




به نام خدا

پایگاه علوم و مهندسی محاسباتی

روش‌های تولید شبکه در هندسه‌های دو بعدی و سه بعدی با مرزهای مستطیلی، غیر مستطیلی و پیچیده

نسخه: ۱/۰

 <p>دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل</p>	سینا پاشازانوس: کارشناس ارشد تبدیل انرژی	توسعه دهنده (گان):
 <p>دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل</p>	روزبه شفقت: دکترای تبدیل انرژی، استادیار	

 <p>دانشگاه صنعتی شاهرود</p>	<p>قدیر اسماعیلی: دکترای تبدیل انرژی، استادیار</p>	
	<p>سینا پاشازانوس</p>	<p>تهیه کننده مستند:</p>
	<p>۱۳۹۴ / ۰۸ / ۰۳</p>	<p>تاریخ تنظیم سند:</p>

فهرست مطالب

۴	۱- چکیده
۵	۲- راهنمای کاربری
۵	برنامه ی ۱ : تولید شبکه ی دو بعدی جبری به روش TFI
۶	مثال ۱، کد 2D_Circle_Algebraic : تولید شبکه ی جبری در دایره ای با قطر دلخواه..
۶	مثال ۲، کد Sinusi_Circle: تولید شبکه ی جبری در هندسه ای با مرزهای سینوسی
۷	برنامه ی ۲ : تولید شبکه ی سه بعدی جبری به روش TFI
۷	مثال ۱، کد TFI_3D_Surface : تولید شبکه در یک جسم سه بعدی از طریق سطوح ...
۱۲	مثال ۲، کد TFI_3D_12_Line: تولید شبکه در یک جسم سه بعدی از طریق اضلاع ...
۱۶	مثال ۳، کد Wavy Channel: برنامه تولید شبکه در کانال سینوسی با مقاطع مربعی ...
۱۹	برنامه ۳ ، کد ELLIPTIC_2D: تولید شبکه دوبعدی به کمک معادلات پواسون
۳۰	مباحث تکمیلی در تولید شبکه بیضوی
۳۵	برنامه ۳، کد 3DCircular_Channel: تولید شبکه سه بعدی در کانال دایروی
۳۷	برنامه ۴، کد TFI_12line_Elliptic3D: تولید شبکه به کمک معادلات لاپلاس سه بعدی
۴۰	برنامه ۵ ، کد 3D- Irregular: تولید شبکه سه بعدی در هندسه ای با پروفیل دلخواه
۴۵	۳- مستندات آموزشی
۴۵	برنامه ی ۱، تولید شبکه ی دو بعدی جبری به روش TFI:
۴۷	مثال ۱، کد 2D_Circle_Algebraic :
۴۹	مثال ۲، کد Sinusi_Circle:
۴۹	برنامه ی ۲ : تولید شبکه ی سه بعدی جبری به روش TFI
۵۱	مثال ۱، کد TFI_3D_Surface :
۵۵	مثال ۲، کد TFI_3D_12_Line :
۵۹	برنامه ۳ ، کد ELLIPTIC_2D:
۶۸	سابروتین CLUSTER
۶۹	سابروتین Orto
۷۲	سابروتین Corners
۷۴	برنامه ۴، کد TFI_12line_Elliptic3D:
۷۶	مراجع

۱- چکیده

آنچه در این پژوهش گردآوری گردیده است مجموعه‌ای از برنامه‌ها جهت تولید شبکه‌ی باسازمان در انواع مختلف هندسه‌های دوبعدی و سه‌بعدی با مرزهای مستطیلی، غیر مستطیلی و پیچیده می‌باشد. نوع روش استفاده شده شامل روش جبری و بیضوی و ترکیبی از این دو روش می‌باشد. از قابلیت‌های برنامه‌های تولید شده، توانایی تولید شبکه در هندسه‌هایی با مرزهای نامتعارف تنها با داشتن معادله‌ی خط مرزها می‌باشد. با توجه به این که تولید شبکه‌ای سازمان‌یافته با کیفیت مناسب، امری تجربی بوده و الگویی خاص برای کلیه‌ی هندسه‌ها وجود ندارد، در این پژوهش سعی شده تا با ارائه برنامه‌ها و مطالب کلیدی محدودیت هندسی، جهت تولید شبکه برطرف شود.

