



**زیربرنامه:**

TimSTP\_Turb3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | مرتضی نامور |  |
| **تهیه کنندگان مستند** | مرتضی نامور | |
| **تاییدکنندگان** |  | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 26 / 06 /94 | |
| **شناسه سند** | **MC2F024F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه گام زمانی هر کدام از سلول های شبکه برای یک جریان مغشوش و روش گسسته سازی صریح بخش زمانی معادلات حاکم بر جریان سیال محاسبه می گردد.

1. توضیحات و تئوری­ها

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

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

در رابطه بالا  گام زمانی یک سلول،عدد کورانت،*V* مساحت سلول، ** مولفه های سرعت در میانه هر کدام از اضلاع سلول،  *Nx*و *Ny* و مولفه های بردار عمود بر هر کدام از اضلاع سلول در جهت محورهای مختصات، A مساحت ضلع، c سرعت صوت در میانه هر کدام از اضلاع سلول می باشد. همچنین ضریبی است که مقدار آن بین 0.25-0.15 در نظرگرفته می شود. با توجه به وارد شدن ابعاد سلول محاسباتی در تعیین مقدار گام زمانی در ناحيه اي كه اندازة سلول ها بدليل فشردگي بيشتر آنها در نزديك مرز دیوار، و همچنین سلول هاي بزرگتر كه از سطح بيشتري برخوردار هستند با گام های زماني متفاوتی به سمت حالت دائم پيشرفته و باعث همگرايي سريعتر ميدان به حالت دائم مي شوند (سلول های بزرگتر دارای گام زمانی بزرگتری هستند). بنابراین گام زمانی هر کدام از سلول های شبکه بر طبق روابط زیر محاسبه می گردد:

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

مقادیر سرعت، سرعت صوت و لزجت با استفاده از روابط زیر محاسبه می گردد:

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

در اینجا باید توجه کرد که برای اضلاعی که بر روی مرزها قرار دارند، مقادیر روابط ‏(7) بدون میانگین گیری و با استفاده از مقادیر بدست آمده از شرایط مرزی محاسبه می شود.

بنابر آنچه گفته شد محاسبه گام زمانی برای سلول هایی که بر روی مرزها قرار دارند و همچنین سلول های غیرمرزی 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 حلقه های جداگانه ای انجام می شود. 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 می گردد.

جهت صرفه جویی در محاسبات ابتدا مقادیر مربوط به مخرج روابط ‏(5) و ‏(6) یعنی روابط ‏(8) و ‏(9) 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 لزج و غیر لزج روابط ‏(8) و ‏(9) می باشد. این نامگذاری تنها تا مرحله 22 که گام زمانی از روابط ‏(5) و ‏(6) 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 لزج و غیرلزج هر کدام از سلول ها

از آنجا که گام زمانی بصورت تلفیقی از مقادیر مربربوط به متغیرهای لزج و غیرلزج تعیین می گردد بنابراین دو آرایه برای اینکار در نظر گرفته شده است. به دلیل اینکه محاسبات مربوط به گام زمانی هر سلول بر روی اضلاع آن انجام می شود و این مقادیر به آرایه مربوط به هر سلول اضافه می گردد بنابراین با یک پروسه اضافه کردن مقادیر به مقادیر قبلی مواجه هستیم. به این دلیل باید آرایه های 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 روابط ‏(8) و ‏(9) برای آنها محاسبه و به مقدار سلول متناظر آن اضافه می گردد.

1. ذخیره اطلاعات ضلع مورد بررسی در پارمترهای محلی

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

1. محاسبه مقدار سرعت در میانه ضلع

مقدار مولفه های سرعت در جهت محورهای مختصات با استفاده از مقادیر بدست آمده از شرایط مرزی در پارامترهای محلی ذخیره می گردد.

1. محاسبه سرعت صوت در میانه ضلع

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

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

1. محاسبه مقدار گام زمانی لزج و غیرلزج

مقدار گام زمانی لزج و غیرلزج با استفاده از روابط ‏(8) و ‏(9) محاسبه شده و به مقدار سلول اصلی ضلع مورد بررسی اضافه می گردد.

1. انجام محاسبات مربوط به اضلاع غیر مرزی

در یک حلقه تکرار تمام اضلاع غیر مرزی بررسی شده و مقدار روابط ‏(8) و ‏‏(9) برای آنها محاسبه و به مقدار سلول اصلی و همسایه آن اضافه می گردد.

1. ذخیره اطلاعات ضلع مورد بررسی در پارمترهای محلی

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

1. محاسبه مقدار سرعت در میانه ضلع

مقدار مولفه های سرعت در جهت محورهای مختصات با استفاده از میانگین گیری از مقادیر بقایی دو سلول مجاور ضلع مورد بررسی محاسبه شده و در پارامترهای محلی ذخیره می گردد.

1. محاسبه سرعت صوت در میانه ضلع

سرعت صوت با استفاده از روابط ‏(7) محاسبه می گردد. در اینجا مقدار فشار و چگالی با استفاده از یک متوسط گیری از سلول های مجاور ضلع مورد بررسی محاسبه می گردد.

1. محاسبه گام زمانی غیرلزج

گام زمانی غیرلزج با استفاده از رابطه ‏(8) محاسبه و در یک پارامتر محلی ذخیره می گردد.

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

مقدارگام زمانی غیرلزج به مقدار دو سلول همسایه و اصلی ضلع مورد بررسی اضافه می گردد.

1. محاسبه گام زمانی لزج

گام زمانی لزج با استفاده از رابطه ‏(8) محاسبه و در یک پارامتر محلی ذخیره می گردد.

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

مقدارگام زمانی غیرلزج به مقدار دو سلول همسایه و اصلی ضلع مورد بررسی اضافه می گردد.

1. محاسبه گام زمانی سلول های شبکه

در اینجا ابتدا مقدار گام زمانی لزج و غیرلزج هر کدام از سلول های شبکه محاسباتی بترتیب با استفاده از روابط ‏(5) و ‏(6) محاسبه شده و در انتها مقدار گام زمانی با بکارگیری رابطه ‏(4) تعیین می شود

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