



**زیربرنامه:**

BC\_Riemann\_RoePreCond

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | مرتضی نامور |  |
| سعید شیخی | C:\Users\saeed70\Desktop\SharifLogo.jpg |
| **تهیه کنندگان مستند** | سعید شیخی | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 20/05/1395 | |
| **شناسه سند** | **MC2F015F2** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90/95** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه متغیرهای بقایی روی مرز دوردست[[1]](#footnote-1) برای معادلات پیش‌شرطی شده در جریان تراکم‌پذیر با ماخ پایین تعیین می­شود.

1. تئوری­

شبیه‌سازی عددی پدیده‌های آئرودینامیکی نیازمند بررسی ناحیه محدودی از جریان حول یک جسم می‌باشد. با محدود کردن میدان محاسباتی حول یک جسم، مرزهای دوردست به وجود می‌آیند که مقادیر جریان روی آن‌ها باید توسط شرایط مرزی دوردست مشخص شوند. روش تعیین شرایط مرزی دوردست نقش بسیار مهمی در همگرایی و دقت حل عددی دارند. هرچقدر مرزهای دوردست به بدنه نزدیک‌تر باشند اثر آن‌ها پررنگ‌تر می‌شود. انعکاس غیرفیریکی مقادیر جریان از روی مرزهای دوردست به میدان محاسباتی، رشد خطاهای عددی را باعث شده و در برخی شرایط حل عددی را ناپایدار می‌کند. اما با استفاده از شرایط مرزی مناسب در مرزهای دوردست علاوه بر اینکه اندازه میدان محاسباتی را می‌توان کوچک کرد و هزینه محاسبات را کاهش داد، می‌توان نرخ همگرایی حل را افزایش داده و از یک حل دقیق برخوردار شد. شرط مرزی دوردست یا ثابت­های ریمان برای جریان آزاد در دوردست با عدد ماخ جریان آزاد و فشار مشخص قابل استفاده است. این نوع شرط مرزی همچنین شرط مرزی مشخصه نامیده می­شود زیرا از خطوط مشخصه جهت تعیین مقادیر روی مرز استفاده می­شود. در این نوع شرط مرزی، حتما مرز باید به اندازه کافی از جسم جامد دور باشد. به عنوان مثال در مسئله ایرفویل، شعاع شرط مرزی دوردست باید حدود 20 برابر طول ایرفویل باشد[1].

شرایط مرزی برمبنای روش مشخصه‌ها و ثابت‌های ریمان در سرعت‌های مادون صوت متوسط و بالا کارایی خوبی دارند. اما از آنجا که تعیین مقادیر مرزی در این روش به سرعت صوت وابسته است، در سرعت‌های بسیار پایین که مقدار سرعت صوت به سمت بی‌نهایت میل می‌کند این روش اعمال شرط مرزی کارایی لازم را ندارد. در جریان با ماخ پایین مقدار چگالی تقریباً ثابت می‌ماند و ماهیت تراکم‌ناپذیری معادلات غالب می‌گردد به همین دلیل در سرعت‌های پایین استفاده از شرایط مرزی ساده[[2]](#footnote-2) (معمولی) کارایی بیشتری از شرایط مرزی بر مبنای روش مشخصه‌ها دارد. این نوع شرط مرزی معمولاً در جریان‌های ترکم‌ناپذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع شرط مرزی به سادگی قابل اعمال است و در جریان‌های تراکم‌پذیر سرعت پایین که معادلات رفتار تراکم‌ناپذیر دارند، عملکرد و دقت خوبی دارد. از آنجا که در اینجا هدف شبیه‌سازی جریان‌های فروصوت با ماخ بسیار پایین است از شرط مرزی ساده استفاده می‌کنیم و شرایط مرزی بر خلاف روش غیر پیش‌شرطی طبق روش مشخصه‌ها تعیین نمی‌شود. با استفاده از این شرط مرزی مقدار متغیرهای ورودی به جریان در مرز دوردست به صورت زیر تعیین می‌گردند:

1. 

و برای متغیرهای خروجی از مرز دوردست می‌توان نوشت:

1. 

از روابط ‏(1) و ‏(2) می‌توان دریافت که در مرز دوردست ورودی مادون صوت، تمام متغیرها از شرایط جریان آزاد محاسبه می‌گردند و تنها متغیر فشار از میدان محاسباتی درونیابی می‌شود و در مرز دوردست خروجی مادون صوت، تمام متغیرها از میدان محاسباتی درونیابی می‌گردند و تنها متغیر فشار از شرایط جریان آزاد محاسبه می‌شود. با توجه به این که هدف ما شبیه‌سازی جریان‌ها با ماخ بسیار پایین است دیگر در مرز دوردست شرایط فراصوت وجود ندارد و لازم نیست فراصوت بودن جریان چک شود.

1. بخش­های زیربرنامه

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

1. انجام محاسبات برای تمام صفحات مرز دوردست

محاسبات مربوط به مرز دوردست برای تمام صفحات آن انجام می­شود.

1. محاسبه بردارهای عمود بر مرز

در این قسمت بردارهای عمود بر مرز محاسبه می­شود.

1. ذخیره متغیرهای جریان آزاد

چگالی، سرعت افقی، سرعت عمودی ، فشار و سرعت صوت جریان آزاد در R0B، U0B، V0B ، P0B و C0B ذخیره می­شود.

1. ذخیره متغیرهای سلول کنار مرز

چگالی، سرعت افقی، سرعت عمودی، فشار و سرعت صوت سلول مجاور مرز در RE، UE، VE ، PE و CE ذخیره می­شود.

1. محاسبه سرعت عمودی، سرعت مماسی و انتروپی جریان آزاد

در این قسمت سرعت عمودی، سرعت مماسی و انتروپی جریان آزاد محاسبه می­شود.

1. محاسبه سرعت عمودی، سرعت مماسی و انتروپی سلول روی مرز

در این قسمت سرعت عمودی، سرعت مماسی و انتروپی سلول روی مرز محاسبه می­شود.

1. محاسبه سرعت عمود، سرعت صوت، سرعت مماس، انتروپی و فشار برای جریان ورودی

اگر جریان ورودی باشد، سرعت عمود، سرعت صوت، سرعت مماس و انتروپی از خارج میدان حل برونیابی می­شود ولی فشار از داخل میدان حل محاسبه می‌گردد. اگر جریان نیز خروجی باشد در قسمت 8 این مقادیر تصحیح می­شود.

1. محاسبه سرعت عمود، سرعت صوت، سرعت مماس، انتروپی و فشار برای جریان خروجی

اگر جریان خروجی باشد، سرعت عمود، سرعت صوت، سرعت مماس و انتروپی از داخل میدان حل برونیابی می­شود اما فشار از جریان آزاد محاسبه می‌گردد.

1. محاسبه چگالی، سرعت افقی، سرعت عمودی و انرژی روی مرز

با داشتن سرعت عمودی، سرعت مماسی، انتروپی و سرعت صوت از قسمت قبل، در این قسمت چگالی، سرعت افقی، سرعت عمودی و انرژی روی مرز محاسبه می­شود.

1. ذخیره متغیرهای بقایی و فشار در آرایه مربوط به مرز دوردست

در انتها، متغیرهای بقایی و فشار روی مرز در آرایه مربوطه ذخیره می­گردد.

1. مراجع

[1] ANSYS, A. F. (2009). 12.0 user’s guide. *Ansys Inc*.

1. Far-Field Boundary [↑](#footnote-ref-1)
2. Simplified Boundary Conditions [↑](#footnote-ref-2)