



**زیربرنامه:**

GridFlux

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **توسعه دهندگان** | علیرضا رضائی |  |
| مجید ولدخانی |  |
| **تهیه کنندگان مستند** | علیرضا رضائی، مجید ولدخانی | |
| **تاییدکنندگان** | مرتضی نامور | |
| **تاریخ تنظیم سند** | 21/4/1396 | |
| **شناسه سند** | **MC2F136F1** | |
| **زبان برنامه‌نویسی** | **Fortran 90** | |

1. وظایف

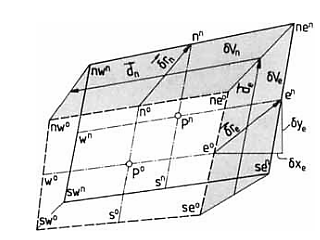
در این زیر برنامه شار ناشی از حرکت هر وجه از شبکه و سرعت حرکت وجه در روش ALE محاسبه می‌گردد. در واقع در این زیر برنامه عبارت را به عنوان شار شبکه محاسبه می‌شود.

1. توضیحات و تئوری

در روش ALE در معادلات حاکم یک ترم جدید ظاهر می‌گردد که مانع بسته شدن دستگاه معادلات می‌شود. این ترم، بردار سرعت شبکه است که با نشان داده شده است. با استفاده از مختصات پیشین و جدید نقاط می­توان سرعت شبکه را به دست آورد. در ادامه دو روش محاسبه سرعت شبکه و شار حرکت شبکه با توجه به دو مقاله­ای که به این موضوع پرداخته اند، ارائه می­شود. با توجه به روابط نهایی در هر دو روش روابطی یکسان برای انجام محاسبات نتیجه می­شود.

* 1. روش اول: محاسبه سطح جاروب شده

روش اول توسط Demirdzic و Peric در مقاله مرجع یک ارائه شده است. در ‏شکل (1) یک سلول چهار ضلعی در نظر گرفته شده است که دارای گوشه‌های ، ، و است. بالا نویس o به گام زمانی قبل (Old) اشاره دارد و بالانویس n به گام زمانی جدید (New) اشاره دارد. در اینجا شار هر وجه از شبکه به کمک مقدار سطحی که توسط جابجایی هر وجه جاروب می‌گردد، محاسبه می­شود.

**

1. تغییر شکل یک شبکه فرضی در بازه زمانی 𝚫t

حال به عنوان نمونه سطح جاروب شده توسط وجه سمت چپ (east) در طی این جابجایی محاسبه می­شود. فرض شده است تغییرات یک سلول چهار ضلعی دلخواه در فاصله­ی زمانی به صورت رابطه ‏(1) نمایش داده شود، برای بدست آوردن سطحی که در این بازه­ی زمانی در سمت e(east) جاروب می­شود را می­توان با استفاده از رابطه­ ‏(1) به دست آورد. در واقع از تقسیم مساحت جاروب شده بر حد فاصل زمانی این جابجایی مقدار شار هر ضلع متحرک به دست می‌آید.

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

در معادله­ی بالا نشان دهنده­ی سرعت صفحه­ی (east) می­باشد. در رابطه فوق سطح جاروب شده را می­توان بصورت هندسی با استفاده از ضرب خارجی دو بردار به صورت رابطه زیر محاسبه کرد.

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

بر اساس ‏شکل (1) دو بردار برای انجام ضرب خارجی به ترتیب و δ می­باشند و به ترتیب با استفاده از روابط زیر تعریف می‌گردند.

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

برای باقی وجوه سلول­های شبکه نیز محاسبات به همین شکل انجام می­شود.

