



**زیربرنامه:**

KeLB\_Source

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | مرتضی نامور |  |
| حامد نظری | arm5 |
| **تهیه کنندگان مستند** | مرتضی نامور، حامد نظری | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 26/04/1395 | |
| **شناسه سند** | **MC2F102F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه، مقدار ترم چشمه معادلات مدل آشفتگی  محاسبه می­گردد. همچنین در اینجا اثر انحنای سطح در بخش چشمه معادلات وارد می شود.

1. تئوری و الگوریتم

ترم چشمه در مدل آشفتگی  به صورت زیر می­باشد [1]:

1. 

در این رابطه،  ترم تولید انرژی جنبشی آشفتگی[[1]](#footnote-1) می­باشد که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می­گردد:

1. 

و مولفه­های تنش نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه می­گردند:

1. 

به منظور جلوگیری از افزایش غیرفیزیکی  در نقاط سکون[[2]](#footnote-2)، پیشنهاد شده است که برای ترم  ، از یک محدود کننده[[3]](#footnote-3) مطابق رابطه زیر استفاده شود:

1. 

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

ثوابت موجود در در مدل ، از طریق روابط زیر محاسبه می­گردند [1]:

1. 

که در این روابط:

1. 

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

همانگونه که مشخص است در این زیربرنامه لازم است که مقادیر مشتق اول مولفه های سرعت در مرکز هر سلول معلوم باشد. محاسبه این مشتقات، در خارج از این زیربرنامه صورت پذیرفته است و در این زیربرنامه از نتایج آن استفاده می شود.

یک نکته بسیار مهم در مورد پیاده سازی این بخش اینست که بدلیل انتگرال گیری از معادلات مدل توربولانسی حاضر، جهت حل حجم محدود معادلات، مقدار حجم هر سلول محاسباتی در بخش چشمه ظاهر می شود که در این زیربرنامه این مقدار در رابطه ‏(1) ضرب خواهد شد.

برای تعمیم معادلات و اعمال تصحیحات مربوط به تراکم‌پذیری جریان به معادلات ابتدا عدد ماخ آشفته بصورت زیر تعریف می‌شود[2]:

1. 

که در آن بیانگر سرعت صوت می‌باشد. ترم نشان‌دهنده سهم ناشی از اتلاف تراکم‌پذیری می‌باشد، و ترم نشان دهنده ترم dilatation فشار می‌باشد. این دو ترم به صورت زیر تعریف می‌شوند:

1. 

و

1. 

که ضرائب بدست آمده موجود در این دو معادله توسط DNS به شرح زیر می‌باشند:

1. 
2. تصحیح انحنا در مدل های آشفتگی

در شبیه سازی جریان های همراه با انحنا، اثر انحنا می بایست روی کمیت های آشفتگی و توابع آنها اعمال شود.

* 1. روش تصحیح انحنا

شور[3] یک اصلاحی برای توصیف جریان های دارای انحنا ارائه کرد. این تابع تصحیح بصورت زیر تعریف می شود:

1. 

در محاسبه متغییر نیاز به محاسبه یک ترم مشتق لاگرانژی تانسور نرخ کرنش می باشد که یک ترم پیچیده وابسته به زمان می باشد و اعمال آن مشکل می باشد. ژانگ و یانگ (2013) یک عدد بنام عدد ریچاردسون که متناسب با  که توسط اسپالارت و شور (1997) معرفی شد می باشد را معرفی کرد. بنابراین مطابق مرجع[4] متغیرهای  و  بصورت زیر تعریف می شوند:

1. 
2. 

نرخ کرنش و تانسور ورتیسیته با استفاده از قانون جمع انیشتین بصورت زیر تعریف می شوند:

1. 
2. 
3. 
4. 

ثوابت ارائه شده در معادله (11) بصورت زیر می باشند:

1. 

تابع تصحیح انحنا () بصورت زیر در معادلات اعمال می شود:

1. 

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

که در آن

1. 

و تابع  بصورت زیر تعریف می شود:

1. 

تابع تصحیح در محدوده 0 تا 25/1 تغییر می کند. حدود پایین برای پایداری عددی معرفی می شود. حدود بالا بدلیل جلوگیری از تولید ویسکوزیته گردابه بالا اعمال می شود. ضریب مقیاس سازی() دارای مقادیر متفاوتی می باشد. در مرجع[5] این کمیت برای جریان روی یک هیدروفویل دارای مقادیر 10 و 20 ارائه شده است. مقدار براساس نوع مسئله انتخاب می شود. در این کار از مقدار5 استفاده می شود.

1. بخش های زیربرنامه

در این قسمت، تمامی بخش­های زیربرنامه­ مطابق با شماره­گذاری موجود در برنامه کامپیوتری ارائه شده است.

1. تعیین پارامترهای ثابت مربوط به تصحیح انحنا

در این قسمت، ثابت های مربوط به تصحیح انحنا ارائه می شود.

