



زیربرنامه **KeStandardWallFu**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان:** | **مرتضی نامور** |  |
| **عدنان محمدی** |  |
| **تهیه کننده مستند:** | **مرتضی نامور، عدنان محمدی** | |
| **تاریخ تنظیم سند:** | **20/02/1397** | |
| **تایید کنندگان:** |  | |
| **شماره سند:** | **MC2F113F1** | |
| **زبان برنامه نویسی:** | **Fortran 90** | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **KwBredBredberg\_BC(Dim,NF,NFS1,NFS2,NFO1,NFO2,NFW1,NFW2,NFI1,NFI2,NFF1,**  **NFF2,IDS,MR,NX,NY,DW,Mu,WB,WNP1,WTNP1,WTB)** | | | |
| **Dimension** | **Type** | **Description** | **Intent** |
|  |  |  | **Input** |
|  | Integer | Maximum **Dim**ension of Arrays | Dim |
|  | Integer | **N**umber of **F**aces Constructing Computational Grid | NF |
|  | Integer | Index of 1st and last Non-Boundary **F**aces | NF1,NF2 |
|  | Integer | Index of 1st **F**aces on **W**all Boundary | NFW1,NFW2 |
| (1:4,1:Dim) | Integer | **I**nformation of Grid **D**ata **S**tructure | IDS |
|  | Real(8) | **M**uch Number over **R**eynolds Number of **inf**inite Flow | MR |
| (1:Dim) | Real(8) | Normal Vectors of each Face | NX,NY |
| (1:Dim) | Real(8) | Distance to Nearest Wall | DW |
| (1:Dim) | Real(8) | Molecular Viscosity of each Cell | Mu |
| (1:5,1:Dim) | Real(8) | Conservative Values and Pressure at **B**oundary Faces | WB |
| (1:4,1:Dim) | Real(8) | Conservative Values at (N+1)th Time Step | WNP1 |
| (1:2,1:Dim) | Real(8) | Turbulence Variables | WTNP1 |
|  |  |  | **Output** |
| (2:Dim) | Real(8) | Turbulence Variable at **B**oundary Faces | WTB |

* 1. وظایف

در این زیربرنامه، تابع استاندارد دیواره و نحوه اعمال آن در کد توضیح داده خواهد شد

* 1. توضیحات و تئوری­ها

توابع ديوار براي جلوگيري از نياز به سلولهاي بسيار زياد در لايه مرزي، استفاده مي‌شود. براي مثال ممكن است اولين سلول در لايه لگاريتمي قرار داشته باشد، استفاده از توابع ديوار باعث مي‌شود كه يك كاهش قابل ملاحظه در تعداد سلولها در لايه مرزي داشته باشيم. بطور ايده‌ال اين كار بدون از دست دادن قابل ملاحظه‌اي از دقت نتايج انجام مي‌شود. همچنین استفاده از توابع ديوار نه تنها باعث كاهش محاسبات در نتيجه كاهش تعداد سلولها مي‌شود بلكه باعث كاهش نسبت منظري سلولها مي‌شود(سلولها به مربع نزديكتر مي‌شوند) كه خود باعث انعطاف‌پذير شدن محاسبات مي‌شود.

يك ديدگاه ديگر راجع به توابع ديوار اين است كه آنها را به عنوان وسيله‌اي محاسباتي براي مشخص كردن  براي گره‌هاي نزديك و روي ديوار فرض كنيم. در نزديك ديواره نياز به تصحيح شدن، به دليل وجود ديوار دارد و تابع ديوار بطور تقريبي مقدار  را از قانون ديوار به ما مي‌دهد.

سه نكته مهم در رابطه با توابع ديوار وجود دارد. اول از همه، شرايط مرزي فيزيكي صحيح مي‌باشد تا حل‌كننده جريان مستقل از مكان اولين گره در بالاي ديوار باشد. اگرچه اين نكته بديهي و ابتدايي به نظر مي‌آيد اما بيشتر روشها فقط برروي مقادير متغيرهاي توربولانس بر روي شرايط ناحيه مياني[[1]](#footnote-1) توافق دارند. براي مثال در يك شرايط مرزي كه در آن مشتق انرژي جنبشي وجود ندارد مي‌توان  را در لايه مرزي استفاده كرد. اما اين شرط در زير لايه لزج[[2]](#footnote-2) و در لايه لگاريتمي صادق است و در لايه مياني[[3]](#footnote-3) خيلي دور از واقعيت است

