Journal Of Energy Conversion
Volume: 8, Issue: 2, 2021

نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED)
دوره ۸، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰

ارائه یک روش چند بلوکی بهینه برای جریانهای آرام

پیمان لشگری[۱و*]، محسن گودرزی [۲]

*۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، تبدیل انرژی، گروه مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، PL1361@gmail.com
۲- دانشیار، گروه مکانیک، گروه مکانیک، دانشکده مهندسی ، دانشگاه بوعلی سینا، m.goodarzi@basu.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۸، بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۰۱، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۱۰

چکیده

در بسیاری از جریانهای سیالات بخش عمده‌ای از میدان جریان دارای پیچیدگیهای زیادی برای مدل‌سازی نبوده و می‌توان از شبکه‌بندی درشت و نیز معادلات حاکم ساده‌تر جهت تحلیل عددی استفاده نمود. به منظور کاهش زمان محاسباتی و حافظه کامپیوتری، با بلوک‌بندی میدان جریان از شبکه‌بندی مجزای با ابعاد و اندازه مختلف در هر بلوک استفاده شده است. هندسه مورد نظر در این تحقیق یک پله عقب‌گرد دو بعدی آرام است که از سه بلوک‌بندی مختلف در تحلیل عددی آن استفاده شده است. حافظه مصرفی کامپیوتر و زمان محاسباتی به همراه روند همگرائی و نیز دقت نتایج عددی حاصل شده از سه نوع بلوک‌بندی مختلف به کار گرفته شده بررسی شد. نتایج نشان داد که در صورت انتخاب ترکیب مناسبی از بلوک‌بندی و شبکه‌بندی هر بلوک با صرف زمان و حافظه کمتر می‌توان پیش‌بینی‌هایی در حد دقت نزدیک به نتایج تجربی و سایر روشها بدست آورد.

* **عهده‌دار مکاتبات:** PL1361@gmail.com

کلمات کلیدی: روش چندبلوکی، جریان آرام، حافظه کامپیوتری، زمان محاسباتی.

۱- مقدمه

یکی از روشهای حل عددی جریان سیال، روش چندبلوکی است. در این روش، میدان جریان به نواحی یا بلوک‌های مجزا تقسیم شده و در هر بلوک شبکه مناسب تولید می شود. حل میدان جریان از حل هم زمان معادلات حاکم در تمام بلوک‌ها با به کارگیری شرایط مرزی در مرزهای کل میدان و مرزهای بین بلوک‌ها حاصل می‌شود. به خصوص اگر از سیستم پردازش موازی استفاده شود محدودیت تعداد نقاط شبکه کمتر شده که باعث کاهش چشمگیر زمان انجام حل معادلات و حافظه مورد نیاز می‌شود. از مهمترین ویژگیهای این روش به تولید شبکه سازمان‌یافته بر روی هندسه‌های پیچیده و امکان پردارش موازی می‌توان اشاره کرد.

شبکه‌های سازمان‌یافته چندبلوکی در دهه هشتاد میلادی، به دنیای دینامیک سیالات عددی پا گذاشت. مقاله ویدریل و فورسی [۱] در کنفرانس دینامیک سیالات AIAA سال ۱۹۸۴، برای اولین بار توجه همه را به روش چندبلوکی سازمان یافته جلب نمود. آتکینز [۲] ترکیبی از روش چندبلوکی و چندشبکه‌ای را برای حل معادلات اویلر و ناویر استوکس با تقریب لایه مرزی نازک و مدل اغتشاشی بالدوین لوماکس به کار برد. حیدری و طیبی رهنی [۳] برای شبیه‌سازی جریان مافوق صوت مغشوش حول اجسام مدور، روش چندبلوکی با مرز بلوکی انطباقی را به کار بردند. در زمینه استفاده از روش چندبلوکی برای پردازش موازی می‌توان به تحقیقات دریکاکیس [۴] برای حل جریان تراکم‌ناپذیر سه بعدی درون کانال با خم ۹۰ درجه و حل عددی جریان تراکم‌ناپذیر دو بعدی حول ایرفویل NACA0012 با شبکه‌بندی متحرک توسط تسای[۵]، اشاره نمود.

نحوه استناد به این مقاله: پیمان لشگری، محسن گودرزی. ارائه یک روش چند بلوکی بهینه برای جریانهای آرام. مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۰; ۸ (۲) :۸۵-۹۵

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

در تمام کارهای انجام شده به روش چندبلوکی با یک پردازشگر یا چند پردازشگر، معادلات حاکم و روشهای میانیابی کمیت‌ها در نقاط شبکه‌ای برای کلیه بلوک¬ها یکسان بوده است. کیم و همکارانش [۶]، برای غلبه بر مشکل شکستگی شبکه در نوک و انتهای ایرفویل از روش چندبلوکی استفاده کردند. ایشان در مرز بین بلوک‌ها از روش میان‌یابی پیشرو یا پسرو متغیرهای جریان را در شکل منفصل شده معادلات محاسبه کردند. استفاده از روش میانیابی متفاوت در مرزهای بین بلوک‌ها به عنوان نوآوری این کار تحقیقاتی معرفی شده است.

