann method", International Journal for Numerical Methods in Fluids,۷۰(۳)(۲۰۱۲) ۳۱۳-۳۲۵.

۳- **A. Ali Rabienataj Darz**i, Mousa Farhadi, Kurosh Sedighi, Mahmoud Jourabian and Yousef Vazifeshenas, Natural convection melting of NEPCM in a cavity with an obstacle using Lattice Boltzmann method, International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, (Accepted).

٤- M. Jourabian, M. Farhadi, **A.A Rabienataj Darzi,** Simulation of natural convection melting in an inclined cavity using lattice Boltzmann method, Scientia Iranica, Transactions B: Mechanical Engineering,١٩(٤)(٢٠١٢) ١٠٦٦-١٠٧٣.

٥- M. Jourabian, M. Farhadi, K. Sedighi, **A.A Rabienataj Darzi,** J. Vazifeshenas*, Melting of NEPCM within cylindrical tube: numerical study using lattice Boltzmann method*, Journal of Numerical Heat Transfer, Part A, ٦١(١٢)(٢٠١٢) ٩٢٩-٩٤٨.

٦- Mahmoud Jourabian, Mousa Farhadi, **Ahmad Ali Rabienataj Darzi**, Outward melting of ice enhanced by Cu nanoparticles inside cylindrical horizontal annulus: Lattice Boltzmann approach, Applied Mathematical Modelling, In Press.

Market Code

چکیده :
کد حاضر به بررسی پدیده ذوب درون یک حفره مربعی با پره با استفاده از روش آنتالپی شبکه بولتزمن می پردازد. برای شبیه‌سازی میدان‌های چگالی، سرعت و دما از مدل تابع توزیع چندتایی استفاده شده است. از مدل شبکه $D2Q9$ برای محاسبه میدان‌های چگالی و سرعت استفاده شده است در حالیکه مدل شبکه $D2Q5$ برای محاسبه میدان دما استفاده شده است. اثرات تغییر موقعیت و طول پره بر روی نرخ ذوب، زمان ذوب کامل و عدد ناسلت متوسط مورد بررسی قرار گرفته شده است.

کلمات کلیدی: ذوب، پره، شبکه بولتزمن، عدد ناسلت

فهرست

۱- هندسه مورد بررسی: ۴

۲- تعریف متغیرها: ۴

۳- معادلات حاکم : ۶

۴- حل مسئله تغییر فاز با شبکه بولتزمن: ۶

۴-۱ شرط مرزی دیوار: ۷

۵- برنامه اصلی: (**MAIN PROGRAM**) ۸

۵-۱ توضیح قسمت۱Main:part : ۸

۵-۲ توضیح قسمت۲Main:part : ۸

۵-۳ توضیح قسمت۳Main:part : ۸

۵-۴ توضیح قسمت۴Main:part : ۹

۵-۵ توضیح قسمت۵Main:part : ۹

۶- توضیح زیر برنامه ها: ۹

۶-۱ زیر برنامه برخورد (Subroutine Collision) ۹

۶-۲ توضیح زیر برنامه جاری شدن (Subroutine streaming)برای تابع توزیع سرعت ۱۱

۶-۳ توضیح زیر برنامه پرش به عقب برای اعمال شرط عدم لغزش(Subroutine bounceb) ۱۱

۶-۳-۱ توضیح قسمت۱_Bouncebanck:part ۱۲

۶-۳-۲ Bouncebanck:part_۲ ۱۲

۶-۳-۳ توضیح قسمت۳_Bouncebanck:part ۱۲

۶-۳-۴ توضیح قسمت۴_Bouncebanck:part ۱۳

۶-۳-۵ توضیح قسمت۵_Bouncebanck:part ۱۳

۶-۴ توضیح زیر برنامه محاسبه سرعت (Subroutine rhouv) ۱۳

۶-۴-۱ توضیح قسمت۱_Rhouv:part ۱۴

Market Code