کلمات کلیدی: معادلات بیضوی، فضای محاسباتی، روش جبری TFI، حلقه‌ی تکرار

۲- راهنمای کاربری

این مجموعه توسط مهندس سینا پاشازانوس، دکتر روزبه شفقت و دکتر قدیر اسماعیلی نگارش شده است. نسخه حاضر Version:1.0 می‌باشد. این بخش شامل مجموعه‌ای از برنامه‌ها جهت تولید شبکه در هندسه‌های مختلف می‌باشد. در این بخش، در هر برنامه تنها به معرفی تنظیمات اولیه برنامه‌ها شامل، معرفی بخش‌های مختلف برنامه‌ها به همراه متغیرهای کلیدی و در نهایت مثال‌هایی جهت تفهیم بهتر مطالب، جهت اجرا پرداخته می‌شود.

برنامه‌ی ۱: تولید شبکه‌ی دو بعدی جبری به روش TFI

این برنامه قادر به تولید شبکه در هندسه‌ای دو بعدی به روش جبری می‌باشد. در مثال ارائه شده یک دایره با قطر دلخواه مشخص شده می‌شود.

در ابتدای این بخش (Geometry Dim) ابعاد هندسه تعیین می‌گردد. در این مثال شعاع دایره (R) وارد می‌شود. همچنین در ابتدای برنامه N_i و N_j ، تعداد نقاط شبکه در جهت محور X و Y تعیین می‌شوند.

بخش Boundary coordinate:

سپس در بخش Boundary coordinates به کمک روابط قطبی، موقعیت نقاط شبکه در مرزها تعیین می‌شود. بدین منظور، ابتدا محیط هندسه‌ی مورد نظر به ۴ قسمت تقسیم (Top, Bottom, Left, Right) می‌شود که در سمت راست شکل ۱-۲ با حروف t, b, r و L نشان داده شده‌اند.

بخش Inner coordinates

در این بخش با استفاده از درونیابی TFI بخش نقاط در داخل هندسه بدست می‌آید.

بخش Output:

در نهایت پس از فرآیند حل، در بخش Output مقادیر به دست آمده به شکل مناسبی در فایل خروجی (Circle.plt) ذخیره می‌گردد.

نمونه اجرا

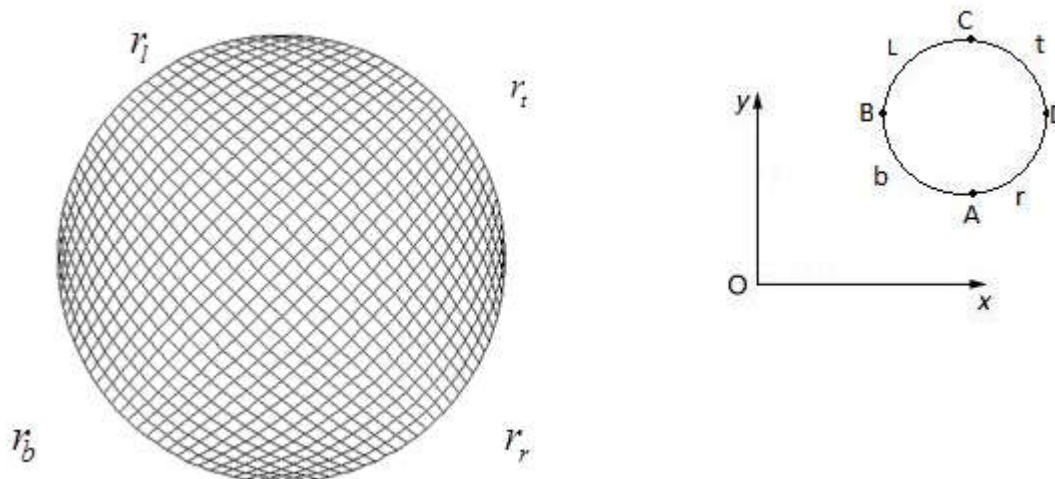
مثال ۱، کد **2D_Circle_Algebraic**: تولید شبکه‌ی جبری در دایره‌ای با قطر دلخواه

