



**زیربرنامه:**

BC\_VisOutFlow3D

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهنده** | مرتضی نامور |  |
| **تهیه کننده مستند** | مرتضی نامور | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 04 / 11/94 | |
| **شناسه سند** | **MC2F149F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90/95** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه متغیرهای بقایی روی مرز خروجی[[1]](#footnote-1) تعیین می­شود. این شرط مرزی برای مرزهای مناسب است که به یک مرز دیوار متصل باشد.

1. توضیحات و تئوری

برای مرز خروجی چندین شرط مرزی می­توان به کار برد:

1. شرط مرزی دوردست فشار**[[2]](#footnote-2)** یا شرط مرزی ثابت­های ریمان**[[3]](#footnote-3)**
2. شرط مرزی عدد ماخ خروجی**[[4]](#footnote-4)**
3. شرط مرزی خروجی فشار**[[5]](#footnote-5)**

شرط مرزی دوردست 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[3]. برای اطلاعات بیش­تر به راهنمای شرط مرزی ریمان مراجعه فرمایید.

اگر شرط مرزی خروجی به جسم جامد متصل باشد، استفاده از شرط مرزی عدد ماخ خروجی امکان پذیر نیست. در این نوع شرط مرزی، عدد ماخ بر روی مرز خروجی ثابت فرض می­شود.با این فرض گرادیان سرعت در مرز خروجی صفر به دست می­آید. در حالی که با وجود جسم جامد، گرادیان سرعت به وجود می­آید. در این حالت شرط مرزی خروجی فشار قابل استفاده است.

به دلیل این که معادلات اویلر هذلولوی است، پس معادلات پیوستگی، ممنتوم و انرژی که جمعا 5 معادله هستند، 5 مقدار ویژه دارد. علامت مقدار ویژه تعیین می­کند که نوع شرط مرزی عددی و یا فیزیکی است. چنان­چه شرط مرزی عددی باشد، باید از درون میدان حل متغیر برون­یابی شود و اگر شرط مرزی فیزیکی باشد، متغیر توسط کاربر مقداردهی می­شود. مقادیر ویژه معادلات اویلر عبارت است از:

که برابر است با:

بردار عمود بر مرز و به سمت داخل دامنه حل است.

به دست آوردن مقادیر ویژه نیازمند انجام عملیات روی ماتریس معادلات اویلر است که در مرجع [1] فصل 16 توضیح داده شده است.

اگر مقدار ویژه منفی باشد شرط مرزی از نوع عددی و اگر مثبت باشد شرط مرزی از نوع فیزیکی است. بنابراین برای مرز خروجی می­توان طبق جدول زیر شرط مرزی را تعیین کرد:

1. شرایط مرزی در جریان خروجی[2]

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **نوع جریان** | **مقدار ویژه** | | | | | **مقدار مشخص** |
|  |  |  |  |  |
| **فروصوت خروجی** |  |  |  |  |  |  |
| **فراصوت خروجی** |  |  |  |  |  | **هیچکدام** |

* 1. شرایط مرزی جریان فروصوت خروجی

سرعت و دما از میدان حل برون­یابی می­شود. فشار برابر است با[2]:

سایر متغیرها از برون­یابی به دست­می­آید. برون­یابی می­تواند مرتبه 0 یا مرتبه 1 باشد.

* 1. شرایط مرزی جریان فراصوت خروجی

طبق ‏جدول (1) به دلیل این­که در این حالت تمام مقادیر ویژه منفی است پس تمام متغیرها از داخل میدان حل برونیابی می­شود.

1. بخش‌های زیربرنامه

در این قسمت، توضیح تمامی بخش‌های زیربرنامه، مطابق شماره‌گذاری انجام شده درمتن برنامه کامپیوتری ارائه شده است.

1. انجام محاسبات برای تمام صفحات مرز خروجی

محاسبات مربوط به مرز خروجی برای تمام صفحات خروجی انجام می­شود.

1. محاسبه عدد ماخ سلول کنار مرز خروجی

ابتدا سرعت­صوت و سپس عدد ماخ سلول مجاور مرز خروجی محاسبه می­شود.

1. ذخیره متغیرهای سلول کنار مرز خروجی

چگالی، سرعت در راستای محورهای مختصات، فشار و دمای سلول مجاور مرز خروجی در RE، UE، VE، PE و TE ذخیره می­شود.

1. انجام محاسبات برای حالت فروصوت

در صورتی که مرز خروجی فروصوت باشد محاسبات به صورت قسمت 4 انجام می­شود. در این قسمت فشار مقداردهی می­شود و سایر متغیرها از میدان برونیابی می­شود.

1. محاسبه متغیرها اگر جریان فراصوت باشد

چنانچه جریان خروجی فراصوت باشد تمام مقادیر روی مرز برونیابی می­شود.

1. محاسبه انرژی

با داشتن سرعت و فشار روی مرز، انرژی روی مرز محاسبه می­شود.

1. ذخیره متغیرهای بقایی و فشار

متغیرهای بقایی و فشار در آریه مربوط به مقادیر مرزی ذخیره می­شود.

1. مراجع

[1] Hirsch, Ch. "Numerical Computation of Internal and External Flows, Vol. 1 Fundamentals of Numerical Discretization, Vol. 2 Computational Methods for Inviscid and Viscous Flows." (1988).

[2] Carlson, Jan-Reneé. "Inflow/outflow boundary conditions with application to FUN3D." (2011).

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

1. Outflow Boundary [↑](#footnote-ref-1)
2. Pressure Far-Field Boundary Condition [↑](#footnote-ref-2)
3. Riemann Invariant Boundary Condition [↑](#footnote-ref-3)
4. Outflow Mach-Number Boundary Condition [↑](#footnote-ref-4)
5. Pressure Outflow Boundary Condition(Back Pressure) [↑](#footnote-ref-5)