1. تعیین ترم چشمه در تمام سلول­ها

در این قسمت، ترم چشمه در تمامی سلول­ها محاسبه می­گردد.

1. ذخیره متغیرهای آشفتگی و چگالی سلول مورد بررسی

متغیرهای آشفتگی و چگالی سلول مورد بررسی ذخیره می­شوند.

1. تعیین فاصله تا دیوار و شماره سلول مجاور نزدیکترین ضلع دیوار

جهت محاسبه Y+ هر سلول محاسباتی باید شماره نزدیکترین ضلع دیوار به آن سلول و همچنین برخی از پارامترهای مربوط به سلول مجاور آن ضلع مرزی معلوم باشد.

1. محاسبه Y+

با استفاده از روابط ‏(6) مقدار Y+ برای هر سلول محاسبه می شود.

1. محاسبه عدد رینولدز آشفتگی

با استفاده از رابطه (5) عدد رینولدز محاسبه می شود.

1. محاسبه ثابت ها

با استفاده از روابط ثابت های مورد نیاز برای تعیین بخش چشمه، محاسبه می شود.

1. محاسبه ترم تولید انرژی جنبشی آشفتگی ()

مولفه­های تنش مطابق رابطه ‏(3) محاسبه می­گردند. ترم تولید انرژی جنبشی آشفتگی با استفاده از رابطه ‏(2) محاسبه می­گردد.

1. محاسبه تانسور کرنش

ترم تانسور کرنش با استفاده از معادله ‏(14) محاسبه می گردد.

1. محاسبه تانسور ورتیسیته

ترم تانسور ورتیسیته با استفاده از معادله ‏(15) محاسبه می گردد.

1. محاسبه متغیرهای استفاده شده در معادله(11)

در این قسمت ابتدا با استفاده از معادله های ‏(16) و ‏(17) متغیرهای S و W محاسبه می شود و در متغیرهای محلی ذخیره می شود. سپس متغیر های مورد استفاده در معادله ‏(11) محاسبه می شود و در متغیرهای محلی دخیره می شود.

1. محاسبه (Frot)

در این قسمت با استفاده از معادله ‏(11) متغیر (Frot) محاسبه می شود.

1. استفاده از محدود کننده برای تصحیح انحنا

با استفاده از محدود کنندهای ارائه شده در معادلات ‏(20) و ‏(21) برای پایداری عددی و جلوگیری از تولید شدت گردابه ای بزرگ استفاده می شود.

1. استفاده از محدود کننده

با استفاده از محدودکننده ارائه شده در رابطه ‏(4) ترم تولید انرژی جنبشی آشفتگی مورد استفاده در معادله ، محاسبه می­گردد. توجه شود که این مقدار در  ذخیره می شود.

1. محاسبه ترم مربوط به تراکم پدیری جریان

در این قسمت با استفاده از رابطه ‏(8) و ‏(9) ترم های مربوط به تراکم پذیری جریان محاسبه می شود و به معادلات آشفتگی اضافه می شود.

1. محاسبه ترم چشمه در تمام سلول­ها

با استفاده از رابطه ‏(1)، ترم چشمه در تمامی سلول­ها محاسبه می­گردد. توجه شود برخی از قسمت ها جهت جلوگیری از طولانی شدن محاسبات در یک سطر از برنامه از قبل محاسبه و ذخیره می شود.

1. مراجع

[1] E. WADE MINER, THOMAS F. SWEAN, JR., ROBERT A. HANDLER AND RICHARD I. LEIGHTON “Evaluation of the Near-Wall k-E Turbulence Model by Comparison with Direct Simulations of Turbulent Channel Flow”,Naval Research Laboratory,1989

[2] K. A. Hoffmann, S. T. Chiang, Computational Fluid Dynamic Volume 3, Fourth Edition, Wichita, USA,2000.

[3] ML Shur, MK Strelets, AK Travin, PR Spalart,” [Turbulence modeling in rotating and curved channels: assessing the Spalart-Shur correction](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=036N-rUAAAAJ&citation_for_view=036N-rUAAAAJ:2osOgNQ5qMEC)”, AIAA journal 38 (5), 784-792, 2000.

[4] Yaser H. Alahmadi, Andrzej F. Nowakowski,” Modified shear stress transport model with curvature correction for the prediction of swirling flow in a cyclone separator”, Chemical Engineering Science 147 150–165, 2016.

[5] Y Zhao, G Y Wang, B Huang and C L Hu,” Applications of a curvature correction turbulent model for computations of unsteady cavitating flows”, Materials Science and Engineering 72 022006, 2015.

1. Production of Turbulent Kinetic Energy [↑](#footnote-ref-1)
2. Stagnation Point [↑](#footnote-ref-2)
3. *Limiter* [↑](#footnote-ref-3)