دقت محاسبات دومين مسئله‌اي است كه بايد به آن توجه داشت. از یک طرف بايد اولين نقطه شبكه محاسباتي دور از ديوار باشد یا به عبارتی شبكه بايد درشت باشد و از طرف دیگر شبكه ريز براي نزديك ديوار لازم است، چون گراديانهاي شديد جريان و متغيرهاي توربولانس در لايه لزج وجود دارند. اما خطاي ناشي از گسسته سازي نيز قابل ملاحظه مي‌باشد. حتي اگر شرايط مرزي براي موقعيت مركز اولين سلول صحيح باشد، عدم دقت محاسبات مي‌تواند نتايج را دستخوش تغييرات غيردلخواهي كند.

آخرين نكته، كه البته بي‌اهميت هم نيست، ناحيه‌اي است كه در آن توابع ديوار قابل استفاده مي باشد. معيارهايي كه فاصله ماكزيمم اولين نقطه از ديواره را محدود مي‌كنند را مي‌توان براي بعضي از اعداد رينولدز بدست آورد. پروفيل سرعت در جريانهاي مغشوش به سه ناحيه تقسيم مي‌شود: زيرلايه لزج، لايه لگاريتمي و لايه ناقص[[4]](#footnote-4) ، موقعيت لبه بيروني لايه لگاريتمي به عدد رينولدز بستگي دارد. ضخامت لايه لگاريتمي با افزايش عدد رينولدز افزايش مي‌يابد.

* + 1. تابع استاندارد دیواره (Standard Wall Funtion )

معادلات توربولانسی مربوط به مدل – فقط در نواحی که عدد رینولدز توربولانسی  مقدار بالايي دارد صادق است و نمي تواند در ناحيه نزديك ديوار كه عدد رينولدز توربولانسي مقدار پایینی دارد، مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین بهتر است در ناحیه نزدیک دیوار از توابع دیوار استفاده گردد. در تحقیق حاضر، یکی از شکل های اولیه تابع دیوار به دلیل سادگی و همچنین سهولت پیاده سازی کد کامپیوتری آن مورد بررسی قرار می گیرد. ایده اصلي این تابع دیوار این است که معادلات توربولانسی فقط در نواحي که عدد رینولدز توربولانسی بالاست() حل شوند. به این منظور باید موقعیت اولین گره نزدیک دیوار به گونه ای تعیین شود که  باشد نحوه بدست آوردن این تابع دیوار در ادامه می آید.

برای جریان مغشوش بر روی یک صحفه تخت صاف با گرادیان فشار صفر آزمایشات نشان می دهد که توزیع سرعت در ناحیه نزدیک دیوار از قانون شبه لگاریتمی تبعیت می کند.

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

کهثابت ون-کارمن و E پارمتر زبري که برای دیوارهای صاف برابر 9 قرار داده می شود، مولفه سرعت مماس بر سطح،  سرعت اصطکاکی و  فاصله بی بعد شده از دیوار می باشد.

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

در روابط بالا نیز  تنش برشي دیوار است.

رابطه (1) در نواحي كه  صادق است( بسته به عدد رینولدز  می باشد) در حالی که در زیر لایه لزج که  است رابطه زیر بر پروفیل سرعت حاکم است.

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

بنابراین معادلات توربولانسی در اولین گره های بعد از دیوار حل نمی شوند و مقادیر توربولانسی با استفاده از مشخصات جریان اصلی و با توجه به قانون دیوار تعیین می شوند یعنی:

|  |  |
| --- | --- |
|  | و |

در این حالت باید توجه داشت که جریان اصلی در اولین گره های بعد از دیوار با استفاده از شرط عدم لغزش و اعمال تنش های برشی دیوار که با استفاده از سرعت برشی بدست می آید حل می شوند.

همانطور که اشاره شد این یکی از ساده ترین توابع دیوار می باشد توابع دیوار دو یا سه لایه ای دیگری نیز وجود دارد که بیشتر در جریانهایی که انتقال حرارت نیز مورد توجه می باشد استفاده می گردد.

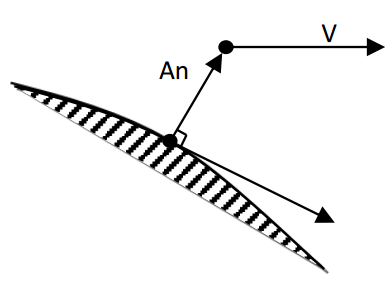
* + 1. حل عددی تابع دیوار

مراحل زير براي اولين لايه نقاط بعد از جسم جامد، جهت محاسبه مقادير توربولانسي  و همچنين محاسبه تنش برشي ديوار  انجام مي شود.

