



**زیربرنامه:**

KwBredberg\_Source

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | مرتضی نامور |  |
| حامد نظری | arm5 |
| **تهیه کنندگان مستند** | مرتضی نامور، حامد نظری | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 17/5/1395 | |
| **شناسه سند** | **MC2F112F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90** | |

1. وظایف

در این زیربرنامه، مقدار ترم چشمه معادلات آشفتگی محاسبه می­گردد.

1. تئوری و الگوریتم

ترم چشمه در مدل آشفتگی  به صورت زیر می­باشد [1]. (توجه شود که فرم تنسوری این روابط در مستندات مدل توربولانسی حاضر آورده شده و در اینجا از فرم ماتریسی آن در مختصات کارتزین استفاده می شود):

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

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

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

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

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

به منظور جلوگیری از افزایش غیرفیزیکی  در نقاط سکون[[2]](#footnote-2)، منتر[[3]](#footnote-3) پیشنهاد داده است که برای ترم  در معادله مربوط به ، از یک محدود کننده[[4]](#footnote-4) مطابق رابطه زیر استفاده شود:

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

همانگونه که مشخص است در این زیربرنامه لازم است که مقادیر مشتق اول مولفه­های سرعت و همچنین مقدار و مشتق اول متغیرهای آشفتگی در مرکز هر سلول معلوم باشد. محاسبه این مشتقات، در زیربرنامه های دیگر صورت پذیرفته است و در این زیربرنامه از نتایج آن استفاده می­شود و به راحتی مقدار ترم چشمه در مرکز هر سلول محاسبه می­گردد.

1. 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[2] یک اصلاحی برای توصیف جریان های دارای انحنا ارائه کرد. این تابع تصحیح بصورت زیر تعریف می شود:

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

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) می باشد را معرفی کرد. بنابراین مطابق مرجع[3] متغیرهای  و  بصورت زیر تعریف می شوند:

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

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

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

ثوابت ارائه شده در معادله ‏(5) بصورت زیر می باشند:

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

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

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

که در آن

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

و تابع  بصورت زیر تعریف می شود:

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

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 [4] این کمیت برای جریان روی یک هیدروفویل دارای مقادیر 10 و 20 ارائه شده است. مقدار براساس نوع مسئله انتخاب 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 در پارامترهای محلی ذخیره می­شوند.

1. محاسبه مولفه ­های تنش­

مولفه­های تنش مطابق رابطه ‏(3) محاسبه می­گردند.

1. محاسبه ترم تولید انرژی جنبشی آشفتگی ()

ترم تولید انرژی جنبشی آشفتگی با استفاده از رابطه ‏(2) محاسبه می­گردد.

1. محاسبه تانسور کرنش

ترم تانسور کرنش با استفاده از معادله ‏(8) محاسبه می گردد.

1. محاسبه تانسور ورتیسیته

ترم تانسور ورتیسیته با استفاده از معادله ‏(9) محاسبه می گردد.

1. محاسبه متغیرهای استفاده شده در معادله(5)

در این قسمت ابتدا با استفاده از معادله های ‏(10) و ‏(11) متغیرهای S و W محاسبه می شود و در متغیرهای محلی ذخیره می شود. سپس متغیر های مورد استفاده در معادله ‏(5) محاسبه می شود و در متغیرهای محلی دخیره می شود.

1. محاسبه (Frot)

در این قسمت با استفاده از معادله ‏(5) متغیر (Frot) محاسبه می شود.

1. استفاده از محدود کننده برای تصحیح انحنا

با استفاده از محدود کنندهای ارائه شده در معادلات ‏(14)‏ و (15) 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 بخش پخش مقطعی

در این قسمت ترم بخش پخش مقطعی معادله ‏(1) محاسبه می شود و در متغیر محلی دخیره می شود.

1. محاسبه ترم چشمه در تمام سلول­ها

با استفاده از رابطه ‏(1)، ترم چشمه در تمامی سلول­ها محاسبه می­گردد. توجه شود در اینجا بدلیل انتگرال گیری انجام شده در روش حجم محدود باید مساحت سلول ها در بخش چشمه ضرب شود که در اینجا اینکار انجام می شود.

.

1. مراجع

[1] Bredberg, J., Peng, S. H., & Davidson, L. “An improved k –omega turbulence model applied to recirculating flows”,Journal of HEAT AND FLUID FLOW, 731-74,2002.

[2]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.

[3] 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.

[4] 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. *Menter* [↑](#footnote-ref-3)
4. *Limiter* [↑](#footnote-ref-4)