



**زیربرنامه:**

TimSTP\_Inviscid\_RoePreCond

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | مرتضی نامور |  |
| سعید شیخی | C:\Users\saeed70\Desktop\SharifLogo.jpg |
| **تهیه کنندگان مستند** | سعید شیخی | |
| **تاییدکنندگان** |  | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 2 / 05 /95 | |
| **شناسه سند** | **MC5F012F2** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90/95** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه گام زمانی هر کدام از سلول های شبکه برای یک جریان غیرلزج پیش‌شرطی شده با روش گسسته سازی صریح بخش زمانی معادلات حاکم بر جریان سیال محاسبه می‌گردد. باید دقت شود که این زیربرنامه وقتی که روش پیش‌شرطی ترکل برای حل جریان‌ها با ماخ پایین استفاده می‌شود کاربرد دارد.

1. توضیحات و تئوری­ها

مقدار گام زمانی بدلیل ذات روش صریح دارای محدودیت هایی می‌باشد. برای مسائل یک بعدی مقدار گام زمانی هر کدام از سلول‌ها بصورت دقیق قابل محاسبه می‌باشد اما برای مسائل دو و سه بعدی گام زمانی در قیاس با مسئله یک بعدی بدست می‌آید. بنابراين گام زماني هر کدام از سلول ها بصورت زير تعیین می‌گردد ]1[:

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

در رابطه بالا  گام زمانی یک سلول، *CFL* عدد کورانت، A مساحت سلول، بزرگترین مقدار ویژه در هر کدام از اضلاع سلول و  طول هر ضلع سلول می‌باشد. با توجه به وارد شدن ابعاد سلول محاسباتی در تعیین مقدار گام زمانی، در ناحيه‌اي كه اندازة سلول ها بدليل فشردگي بيشتر آنها در نزديك مرز دیوار و همچنین سلول‌هاي بزرگتر كه از سطح بيشتري برخوردار هستند، با گام‌های زماني متفاوتی به سمت حالت دائم پيشرفته و باعث همگرايي سريعتر ميدان به حالت دائم مي‌شوند (سلول‌های بزرگتر دارای گام زمانی بزرگتری هستند). بنابراین گام زمانی هر کدام از سلول های شبکه بر طبق روابط زیر محاسبه می‌گردد:

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

با به‌کار بردن ماتریس پیش‌شرطی ترکل در معادلات اویلر مقادیر ویژه نسبت به روش غیر پیش‌شرطی تغییر می‌کند. بنابراین برای تعیین گام زمانی باید مقادیر ویژه اصلاح شده را به کار برد. مقادیر ویژه سیستم معادلات پیش‌شرطی در هر ضلع سلول به صورت زیر محاسبه می‌شود [2]:

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

که در آن

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

در این روابط  معرف سرعت عمود بر وجه سلول است و به شکل  محاسبه می‌گردد و  نیز پارامتر پیش‌شرطی می‌باشد. بنابراین بزرگترین مقدار ویژه در هر ضلع سلول به صورت  می‌باشد. در روابط بالا مقادیر سرعت و سرعت صوت در هر ضلع به صورت میانگین دو سلول مجاور آن ضلع و با استفاده از روابط زیر محاسبه می گردد:

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

در اینجا باید توجه کرد که برای اضلاعی که بر روی مرز دیوار قرار دارند، مقادیر روابط ‏(5) بدون میانگین‌گیری و با استفاده از مقدار سلول مرزی محاسبه می‌شود. همچنین برای اضلاعی که بر روی مرز دوردست قرار دارند، گام زمانی با استفاده از مقادیر بدست آمده از شرایط مرزی بدست می‌آید.

بنابر آنچه گفته شد محاسبه گام زمانی برای سلول‌هایی که بر روی مرز دیوار و دوردست قرار دارند و همچنین سلول‌های غیر مرزی با یکدیگر متفاوت است. بنابراین جهت پرهیز از استفاده از دستورهای شرطی و در نتیجه صرفه جویی در زمان محاسبات، با توجه به نوع اضلاع، محاسبات در حلقه‌های جداگانه‌ای انجام می‌شود. برای این منظور اضلاعی که بر روی مرز دیوار، دوردست و غیرمرزی می‌باشند در حلقه‌های جداگانه‌ای مقدار روابط قبل برای آنها محاسبه می‌شود. در ادامه بطور اختصاری منظور از محاسبه گام زمانی، محاسبه مخرج روابط مربوط به گام زمانیست و در انتهای زیربرنامه مقدار گام زمانی هر کدام از سلول های شبکه محاسبه می‌گردد.

جهت صرفه جویی در محاسبات ابتدا مقادیر مربوط به مخرج رابطه ‏(2) یعنی رابطه ‏(6) برای هر کدام از اضلاع محاسبه می گردد و در انتها مقادیر گام زمانی برای سلول ها محاسبه می شود.

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

در ادامه بطور اختصاری منظور از گام زمانی رابطه ‏(6) می‌باشد. این نامگذاری تنها تا مرحله 17 که گام زمانی از رابطه ‏(2) محاسبه می گردد، صادق خواهد بود.