بسیاری از جریانهای سیالات به گونه‌ای هستند که در بخش وسیعی از آنها پیچیدگی جریان به حدی کم است که شبکه-بندی درشت به خوبی رفتار سیال آن قسمت را پیش بینی می‌کنند و نیازی به استفاده از شبکه‌بندی ریز و پر هزینه ندارند. در اینگونه از جریانها تنها بخش کوچکی از میدان جریان دارای پیچیدگیهای زیاد بوده و فقط در این بخش از جریان به مدل شبکه‌بندی ریز نیاز است. به عنوان مثال جریان آرام عبوری از روی یک پله عقب‌گرد فقط در اطراف ناحیه جدایش پس از پله از پیچیدگی زیادی برخوردار است و در سایر مناطق جریان برشی مکانیزم اصلی جریان خواهد بود. در این تحقیق با استفاده از سه بلوک‌بندی و شبکه‌بندی مجزای هر بلوک از طریق اعمال شرایط مرزی در مرز بین بلوک‌ها اقدام به حل عددی جریان آرام عبوری از روی یک پله عقب‌گرد شده است. نتایج نشان داد با بکارگیری روش چند بلوکی و شبکه‌بندی مجزای هر بلوک می-توان با دقت خوبی جریان را پیش‌بینی نمود و در عین حال در حافظه کامپیوتری و زمان محاسباتی به مقدار قابل توجهی صرفه‌جوئی نمود. این نتیجه به خصوص در مسائلی که شبیه‌سازی آنها در با محدودیت زمانی و حافظه روبروست، می‌تواند کارساز باشد.

۲- معادلات حاکم و شرایط مرزی

معادلات حاکم بر جریان دوبعدی دائم تراکم ناپذیر آرام به شکل زیرمی باشند [۷]:

معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}=0.0 \qquad (۱)$$

معادله اندازه حرکت در جهت x:

$$u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\nu(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}) \qquad (۲)$$

معادله اندازه حرکت در جهت y:

$$u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\nu(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}) \qquad (۳)$$

که در آن u و v مولفه‌های سرعت در جهات دستگاه مختصات، p فشار استاتیکی، p چگالی و ν لزجت می‌باشند. شرایط مرزی در هندسه مورد نظر عبارتند از:

الف) شرط مرزی ورودی: در این مرز کلیه کمیت‌های جریان دارای مقادیر معلوم هستند.

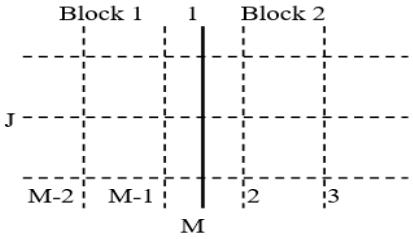
ب) شرط مرزی خروجی: در این مرز از شرط توسعه‌یافتگی جریان استفاده شده است.

ج) شرط مرزی دیوار: در این مرز از شرط عدم لغزش استفاده شده است.

د) شرط مرزی بین بلوک‌ها: با توجه به اینکه در هندسه مورد نظر از بلوک‌بندی کنارهم با شبکه تلفیقی استفاده شده است، تبادل اطلاعات بین بلوک‌ها شامل محاسبه مقادیر متغیرهای اصلی جریان بر روی مرزهای بین بلوکی و تبادل شارهای حجمی در این مرزها است. برای محاسبه متغیرهای جریان از روش درون‌یابی خطی استفاده شده است. محاسبه شار حجمی در مرز بین بلوک‌ها اهمیت زیادی دارد. در شبکه‌های تلفیقی از روش رای و چو [۸] برای ایجاد درگیری بین معادلات اندازه حرکت و پیوستگی استفاده می‌شود. بنابراین در مرز بین بلوک‌ها برای ارضای پیوستگی باید این روش به کار گرفته شود. برای سادگی در یک شبکه مربعی که در شکل ۱ نشان داده شده است، نحوه محاسبه شار حجمی در سطح مشترک دو بلوک طبق دسته روابط (۴) خواهد بود.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

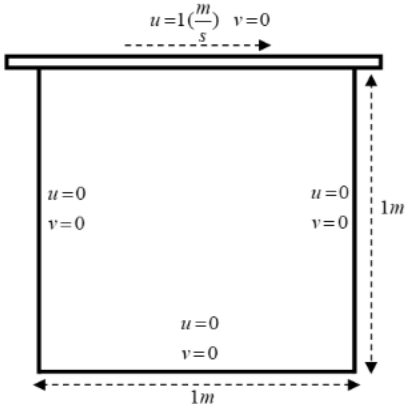


شکل ۱ - شبکه‌بندی دو بلوک در مجاورت یکدیگر.

$$
\begin{aligned}
U1 &= u(M-1,J,1) - \frac{1}{2}[2p(M,J,1) - \\
&\quad p(M-1,J,1) - p(M-2,J,1)] \\
U2 &= u(2,J,2) - \frac{1}{2}[p(3,J,2) - \\
&\quad p(2,J,2) - 2p(1,J,2)] \\
pterm &= p(1,J,2) - p(M-1,J,1) \\
UF(J) &= \frac{1}{2}(U1+U2) + pterm
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

۳- نتایج عددی

ابتدا برای بررسی صحت و دقت برنامه کامپیوتری چندبلوکی نوشته شده، جریان آرام درون یک حفره مربعی مورد بررسی قرار گرفته که دیواره بالائی آن با سرعت ۱ متر بر ثانیه در حال حرکت بوده و سایر دیواره‌ها هیچگونه سرعتی ندارند. با توجه به آرام بودن جریان، عدد رینولدز برابر ۴۰۰ براساس طول حفره و سرعت دیواره متحرک در نظر گرفته شده است.



