



زیربرنامه **LUSGSTurb**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان:** | **حجت دهقان‌درست، فرزین چایچی زاده و**  **مرتضی نامور** | E:\desktop mordad\battery code\Thesis\thesis 21 aban 96 Saeed\Figures\Other\TehUni-HQ.png |
| **تهیه کننده مستند:** | **حجت دهقان‌درست، فرزین چایچی زاده** | |
| **تاریخ تنظیم سند:** | **09 / 02 /97** | |
| **تایید کنندگان:** |  | |
| **شماره سند:** | **MC2F024F1** | |
| **زبان برنامه نویسی:** | **Fortran 90** | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **LUSGSTurb(Dim,NC,NX,NY,NZ,DA,GM,Rest,NnonzeroCell,InonzeroCell,InonzeroFace,eigen,JacobiL,JacobiR,Vol,DT,WTNP1,DW)** | | | |
| **Dimension** | **Variable Type** | **Description** | **Intent** |
|  |  |  | **Input** |
|  | Integer | Maximum **Dim**ension of Arrays | Dim |
|  | Integer | **N**umber of Existing **C**ells | NC |
| (1:Dim) | Real(8) | Normal Vectors of each Face | NX |
| (1:Dim) | Real(8) | Normal Vectors of each Face | NY |
| (1:Dim) | Real(8) | Normal Vectors of each Face | NZ |
| (1:Dim) | Real(8) | Length of each Face | DA |
|  | Real(8) | **G**ama Constant (Specific Heat Ratio) | GM |
| (1:2,1:Dim) | Real(8) | **S**ource terms of **T**urbulent flow | Rest |
| (1:Dim) | Integer | Number of non-zero cell corresponding to the i-th cell [see inf\_geo] | NnonzeroCell |
| (1:10,1:Dim) | Integer | Index of the neigbour cell corresponding to the i-th cell sorted with respect to cells numbering | InonzeroCell |
| (1:10,1:Dim) | Integer | Index of the neigbour face corresponding to the i-th cell sorted with respect to cells numbering | InonzeroFace |
| (1:Dim) | Real(8) | Eigen value of each face | eigen |
| (1:Dim) | Real(8) | Left Jacobian value | JacobiL |
| (1:Dim) | Real(8) | Right Jacobian value | JacobiR |
| (1:Dim) | Real(8) | Volume of each cell | Vol |
| (1:Dim) | Real(8) | Time step of each cell | Dt |
| (1:2,1:Dim) | Real(8) | Conservative Turbulent Values at (N+1)th Time Step | WTNP1 |
|  |  |  | **Output** |
| (1:2,1:Dim) | Real(8) | Variation of Conservative Values at (N+1)th Time Step | D |

* 1. وظایف

در این زیربرنامه اندازه مقادیر تغییرات متغیرهای بقایی () در گام زمانی بعدی با روش گسسته سازی زمانی مرتبه اول پس رو (اویلر) به روش LU-SGS محاسبه می‌شوند. به عبارت دیگر مقادیر بقایی در گام زمانی بعدی () از حاصل جمع خروجی این زیر برنامه و مقادیر متغیرهای بقایی در گام زمانی قبلی محاسبه می شوند.



* 1. توضیحات و تئوری­ها

مطابق آنچه در تئوری روش گسسته سازی ضمنی آورده شد، پس از گسسته سازی‌های مکانی و زمانی و خطی‌سازی معادلات بقا به معادله زیر می رسیم:

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

که در آن داریم:

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

فرض می‌کنیم ماتریسبه ترتیب به سه ماتریس بالا مثلثی، پایین مثلثی و قطری تجزیه می‌کنیم

1. **

با استفاده از جبر ماتریسی رابطه (67) می‌تواند بصورت زیر بازنویسی شود:

1. 

برای سادگی کار از ترم دوم سمت راست رابطه بالا صرف نظر شده [1] و با تعریف به ترتیب به دو دستگاه پیشرو و پسرو می‌شکنیم.

1. 
2. 

با در نظر گرفتن معادلات بالا و جایگذینی ژاکوبین‌ها (مطابق آنچه در تئوری روش در فایل اصلی برنامه آورده شده است) به صورت زیر به دست می‌آیند.

1. 
2. 

که ماتریس قطری با درایه‌های زیر است.

1. 

از آنجا که در معادله (7) تمامی مجهولات برای سطر اول معلوم هستند می‌توان این سطر را حل نمود. با توجه به اینکه در سطر های بعدی نیز به ترتیب متغیرها یا در سطرهای قبلی محاسبه شده اند و یا از گام زمانی قبلی استفاده می‌شوند، لذا با یک جاروب پیشرو می‌توان تمامی معادلات مربوط به متغیر مجازی را حل نمود.