در این بخش به منظور تمرین عملی موارد بالا به یک مثال اشاره می‌شود. این نمونه شامل تولید شبکه در یک دایره با شعاع R می‌باشد. مقادیر ورودی به صورت زیر وارد می‌گردد. مرزهای میدان نیز به کمک روابط قطبی تعریف می‌شود. r_b, r_r, r_t, r_l در شکل ۱-۲ بترتیب مرزهای چپ، بالا، راست و پایین می‌باشند.

$$N_i=30, N_j=30$$

$$R = 5$$

شکل ۱-۲ شبکه‌ی تولید شده با توجه به مراحل بالا را نشان می‌دهد.



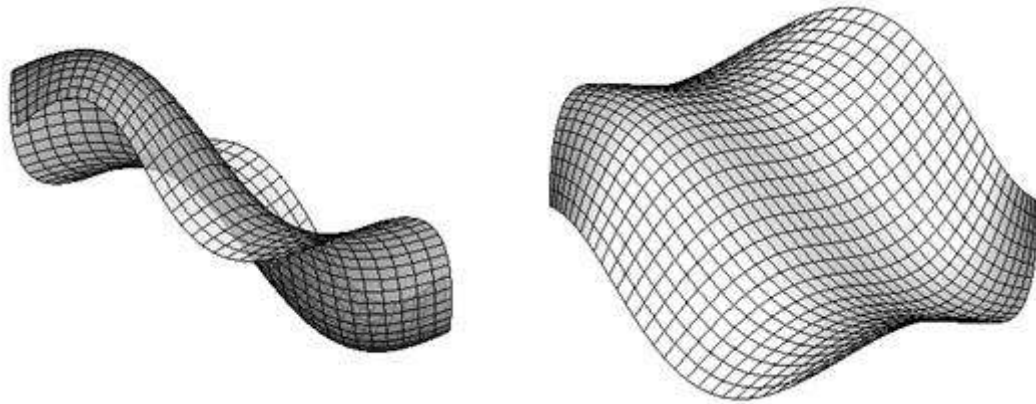
شکل ۱-۲: شبکه تولید شده به کمک روش جبری TFI

مثال ۲، کد **Sinusi_Circle**: تولید شبکه‌ی جبری در هندسه‌ای با مرزهای سینوسی

همچنین می‌توان در مثال فوق با پخش نقاط مرزی در سه بعد (بعد سوم به شکل سینوسی تعریف شود) و درونیابی نقاط مرکزی از طریق این نقاط، شبکه‌ی نهایی به شکل صفحه‌ای سه بعدی حاصل شود.

کلیه‌ی قسمت‌های این برنامه همانند برنامه قبلی بوده با این تفاوت که متغیرها در سه بعد تعریف شده اند. همچنین در این برنامه در حلقه‌های توزیع نقاط مرزی (بخش Boundry Coordinates) بعد از تعریف زوایای $Teta$ ، بعد سوم با تابع $Z = \sin(4 * Teta)$ تعریف شده و نقاط در جهت Z در زوایای مختلف به صورت یک تابع سینوسی پخش می‌شوند. Nk تعداد نقاط شبکه در راستای محور Z می‌باشد.

$Ni=30, Nj=30, Nk=10$



شکل ۲-۲: شبکه تولید شده به کمک روش جبری TFI با مرزهایی سینوسی

برنامه ی ۲: تولید شبکه‌ی سه بعدی جبری به روش TFI

مثال ۱، کد `TFI_3D_Surface`: تولید شبکه در یک جسم سه بعدی از طریق سطوح

در این برنامه در ابتدا ۶ سطح هندسه مش زده شده (با روش‌های دلخواه که می‌توان از روش جبری TFI دوبعدی نیز استفاده نمود) و سپس به کمک TFI مختصات نقاط داخلی از طریق شبکه‌ی روی سطوح، درونیابی می‌شود.