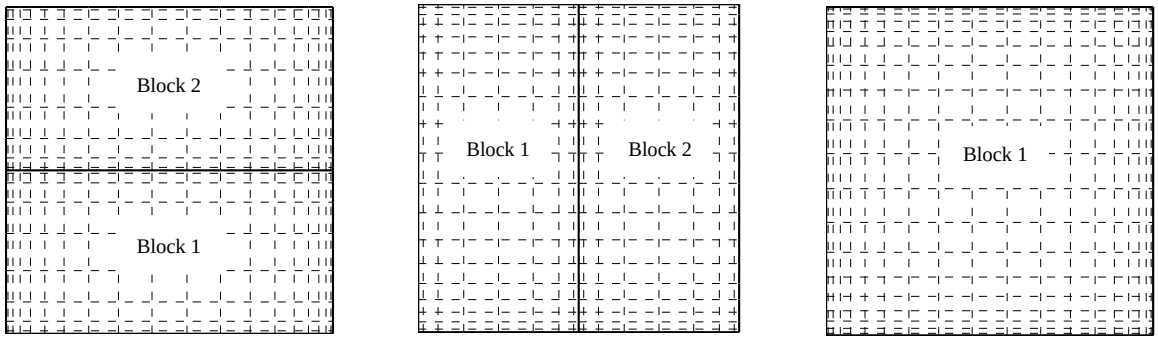
شکل ۲ - شکل شماتیک حفره مربعی با دیواره متحرک

سه نوع بلوک‌بندی مختلف تک بلوکی، دو بلوکی عمودی و دو بلوکی افقی برای تحلیل جریان مورد بررسی قرار گرفته که شبکه‌بندی استفاده شده در هر بلوک‌بندی به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- شبکه‌بندی حفره مربعی

تک بلوکی	دو بلوکی عمودی		دو بلوکی افقی	
بلوک اول	بلوک اول	بلوک دوم	بلوک اول	بلوک دوم
۱۰۰*۱۰۰	۵۰*۱۰۰	۵۰*۱۰۰	۱۰۰*۵۰	۱۰۰*۵۰

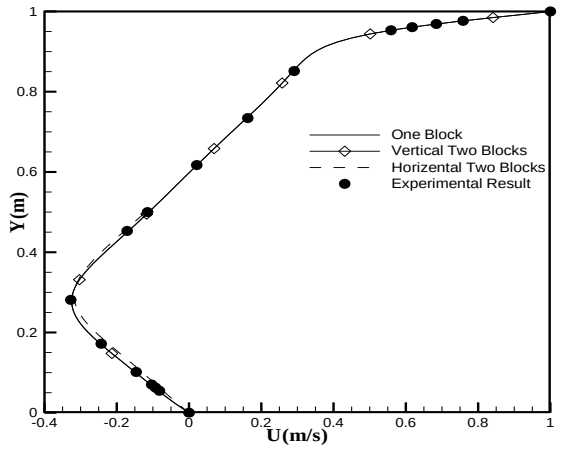
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]



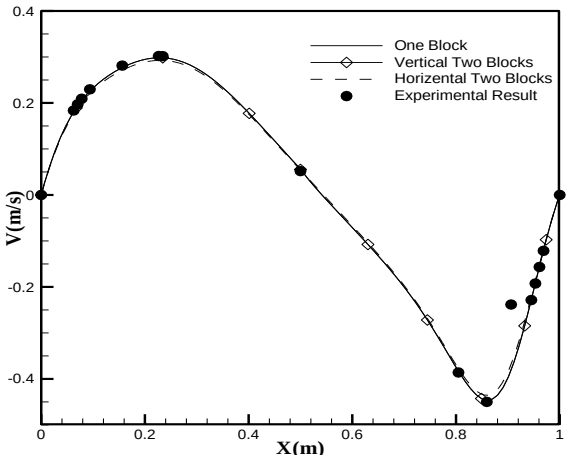
(الف) تک بلوکی (ب) دو بلوکی عمودی (ج) دو بلوکی افقی