1-بدست آوردن سرعت مماسی در نقطه مورد نظر (اولين لايه نقاط بعد از سطح جامد)

با استفاده از ضرب داخلی بردار عمود بر بردار نرمال سطح و بردار سرعت اولین نقطه بعد از سطح جامد می توان مولفه مماسي سرعت را بدست آورد.

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



2-پیدا کردن یک حدس اولیه برای 

این حدس اولیه با استفاده از رابطه  بدست می آید بنابراین :

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

3-با یک روش تکرار و با استفاده از حدس اولیه بالا و با فرض اینکه در لایه لگاریتمی قرار داریم،  بدست می آید

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

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

مشاهده می شود که در رابطه بالا با استفاده از روش تکرار بدست می آید .

4-با استفاده از  بدست آمده در مرحله قبل،  بدست می آید .

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

5-حال اگر  باشد،  از همان رابطه خطي بدست می آید.

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

6-اگر  باشد، را محاسبه و سپس تنش هاي برشی در نقطه مرزي متناظر بدست مي آيد.

مي توان در سابروتین مربوط به تابع ديوار،  محاسبه شده را ذخیره نمود چرا که محاسبه آن در هنگام محاسبه ترم لزج جریان اصلی، با توجه به الگوریتم روش بدون شبکه هزینه محاسباتی دارد.

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

7-با استفاده از روابط زیر  برای اولین نقطه بعد از مرز جامد بدست می آید.

|  |  |
| --- | --- |
|  | و |

* 1. بخش­های زیربرنامه

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

1. محاسبه تنش برشی برای تمام سلول های مرز دیوار

در یک حلقه و برای تمامی سلول های مرز دیواره تنش برشی محاسبه میشود.

1. ذخیره بردارهای عمود ضلع مورد بررسی در پارمترهای محلی

مقدار بردارهای عمود ضلع مورد بررسی در جهت محورهای مختصات در پارامترهای محلی ذخیره می گردد.

1. محاسبه بردارهای عمود بر بردار نرمال سطح

در این قسمت بردارهای عمود بر بردار نرمال سطح که در ادامه به آن ها نیاز داریم محاسبه می شود

1. ذخیره متغیرهای بقایی در پارامترهای محلی

در این قسمت متغیرهای بقایی سرعت وچگالی در پارامترهای محلی ذخیره می شوند

1. ذخیره ویسکوزیته مولکولی و فاصله عمودی از دیواره در متغیرهای محلی

در این قسمت ویسکوزیته و فاصله عمودی از دیواره در متغیرهای محلی ذخیره می شوند

1. محاسبه سرعت مماس بر سطح

در این قسمت سرعت مماسی مطابق با رابطه (6) بدست می آید.

1. محاسبه سرعت اصطکاکی با حدس اولیه

در این قسمت سرعت اصطکاکی مطابق رابطه (7) و حدس صورت گرفته شده بدست می آید.

1. محاسبه ترم های و 

ترم های و  که در ادامه به آن ها نیاز داریم محاسبه می شوند

1. محاسبه سرعت برشی با فرض حضور در ناحیه لگاریتمی

سرعت برشی در این مرحله با استفاده از رابطه (9)محاسبه می شود

1. محاسبه مقدار وای پلاس

پارامتر بی بعد وای پلاس که در ادامه به آن نیاز داریم محاسبه می شود

1. محاسبه سرعت برشی برای 

در صورتی که مقدار وای پلاس کمتر از 12 باشد در زیر ناحیه لزج قرار داریم و سرعت برشی از رابطه (7) بدست می آیدو در صورتی که وای پلاس در محدوده سی تا سیصد باشد مطابق رابطه (9) سرعت برشی بدست می آید

1. محاسبه میزان تنش برشی

با توجه به مرحله قبل و سرعت برشی حاصله تنش برشی از رابطه (12) بدست می آید.

1. محاسبه متغیرهای توربولانسی

برای سلول های نزدیک دیواره متغرهای توربولانسی از رابطه (13) بدست می آید.

1. buffer [↑](#footnote-ref-1)
2. viscous sub layer [↑](#footnote-ref-2)
3. intermediate [↑](#footnote-ref-3)
4. defect [↑](#footnote-ref-4)