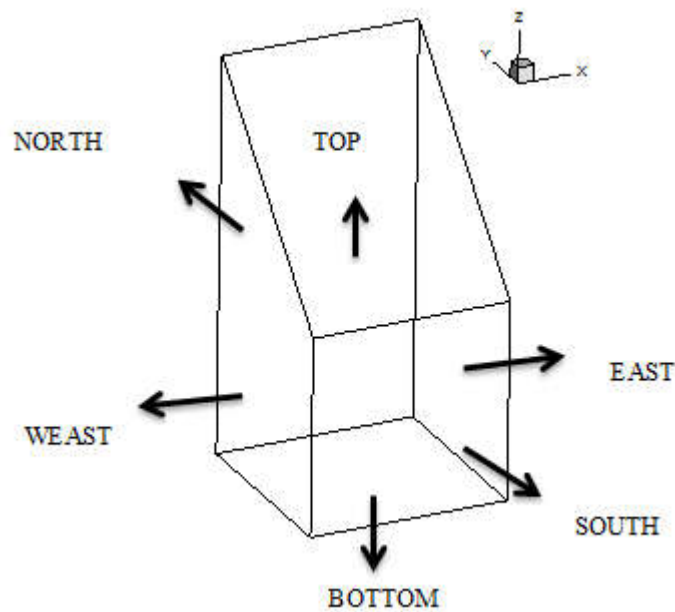
در ابتدای برنامه Ni, Nj و Nk تعداد نقاط شبکه در جهت محورهای X, Y و Z تعیین می‌شود.

به‌طور کلی این برنامه از دو بخش Boundary Coordinates و Inner Coordinates تشکیل شده که در قسمت اول به تولید شبکه در مرزها و در قسمت دوم به تولید شبکه در داخل میدان محاسباتی پرداخته می‌شود.

بخش Boundary Coordinates:

جهت تولید شبکه در مرزها (مطابق شکل ۲-۳)، در این بخش مرزها به ۶ سطح مختلف تقسیم شده‌اند:

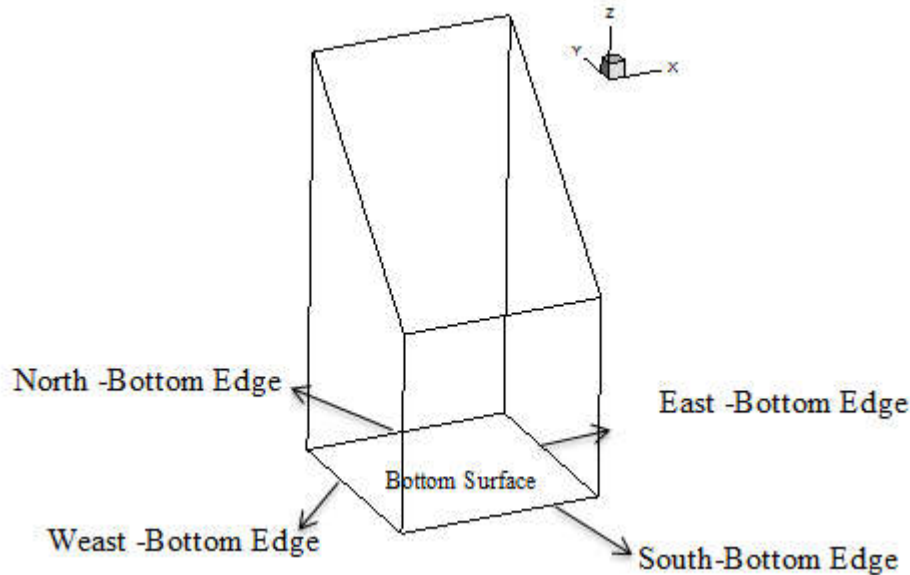
BOTTOM SURFACE, TOP SURFACE, WEAST SURFACE, EAST SURFACE,
SOUTH SURFACE, NORTH SURFACE



شکل ۲-۳ هندسه‌ی جسم سه‌بعدی

همچنین در هر سطح با توزیع نقاط در ۴ ضلع و به کمک درونیابی TFI، پخش نقاط در صفحه‌ی مورد نظر به دست می‌آید.