شکل ۳ - سه نوع بلوک‌بندی حفره مربعی

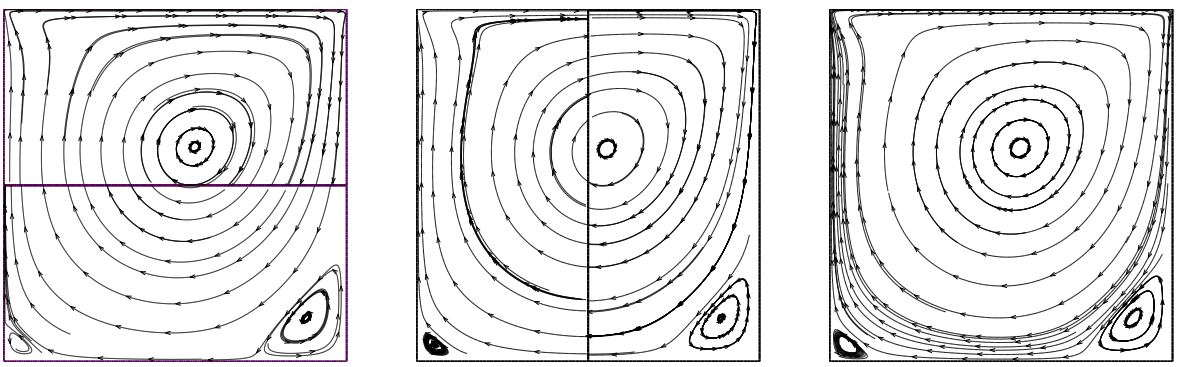
در اشکال ۴ و ۵ و ۶ به ترتیب پروفیل سرعت u و v در خطوط مرکزی و خطوط جریان برای سه نوع بلوک‌بندی با نتایج تجربی گیا [۹] مقایسه شده‌اند. برای هر سه نوع بلوک‌بندی، رفتار خطوط جریان یکسان بوده و در دو گوشه تحتانی حفره به دلیل وجود گرادیان فشار نامطلوب گردابه‌هائی تشکیل گردیده است. نتایج مربوط به پروفیل‌های سرعت حاصل از روش تک بلوکی و دو بلوکی عمودی، منطبق بر نتایج تجربی گیا می‌باشد و در نتایج روش دو بلوکی افقی اندک اختلافی مشاهده می‌شود که این اختلاف در نتایج ناشی از نحوه بلوک‌بندی هندسه مورد نظر می‌باشد.. لذا یکی از مسائل اساسی و مهم در روش چند بلوکی، چیدمان مناسب و بهینه بلوک‌ها می‌باشد و در صورتیکه چیدمان بلوک‌ها مناسب نباشد سبب بروز خطاء در نتایج و در برخی موارد سبب واگرائی حل می‌گردد.



شکل ۴ - مقایسه پروفیل‌های سرعت u در خط مرکزی x=۰,۵ برای بلوک‌بندیهای مختلف با نتایج تجربی گیا



شکل ۵ - مقایسه پروفیل‌های سرعت v در خط مرکزی Y=۰,۵ برای بلوک‌بندیهای مختلف با نتایج تجربی گیا



شکل ۶ - خطوط جریان برای سه بلوک‌بندی مختلف

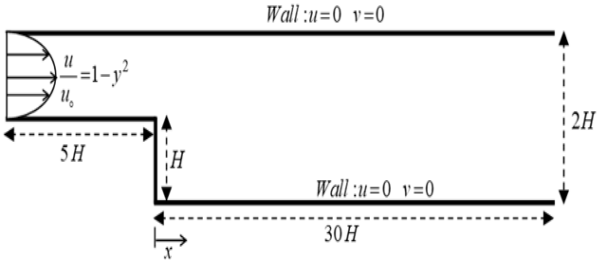
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

جدول ۲- مقایسه زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز برای بلوک‌بندیهای مختلف حفره مربعی

نوع بلوک‌بندی	مدت زمان لازم برای اجرای برنامه (Min)	حافظه مورد نیاز برای اجرای برنامه (MB)
تک بلوکی	۱۱,۰۰	۱۴
دو بلوکی عمودی	۷,۲۰	۹
دو بلوکی افقی	۷,۵۳	۹

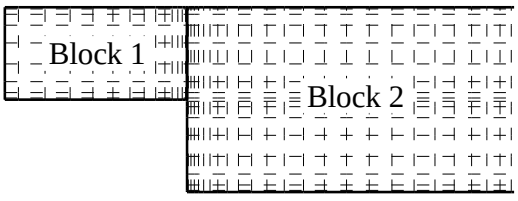
در جدول شماره ۲ زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز برای بلوک‌بندیهای مختلف نشان داده شده است. همانگونکه مشاهده می‌شود کاهش زمان محاسباتی برنامه و نیز کاهش حافظه از مهمترین ویژگیهای روش چند بلوکی می‌باشد. با توجه به موارد فوق‌الذکر، در بلوک‌بندی هندسه حفره مربعی، حالت دو بلوکی عمودی بلوک‌بندی بهینه می‌باشد که هم نتایج حاصل از آن منطبق بر نتایج تجربی بوده و هم حافظه و زمان مورد نیاز برای حل جریان کاهش یافته است.



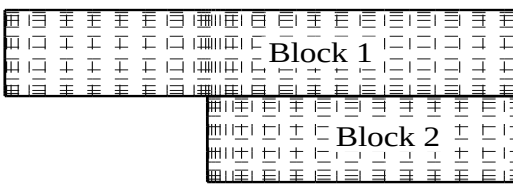
شکل ۷ - شکل شماتیک و شرایط مرزی جریان آرام بر روی پله عقب‌گرد

سه نوع بلوک‌بندی مختلف شامل دو بلوکی عمودی، دو بلوکی افقی و سه بلوکی برای تحلیل جریان مورد بررسی قرار گرفته و شبکه‌بندی استفاده شده برای سه عدد رینولدز مختلف و بلوک‌بندیهای فوق‌الذکر به شرح جدول ۳ می‌باشد.

