



زیربرنامه **LES\_DSmag\_Eddy3D**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان:** | **مرتضی نامور** |  |
| **علیرضا رضایی** |  |
| **تهیه کننده مستند:** | **مرتضی نامور، علیرضا رضایی** | |
| **تاریخ تنظیم سند:** | 06/07/1394 | |
| **تایید کنندگان:** |  | |
| **شماره سند:** | **MC5F097F1** | |
| **زبان برنامه نویسی:** | **Fortran 90** | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **LES\_DSmag\_Eddy(Dim,NC,NF1,NF2,IDS,A,MR,Rho,Rhohat,Sxx,Syy,Sxy,Skk,**  **Sxxhat,Syyhat,Sxyhat,Skkhat,Sabs,Sabshat,Lxx,Lyy,Lxy,Lkk,Mut)** | | | |
| **Dimension** | **Variable Type** | **Description** | **Intent** |
|  |  |  | **Input** |
|  | Integer | Maximum **Dim**ension of Arrays | Dim |
|  | Integer | **N**umber of Existing **C**ells | NC |
|  | Integer | Index of 1st Non-Boundary **F**aces | NF1 |
|  | Integer | Index of Last Non-Boundary **F**aces | NF2 |
| (1: 4,1:Dim) | Integer | **I**nformation of **D**ata **S**tructured | IDS |
| (1:Dim) | Real(8) | **A**rea of each cell | A |
|  | Real(8) | **M**uch Number over **R**eynolds Number of **inf**inite Flow Characteristics | MR |
| (1:Dim) | Real(8) | Density | Rho |
| (1:Dim) | Real(8) | Filtered Density | Rhohat |
| (1:Dim) | Real(8) | Strain Rate Tensor in xx, yy and xy Direction | Sxx,Syy,Sxy |
| (1:Dim) | Real(8) |  | Skk |
| (1:Dim) | Real(8) | Filtered Strain Rate Tensor in xx, yy and xy Direction | Sxxhat,Syyhat, Sxyhat |
| (1:Dim) | Real(8) |  | Skkhat |
| (1:Dim) | Real(8) | Absolut Magnitude of Strain Rate Tensor | Sabs |
| (1:Dim) | Real(8) | Absolut Magnitude of Filtered Strain Rate Tensor | Sabshat |
| (1:Dim) | Real(8) |  | Lxx,Lyy,Lxy |
| (1:Dim) | Real(8) |  | Lkk |
|  |  |  | **Output** |
| (1:Dim) | Real(8) | Turbulent viscosity | Mut |

* 1. وظایف

در این زیر برنامه ویسکوزیته توربولانسی با استفاده از روش اسماگورینسکی دینامیکی محاسبه می‌گردد.

* 1. توضیحات و تئوری­ها

در این پروژه روش اسماگورینسکی دینامیکی برای مدل سازی ترم زیر شبکه مورد استفاده قرار گرفته است که:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

در مدل اسماگورینسکی ساده ویسکوزیته گردابه‌ای بر اساس معادله ‏(2) محاسبه می‌شود:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

که  چگالی،  ثابت اسماگورینسکی و  پهنای فیلتر شبکه و  تانسور کرنش است که برابر است با :

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

و  برابر است با اندازه تانسور کرنش که برابر است با  . اندازه پهنای فیلتر شبکه در حالت سه بعدی برابر است با  . در حالت دو بعدی برای حفظ ابعاد ویسکوزیته گردابه‌ای، اندازه پهنای فیلتر از رابطه  محاسبه شده است.

تفاوت روش اسماگورینسکی ساده با روش دینامیک در این است که ضریب  با جایگزین می‌گردد. بر خلاف  که یک ضریب ساده است و بر اساس تئوری برای تمام نقاط و در تمام لحظه‌ها یک مقدار ثابت می‌گیرد، ضریب  تابعی از جریان حاکم است و بسته به الگوی جریان در هر نقطه و زمان متفاوت است. محاسبه‌ی ثابت دینامیکی  در مدل دینامیکی وجه تمایز این روش با روش اسماگورینسکی ساده است. در واقع در مدل لیلی سعی می‌گردد تا بهینه ترین ثابت از طریق روش حداقل رسانی مجذورات[[1]](#footnote-1) محاسبه شود. این ضریب از رابطه ‏(4) حاصل می‌گردد:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

در ابتدا باید متذکر شد که < > به فرآیند متوسط‌گیری بر اساس مقادیر خود سلول و سلول‌های همسایگی اشاره دارد.  به ترتیب معادله ‏(5) تعریف می‌گردد و به بخش دیویاتوریک تانسور تنش لئونارد اشاره دارد:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

و  بصورت زیر تعریف می شود:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

برابر است با پهنای فیلتر آزمایشی که در روش دینامیک مورد استفاده قرار می‌گیرد و باید بزرگتر از پهنای فیلتر شبکه باشد. در اینجا رابطه  مورد استفاده قرار گرفته است.