برای مثال Bottom Surface، از چهار ضلع East-،North-Bottom Edge،South-Bottom Edge و Bottom Edge تشکیل شده که در هر ضلع با توجه به شکل ۲-۴ پخش نقاط به صورت خطی صورت گرفته و در نهایت در بخش TFI نقاط داخلی Bottom Surface بدست می‌آید. به همین ترتیب در ۵ سطح دیگر نیز توزیع نقاط صورت می‌گیرد.



شکل ۲-۴ صفحه‌ی Bottom Surface و اضلاع آن

لازم به ذکر است برای پخش نقاط در چهار ضلع از درونیایی خطی نقاط موجود در دوسر هر یک از خطوط استفاده شده است.

بخش Inner coordinates :

در ابتدای این بخش Dx ، Dy و Dz طول خطوط شبکه در جهت X و Y و Z محاسبه می‌گردد.

بدین ترتیب پس از تولید شبکه در ۶ سطح، در بخش Inner Coordinates، توزیع نقاط داخلی به کمک درونیایی TFI حاصل می‌شود. در حلقه‌ی تشکیل شده در این بخش جهت محاسبه‌ی مختصات نقاط داخلی،

مقادیر $P_{ijk} x$ ، $P_{ijk} y$ و $P_{ijk} z$ همان انتقال دهنده‌ها در جهات مختلف می‌باشند که در انتهای حلقه از ترکیب آن‌ها مختصات نقاط به دست می‌آید.

در نهایت پس از فرآیند حل در بخش Inner Coordinates مقادیر به دست آمده به شکل مناسبی در فایل خروجی (GRIDOUT. PLT) ذخیره می‌گردد.

نمونه اجرا

در این بخش با توجه به موارد بالا شبکه‌ی تولید شده در هندسه‌ی شکل ۲-۳ نشان داده می‌شود. مقادیر ورودی به صورت زیر وارد می‌گردد.

$N_i=30, N_j=30, N_k=30$

همچنین با توجه به مطالب بالا در بخش Boundary Coordinates پخش نقاط از اضلاع شروع شده و پس از توزیع نقاط در سطوح به کمک درونیابی نقاط روی اضلاع، در بخش Inner Coordinates شبکه‌ی داخلی نیز تولید می‌شود. در این بخش به عنوان نمونه تولید شبکه در Bottom Surface توضیح داده می‌شود (شکل ۲-۵). به کمک روابط ارائه شده در شکل ۲-۵ توزیع نقاط در اضلاع Bottom Surface به ترتیب زیر صورت می‌گیرد.

```

!=====      bottom surface      =====

!-----south-bottom edge
j=1
k=1
Do i=1,Ni
  x(i,j,k)=Real(i-1)/Real(Ni-1)
  y(i,j,k)=0.
  z(i,j,k)=0.
EndDo

!-----EAST-bottom edge
I=Ni
k=1
Do J=1,Nj
  x(i,j,k)=1
  y(i,j,k)=Real(J-1)/Real(Nj-1)
  z(i,j,k)=0.
EndDo

!-----NORTH-bottom edge
j=Nj
k=1
Do i=1,Ni
  x(i,j,k)=Real(i-1)/Real(Ni-1)
  y(i,j,k)=1.
  z(i,j,k)=0.
EndDo

!-----WEAST-bottom edge
I=1
k=1
Do J=1,Nj
  x(i,j,k)=0.
  y(i,j,k)=Real(J-1)/Real(Nj-1)
  z(i,j,k)=0.
EndDo

```