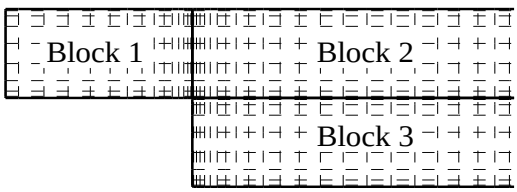
خطوط جریان در رینولدزهای مختلف برای سه نوع بلوک‌بندی در اشکال ۹ نشان داده شده است. همانگونه که در این اشکال مشخص است با افزایش عدد رینولدز، طول گردابه تشکیل شده افزایش یافته و همچنین در رینولدزهای بالای ۴۰۰، در دیواره بالائی یک ناحیه جدایش ایجاد می‌شود که با افزایش عدد رینولدز این ناحیه نیز بزرگ می‌شود. علت تشکیل این ناحیه، گرادیان فشار معکوس ایجاد شده به دلیل تغییر ناگهانی پهنای مقطع پس از پله است.



(الف) حالت دو بلوکی عمودی



(ب) حالت دو بلوکی افقی



(ج) حالت سه بلوکی.

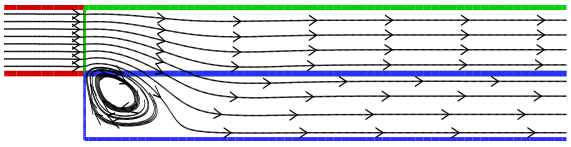
شکل ۸ - سه نوع بلوک‌بندی مختلف برای جریان بر روی پله عقب‌گرد

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

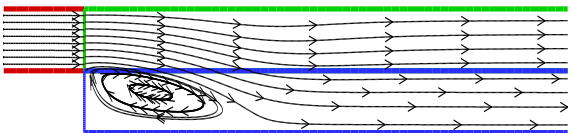
[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

جدول ۳- شبکه‌بندی پله عقبگرد برای بلوک‌بندیهای گوناگون در رینولدزهای متفاوت

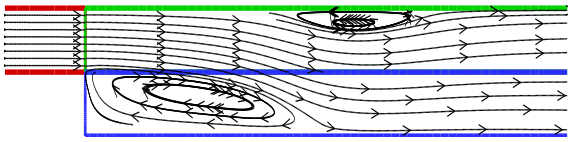
حالت سه بلوکی				حالت دو بلوکی عمودی		حالت دو بلوکی افقی	
عدد رینولدز	بلوک اول	بلوک دوم	بلوک سوم	بلوک اول	بلوک دوم	بلوک اول	بلوک دوم
100	20*15	20*120	20*120	20*15	40*120	20*135	20*120
400	25*15	25*120	25*120	25*15	50*120	25*135	25*120
600	30*15	30*120	30*120	30*15	60*120	30*135	30*120