به صورت مشابه می توان با جاروب پسرو معادله (8) یا همان متغیرهای بقایی در گام زمانی بعدی را محاسبه نمود. در فایل پاورپوینت پیوست اطلاعات بیشتری در ارتباط با حل پیشرو و پسرو آورده شده است.

|  |
| --- |
|  |
| شکل 1: سلول i ام در شبکه محاسباتی |

* 1. بخش­های زیربرنامه

در این قسمت تمام بخش های زیربرنامه مطابق با شماره گذاری موجود در برنامه کامپیوتری ارائه شده است.

1. حلگر زمانی پیشرو مرتبه اول
2. حلگر زمانی کرنک-نیکلسون مرتبه دوم
3. حل نیم گام زمانی با جاروب پیشرو

یک حلقه تکرار روی تمام سلول‌های محاسباتی در نظر گرفته شده است. در این قسمت D\_star به عنوان حل مجازی در جاروب پیشرو بدست می‌آیند.

1. صفر کردن ماتریس درایه‌های تغییرات متغیرهای بقایی در حل‌های پیشرو و پسرو:

بدون توضیح

1. حلقه تکرار بر روی تمامی سلول‌های مجاور سلول مورد نظر و خود سلول:

در این حلقه درایه‌های غیرصفر ماتریس ضرائب چیده می‌شوند.

1. تعیین متغیرهای محلی شماره سلول و وجه همسایه:

در اینجا ایندکس شماره سلول همسایه و وجه آن در متغیرهای محلی ذخیره می‌شوند.

1. شرط بالا مثلثی و مرزی نبودن

در این قسمت شرط این موضوع که شماره سلول های همسایه سلول مورد نظر، کوچکتر از شماره سلول مورد نظر است و اینکه وجه مرزی نیست، چک می گردد.

1. محاسبه حاصل جمع داخلی حل پیشرو:

در این قسمت فرمول زیر محاسبه می‌گردد. لازم به یادآوریست که با تکرار روی تمامی سلول‌های همسایه (حلقه 3 با رعایت شرط 5) مقدار سیگما محاسبه می‌گردد.

|  |  |
| --- | --- |
| (10) |  |

1. محاسبه ماتریس ضریب مجهول:

در این بخش فرمول زیر محاسبه می گردد. شایان ذکر است که این حلقه روی تمامی وجوه همسایه اعم از زیر قطر اصلی، بالای قطر اصلی و همچنین وجه‌های مرزی نیز محاسبه می‌گردد.

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

1. محاسبه D\_star به عنوان حل مجازی در جاروب پیشرو:

در این قسمت با محاسبه رابطه 7 حل مجازی در جاروب پیشرو بدست می‌آید.

1. حلقه جاروب پسرو

یک حلقه تکرار روی تمام سلول‌های محاسباتی در نظر گرفته شده است. در این قسمت Dها به عنوان حل نهایی در جاروب پس رو بدست می‌آیند.

1. صفر کردن درایه‌های حل پسرو:

بدون توضیح

1. حلقه تکرار بر روی تمامی سلول‌های مجاور سلول مورد نظر و خود سلول:

بدون توضیح.

1. تعیین متغیرهای محلی شماره سلول و وجه همسایه:

در اینجا ایندکس شماره سلول همسایه و وجه آن در متغیرهای محلی ذخیره می‌شوند.

1. شرط پایین مثلثی و مرزی نبودن

در این قسمت شرط این موضوع که شماره سلول های همسایه سلول مورد نظر، بزرگتر از شماره سلول مورد نظر است و اینکه وجه مرزی نیست، چک می گردد.

1. محاسبه حاصل جمع داخلی حل پیشرو:

در این قسمت فرمول زیر محاسبه می‌گردد. لازم به یادآوریست که با تکرار روی تمامی سلول‌های همسایه (حلقه 3 با رعایت شرط 5) مقدار سیگما محاسبه می‌گردد.

|  |  |
| --- | --- |
| (11) |  |

1. محاسبه ماتریس ضریب مجهول:

در این بخش فرمول زیر محاسبه می گردد.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| (12) | |  | |
|  |  | |  |

1. محاسبه D به عنوان حل در جاروب پسرو:

در این قسمت با تقسیم مقدار محاسبه شده D در قبل بر ماتریس ضریب مجهولات و سپس جمع کردن آن با D\_star مقادیر حل در جاروب پسرو بدست می‌آید.

**مراجع**

[1] A. Jameson and L. Martinelli, “Multigrid Solution of the Navier-Stokes Equations on Triangular Meshes”, 27th Aerospace Sciences Meeting January 9-12, 1989/Reno, Nevada