* 1. روش دوم: استفاده از روابط پارامتری

روش دوم توسط Lesoinne و Farhat در مقاله مرجع دو ارائه شده است. *در فضای دو بعدی مرز هر سلول از شبکه بصورت مجموعه­ای پاره خط می­باشد (مثلث، مستطیل و...)، بنابراین برای سادگی در محاسبه شار شبکه از رابطه بر روی یک پارخط نمونه انتگرال گرفته می­شود ( در این بخش معادل با در بخش پیشین می­باشد). مساحت سطح جاروب شده توسط حرکت ضلع از شبکه متحرک بصورت رابطه زیر محاسبه می­شود.*

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

فرض کنید و به بردار موقعیت­های لحظه­ای دو نقطه و اشاره دارد (‏شکل (2)). موقعیت هر نقطه بر روی ضلع در طی زمان را می­توان پارامتری شده به صورت زیر نوشت:

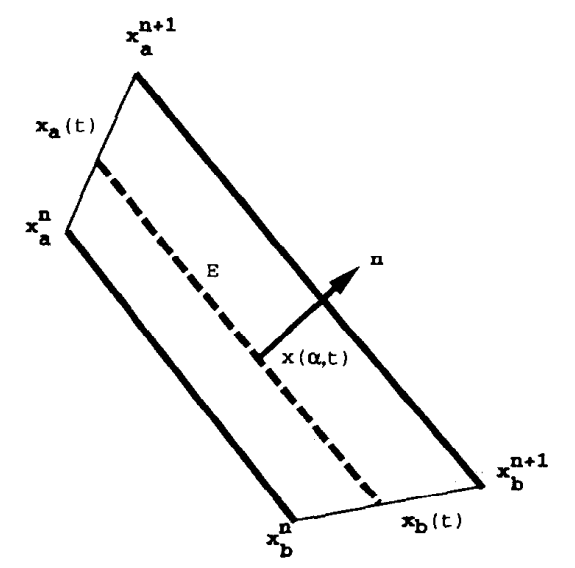
|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

که در معادلات فوق *و*  به ترتیب به صورت روابط ‏(8) و ‏(9) تعریف می­شوند:

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

و یک تابع حقیقی است که در دو شرط مرزی زیر صدق می­کند:

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

**

1. پارامتری کردن موقعیت نقاط یک ضلع متحرک در یک فضای دوبعدی ]2[.

با قرار دادن معادلات ‏(6) تا ‏(9) در معادله ‏(5)، رابطه ‏(11) حاصل می­شود:

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

در معادلات فوق طول ضلع و می­باشند. بردار سرعت شبکه و از مشتق معادلات ‏(8) و ‏(9) بدست می­آید:

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

و در نهایت رابطه محاسبه شار شبکه (GF) را می توان با استفاده از رابطه ‏(14) محاسبه کرد.

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

توجه: بردارهای موقعیت و بصورت بردارهای زیر می­باشند:

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

روش دوم محاسبه شار شبکه برای محاسبه شار شبکه­های سه بعدی مورد استفاده قرار می­گیرد.

1. بخش‌های زیربرنامه

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

1. محاسبه‌ی شار حرکت هر ضلع شبکه

با استفاده از دستور حلقه تمام اضلاع شبکه فراخوانده می شود و شار و سرعت هر ضلع محاسبه می­شود.

1. ذخیره شماره نقاط ضلع

شماره نقاط ضلع فراخوانده شده در متغیرهای محلی P1 و P2 ذخیره می­شود.

1. محاسبه مولفه­های بردار

بردار با استفاده از رابطه زیر محاسبه می­شود.

1. محاسبه مولفه­های بردار

بردار با استفاده از رابطه زیر محاسبه می­شود.

1. محاسبه شار ایجاد شده از حرکت ضلع (شار شبکه)

شار ایجاد شده از حرکت ضلع با استفاده از رابطه محاسبه می­شود.

1. محاسبه مولفه­های سرعت حرکت ضلع

مولفه‌های سرعت اضلاع شبکه با استفاده از رابطه زیر محاسبه می­شود.

.

1. مراجع

[1] I. Demirdžić and M. Perić, “Space conservation law in finite volume calculations of fluid flow,” *International journal for numerical methods in fluids*, vol. 8, no. 9, pp. 1037–1050, 1988.

[2] M. Lesoinne and C. Farhat, “Geometric conservation laws for flow problems with moving boundaries and deformable meshes, and their impact on aeroelastic computations,” *Computer methods in applied mechanics and engineering*, vol. 134, no. 1–2, pp. 71–90, 1996.