Re=100

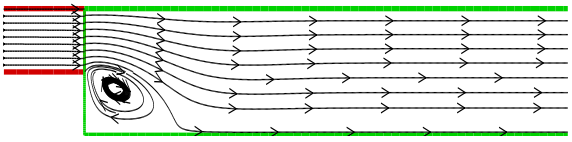


Re=400

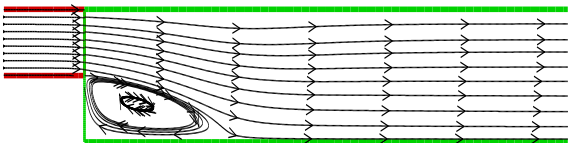


Re=600

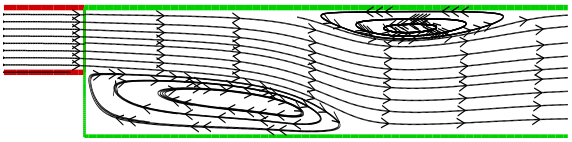
حالت سه بلوکی



Re=100

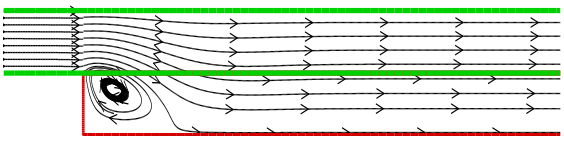


Re=400

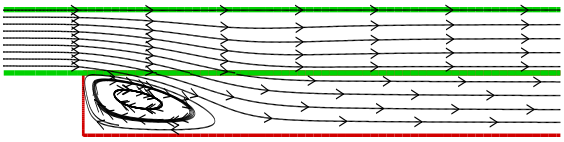


Re=600

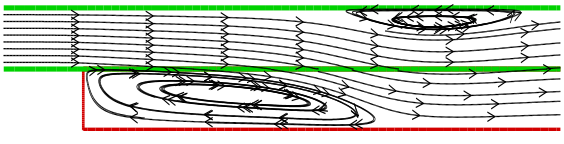
حالت دو بلوکی عمودی



Re=100



Re=400



Re=600

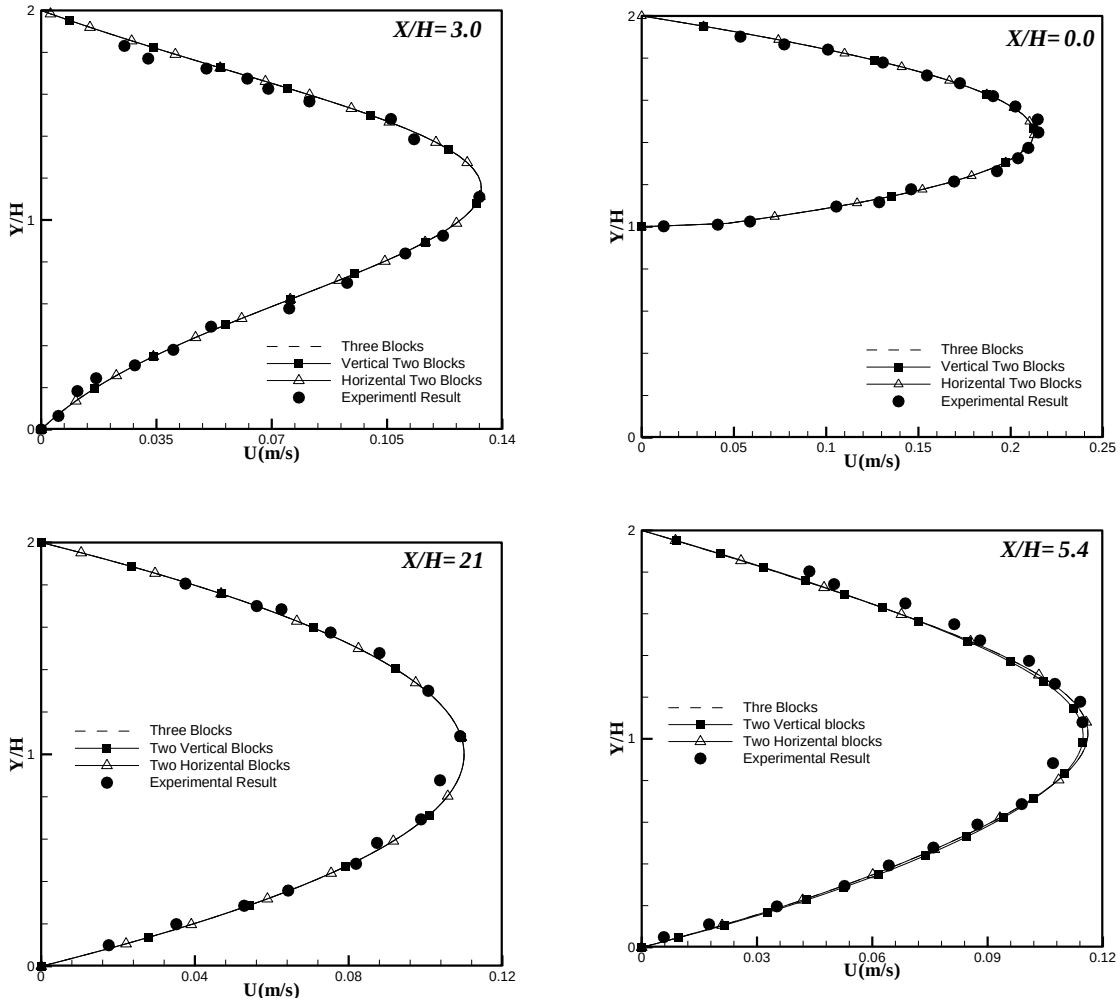
حالت دو بلوکی افقی

شکل ۹ - خطوط جریان روی پله در رینولدزهای مختلف

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

در اشکال ۱۰ و ۱۱ پروفیل سرعت u در مقاطع طولی مختلف پس از پله برای بلوک‌بندیهای مختلف در دو عدد رینولدز ۱۰۰ و ۴۰۰ با نتایج تجربی آرمالی [۱۰] مقایسه گردیده است. مشاهده می‌شود به ترتیب نتایج حاصل از حالت دو بلوکی عمودی، سه بلوکی و دو بلوکی افقی از انطباق بیشتری با نتایج تجربی برخوردار هستند.



شکل ۱۰ - پروفیل سرعت u در مقاطع طولی مختلف پس از پله در رینولدز ۱۰۰

همانگونه که مشاهده می‌شود، در حالت دو بلوکی عمودی طول مرز بین بلوکی و تعداد المانها برای تبادل اطلاعات بین بلوکی نسبت به حالت دو بلوکی افقی کوچکتر می‌باشد لذا نتایج حالت دو بلوکی عمودی نسبت به حالت دو بلوکی افقی از دقت بیشتری برخوردار می‌باشند. در حالت سه بلوکی، با وجود افزایش تعداد مرزهای بین بلوکی که خود سبب افزایش تعداد المانهای مرز بین بلوکی می‌گردد ولیکن به دلیل بهینه‌تر بودن بلوک‌بندی نسبت به دو حالت قبل، نتایج این بلوک‌بندی نسبت به حالت دو بلوکی افقی از دقت بالاتری برخوردار بوده و به نتایج تجربی نزدیک‌تر می‌باشد.