1. بخش­های زیربرنامه

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

1. مقداردهی اولیه به گام زمانی هر کدام از سلول ها

به دلیل اینکه محاسبات مربوط به گام زمانی هر سلول بر روی اضلاع آن انجام می‌شود و این مقادیر به آرایه مربوط به هر سلول اضافه می‌گردد بنابراین با یک پروسه اضافه کردن مقادیر به مقادیر قبلی مواجه هستیم. به این دلیل باید آرایه مربوط به اینکار در ابتدای زیربرنامه برابر صفر قرار داده شود.

1. انجام محاسبات مربوط به اضلاع مرزی

در یک حلقه تکرار تمام اضلاع مرزی بررسی شده و مقادیر رابطه ‏(6) برای آنها محاسبه و به مقدار سلول متناظر آن اضافه می‌گردد.

1. ذخیره اطلاعات ضلع مورد بررسی در پارمترهای محلی

سلول اصلی ضلع مورد بررسی در یک پارامتر محلی ذخیره می‌گردد. در اینجا چون سلول همسایه هر کدام از اضلاع مربوط به مرزها برابر صفر است، تنها شماره سلول اصلی ذخیره می‌گردد.

1. محاسبه مقدار سرعت در میانه ضلع

مقدار مولفه‌های سرعت در جهت محورهای مختصات با استفاده از مقادیر بقایی سلول اصلی، محاسبه شده و در پارامترهای محلی ذخیره می‌گردد.

1. محاسبه سرعت صوت در میانه ضلع

سرعت صوت با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد. با توجه به اینکه ممکن است مقدار فشار منفی شود، در اینجا از مقدار بدون علامت فشار استفاده شده است:

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

1. محاسبه پارامتر پیش‌شرطی

با استفاده از رابطه‌ی قطع جریان آزاد پارامتر پیش‌شرطی  در هر سلول محاسباتی به شکل زیر محاسبه می‌شود:

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

در اینجا ضریب K برابر یک قرار داده می‌شود.

1. محاسبه سرعت و سرعت صوت پیش‌شرطی

در این مرحله مقدار  و  با استفاده از رابطه‌ی ‏(4) محاسبه می‌شود و در متغیرهای محلی ذخیره می‌گردد.

1. محاسبه مقدار گام زمانی

مقدار گام زمانی با استفاده از رابطه ‏(6) محاسبه شده و به مقدار سلول اصلی ضلع مورد بررسی اضافه می‌گردد.

1. انجام محاسبات مربوط به اضلاع غیر مرزی

در یک حلقه تکرار تمام اضلاع غیر مرزی بررسی شده و مقدار روابط ‏(6) برای آنها محاسبه و به مقدار سلول اصلی و همسایه آن اضافه می‌گردد.

1. ذخیره اطلاعات ضلع مورد بررسی در پارمترهای محلی

دو سلول متناظر با ضلع مورد بررسی در پارامترهای محلی ذخیره می‌گردند.

1. محاسبه مقدار سرعت در میانه ضلع

مقدار مولفه‌های سرعت در جهت محورهای مختصات با استفاده از میانگین‌گیری از مقادیر بقایی دو سلول مجاور ضلع مورد بررسی محاسبه شده و در پارامترهای محلی ذخیره می‌گردد.

1. محاسبه سرعت صوت در میانه ضلع

سرعت صوت با استفاده از روابط ‏(5) محاسبه می‌گردد. در اینجا مقدار فشار و چگالی با استفاده از یک متوسط‌گیری از سلول‌های مجاور ضلع مورد بررسی محاسبه می‌گردد.

1. محاسبه پارامتر پیش‌شرطی

با استفاده از رابطه‌ی قطع جریان آزاد پارامتر پیش‌شرطی  در هر سلول محاسباتی طبق رابطه‌ی ‏(8) محاسبه می‌شود.

1. محاسبه سرعت و سرعت صوت پیش‌شرطی

در این مرحله مقدار  و  با استفاده از رابطه‌ی ‏(4) محاسبه می‌شود و در متغیرهای محلی ذخیره می‌گردد.

1. محاسبه گام زمانی

گام زمانی غیرلزج با استفاده از رابطه ‏(6) محاسبه و در یک پارامتر محلی ذخیره می‌گردد.

1. اضافه کردن مقدارگام زمانی به سلول های مجاور ضلع مورد بررسی

مقدار گام زمانی به مقدار دو سلول همسایه و اصلی ضلع مورد بررسی اضافه می‌گردد.

1. محاسبه گام زمانی سلول های شبکه

در اینجا با جایگذاری مقدار محاسبه شده از رابطه‌ی ‏(6) در رابطه‌ی ‏(2) مقدار گام زمانی هر کدام از سلول‌های شبکه محاسباتی تعیین می‌شود.

1. 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

[2] Xue-song, L. and Chun-wei, G., “On the Mechanism of Roe-type Schemes for All Speed Flows”, Tsinghua University, PR China.