* 1. بخش‌های زیر برنامه

برای پیاده سازی این بخش بصورت زیر عمل می شود:

1. محاسبه که برای حالت دوبعدی شامل عبارت های می شود.
2. محاسبه مقادیر فیلتر شده با استفاده از فیلتر آزمایشی
3. محاسبه صورت و مخرج فیلتر نشده عبارت مربوط به Cd
4. فیلتر گیری از صورت و مخرج عبارت مربوطه به Cd
5. محاسبه لزجت توربولانسی

لازم است توجه شود که پس از معرفی آرایه ها و پارامترها، برخی از آرایه ها بصورت موقت به آنها حافظه اختصاص داده می شود و در انتهای زیربرنامه نیز این حافظه آزاد می‌شود.

1. محاسبه ضرایب

بطور کلی ضرایب با استفاده از رابطه ‏(8) تعریف می شود که در حالت دو بعدی بصورت زیر می باشد:



در اینجا لازم است دقت شود که پهنای فیلتر شبکه می باشد که برای حالت دوبعدی برابر با ریشه دوم مساحت سلول محاسباتی تعریف می شود. بنابراین بجای عبارت از مساحت سلول ها استفاده می گردد. برای صرفه جویی در محاسبات ابتدا بخش اول عبارت های بالا یعنی و سپس بخش دوم آنها یعنی که در هر سه مورد بالا یکسان می باشند (البته در عبارتاین مقدار برابر صفر است)، محاسبه و پس از آن محاسبه و در آرایه های مربوطه ذخیره شده تا در فرآیند فیلترگیری از آنها استفاده شود.

1. محاسبه ضرایب فیلترگیری شده 

آنچه که برای محاسبه‌ی  مورد نیاز است، مقدار فیلتر شدهیعنیمی‌باشد. پس برای اعمال فرآیند فیلترینگ آرایه های به زیر برنامه مربوط به اعمال فیلتر آزمایشی فرستاده می‌شوند و آرایه های فیلتر شدهگرفته می‌شود.

1. محاسبه صورت و مخرج فیلتر نشده عبارت مربوط به Cd

بطور کلی در این بخش صورت و مخرج عبارت مربوط به Cd محاسبه می شود تا در بخش های بعد از آنها فیلترگیری شود. لازم است توجه شود که صورت و مخرج این کسر باید در آرایه های جداگانه ذخیره شود تا بتوان از آنها بطور جداگانه فیلتر گرفت. پس بطور خلاصه این بخش برای هر کدام از سلول های محاسباتی صورت و مخرج کسر زیر محاسبه می گردد:



1. محاسبه ضرایب 

بطور کلی ضرایب  با استفاده از رابطه ‏(7) تعریف می شود که در حالت دو بعدی بصورت زیر می باشد:



در اینجا پهنای فیلتر آزمایشی می باشد که دو برابر اندازه فیلتر شبکه می باشد. بنابراین عبارت چهار برابر مساحت سلول ها قرار داده می شود. برای صرفه جویی در محاسبات ابتدا بخش اول عبارت های بالا یعنی و سپس بخش دوم آنها یعنی که در هر سه مورد بالا یکسان می باشند (البته در عبارتاین مقدار برابر صفر است)، محاسبه و پس از آن محاسبه می شود

1. محاسبه‌ی

مقادیر مختلف که برای حالت دوبعدی بصورت زیر می باشند بصورت زیر تعریف می شوند:



1. محاسبه‌ی

ضرایب با استفاده از روابط – بدست می آید که برای حالت دوبعدی بصورت زیر می باشند:



1. محاسبه صورت و مخرج فیلتر نشده عبارت مربوط به Cd برای هر سلول

در این بخش عبارت های زیر برای هر سلول محاسبه شده و در آرایه های مربوطه ذخیره می گردد تا در مرحله بعد از آنها فیلترگیری شود:



1. متوسط گیری صورت و مخرج کسر مربوط به Cd

به دلیل برخی از ملاحظات از جمله: هموارتر شدن جواب و پرهیز از مقادیر بی نهایت (در صورتی که مخرج به سمت صفر میل کند)، در معادله (‌4) آنچه مد نظر است مقادیر فیلتر شده‌ی صورت و مخرج است. بنابراین آرایه‌های صورت و مخرج به زیر برنامه مربوط به فیلترگیری فرستاده می‌شوند.

1. محاسبه Cd

در اینجا مقدار Cd با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:



1. محدود کردن حوزه مقادیر Cd

در صورتیکه مخرج به سمت صفر میل کند، ممکن است که جواب بی نهایت شود و یا در کل جواب حاصله در محدوده مقادیر منطقی و مورد انتظار نباشد که در این بخش، به دلیل افزایش حاشیه امنیت، با استفاده از محدود کننده، ضریب  محدود می‌شود.

1. محاسبه‌ی لزجت توربولانسی

محاسبه‌ی ضریب ویسکوزیته توربولانسی بر اساس معادله ‏(2) در این بخش صورت می‌گیرد. توجه شود که ضریب  به دلیل بی بعد کردن معادله در این بخش اضافه شده است.

1. Least Square method [↑](#footnote-ref-1)