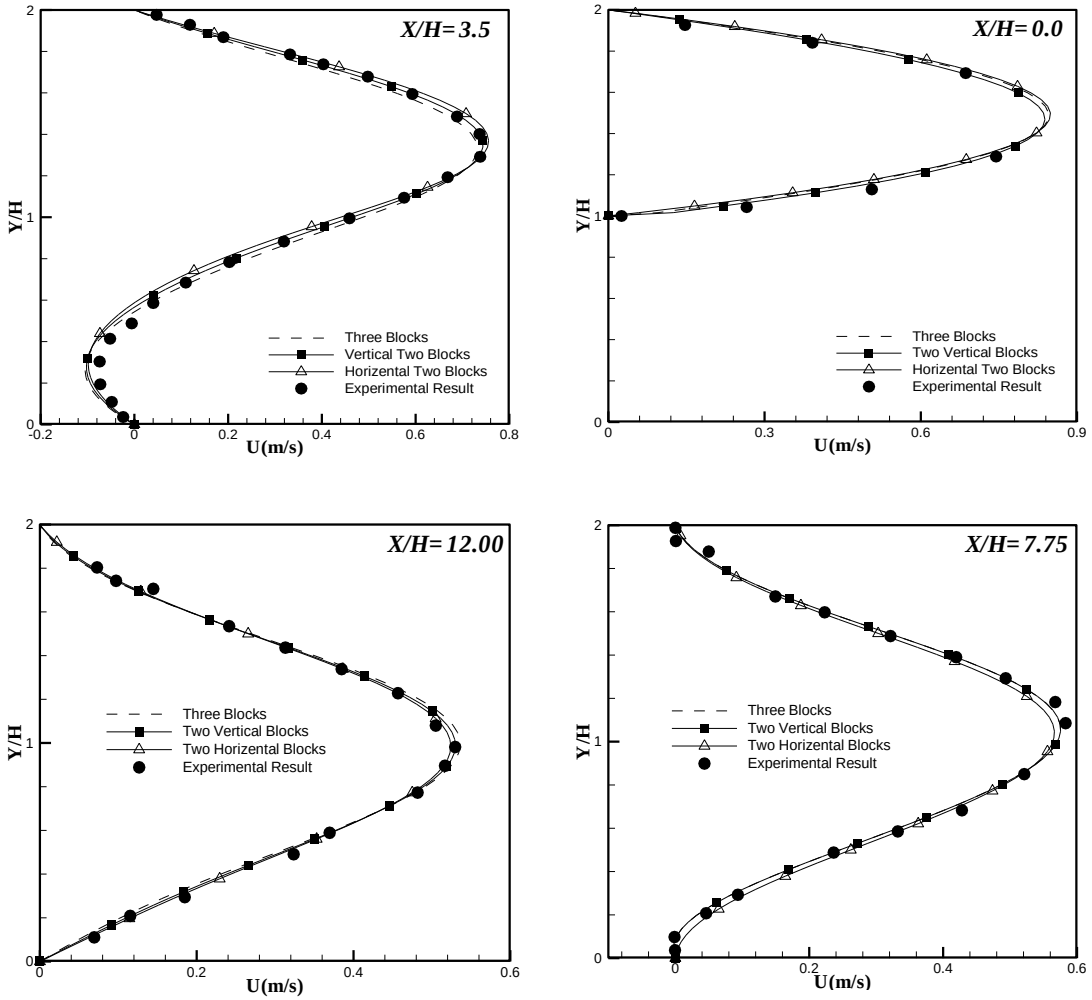
یکی از پارامترهای مهم در بررسی جریان بر روی پله، نقطه اتصال مجدد[1] می‌باشد. نقطه اتصال مجدد، نقطه‌ای است که در آن تنش برشی برابر صفر می‌باشد. در شکل ۱۲ نقطه اتصال مجدد برای رینولدزهای مختلف در بلوک‌بندیهای گوناگون با نتایج

[1] - Reattachment Point

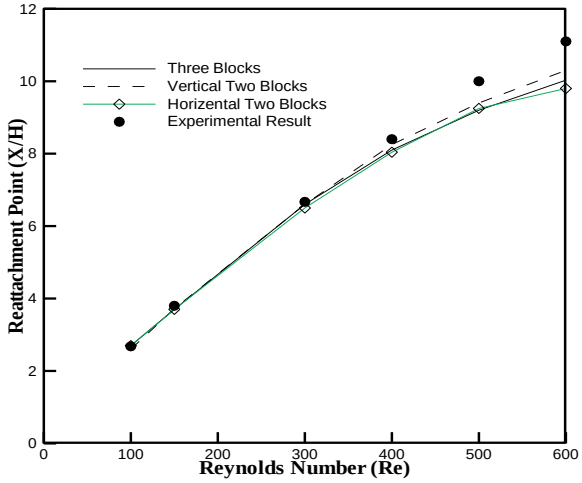
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

تجربی مقایسه شده است که با افزایش عدد رینولدز طول نقطه اتصال مجدد افزایش می‌یابد. اختلافی که در رینولدزهای بالا بین نتایج تجربی و عددی دیده می‌شود تا حدودی ناشی از اثرات هندسه سه بعدی مدل آزمایشی آرمالی است [۱۰] .



شکل ۱۱ -پروفیل سرعت u در مقاطع طولی مختلف پس از پله در رینولدز ۴۰۰



شکل ۱۲ - مقایسه نقاط اتصال مجدد در رینولدزهای مختلف برای بلوک‌بندیهای متفاوت با نتایج تجربی

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

بیشترین اختلاف بین نتایج تحلیلی و نتایج تجربی در رینولدز ۶۰۰ مشاهده می‌شود که در حالت سه بلوکی این خطاء برابر ۱۰٪، در حالت دو بلوکی افقی برابر ۱۲٪ و در حالت دو بلوکی عمودی برابر ۷٪ می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز برای بلوک‌بندیهای مختلف پله عقب‌گرد

نوع بلوک‌بندی	مدت زمان لازم برای اجرای برنامه (Min)	حافظه مورد نیاز برای اجرای برنامه (MB)
سه بلوکی	16.96	48
دو بلوکی عمودی	24.25	61
دو بلوکی افقی	25.11	66

در جدول ۴ زمان محاسباتی و حافظه کامپیوتری مورد نیاز جهت تحلیل بلوک‌بندیهای مختلف با یکدیگر مقایسه شده است. براساس نتایج حاصل در صورت استفاده از بلوک‌بندی سه بلوکی مدت زمان محاسباتی نسبت به حالت دو بلوکی عمودی در حدود ۴۲٪ و نسبت به حالت دو بلوکی افقی در حدود ۴۸٪ کاهش می‌یابد و همچنین حافظه کامپیوتری مورد نیاز در بلوک‌بندی سه بلوکی حدود ۲۷٪ کمتر از دو بلوکی عمودی و حدود ۳۷٪ کمتر از دو بلوکی افقی می‌باشد. لذا با بلوک‌بندی بهینه، زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز به طور چشمگیری کاهش می‌یابد که این دو ویژگی از خصوصیات اصلی روش چند بلوکی هستند. در حالت دو بلوکی، برای بلوک‌بندی عمودی زمان محاسباتی نسبت به افقی در حدود ۶٪ و حافظه مورد نیاز نیز در حدود ۱۰٪ کمتر می‌باشد که علت آن متفاوت بودن طول مرز بین بلوکی و تعداد المانهای بین بلوکی در این دو حالت می‌باشد. در حالت افقی طول مرز بین بلوکی و تعداد المانها بیشتر از حالت عمودی می‌باشد، لذا تبادل اطلاعات بین بلوکی بیشتر بوده و این عامل سبب افزایش هر دو پارامتر شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق روش چند بلوکی جدیدی برای جریانهای آرام معرفی گردید که از طریق به کارگیری بلوک‌بندی مناسب و متعاقب آن شبکه‌بندی مستقل و مجراء هر بلوک، قادر است با حفظ دقت متناظر به نتایج آزمایشگاهی و نیز تحلیل‌های تک بلوکی به میزان قابل توجهی زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز کامپیوتر را کاهش دهد. این روش، شبیه‌سازی جریانهایی را که با کامپیوترهای شخصی کم حافظه و کم سرعت امکان پذیر نبودند، امکان پذیر خواهد کرد.

فهرست علائم

	علائم انگلیسی
u	مولفه سرعت در جهت x، m/s
V	مولفه سرعت در جهت y، m/s
P	فشار استاتیکی، Pa
x, y	جهات دستگاه مختصات
	علائم یونانی
ρ	چگالی، kg/m^3

مراجع

[1] Weatherill N.P, and forsey C. R., Grid Genaration and Flow calculation for Complex Aircraft Geometries Using a Multi-Block Scheme, AIAA Paper, 85 (1982).

[2] Atkins H.L., A Multi-block Multigrid Method for the Solution of the Euler and Navier - stokes Equations for Three Dimensional Flows, AIAA Paper: (1991), 91-101.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

[۳] حیدری م. ر. و طیبی رهنی م. و عظیمی ع. (۱۳۸۴) شبیه‌سازی جریان مافوق صوت اغتشاشی حول اجسام مدور به انضمام ناحیه پشت با استفاده ازشبکه چندبلوکی ومرز بلوکی انطباقی، نشریه علمی پژوهشی مکانیک و هوا فضا، ۱ (۱): ۵۱-۶۶.
[4] Drikakis D., A Parallel Multiblock Characteristic-Based Method for Three-Dimensional Incompressible Flow, Advances in Engineering Software, 26 (1996), 111-119.
[5] Tsai H.M, Wong A.S.F, Cai J, and Liu F., Unsteady Flow calculations with a parallel Multiblock Moving Mesh Algorithm, AIAA Journal, 39 -6 (2001), 1021-1029.
[6] Jae Wook Kim, and Duck Joo Lee, Characteristic Interface Conditions for Multiblock High-Order Computation on singular Structured Grid, AIAA Journal, 41-12 (2003), 2341-2348.
[7] Hoffmann, K.A. (1993) Computational Fluid Dynamics for Engineers.
[8] Rhie C.M and Chow W.L, Numerical Study of the Turbulent Flow Past an Airfoil with Trailing Edge Separation", AIAA J., 2, (1983), 1525-1532.
[9] Ghia U., Ghia K. N., and Chin C.T., High Re-Solutions for Incompressible Flows Using the Navier-Stokes Equations and a Multi-Grid, International Journal of Computer Physics, 48 (1982), 387-411.
[10] Armaly B. F., Durst F., Pereira J. C. F., and Schonung B., Experimental and Theoretical Investigation of backward-facing Step Flow, Journal of Fluid Mechanics, 127 (1974), 473-496.

رزومه

پیمان لشگری در تهران متولد شده است (۱۳۶۱). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی مکانیک- طراحی جامدات از دانشگاه دولتی کاشان (۱۳۸۳) و کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی از دانشگاه بوعلی سینا (۱۳۸۷) سپری نموده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه دینامیک سیالات محاسباتی و موتورهای احتراق داخلی بوده و سابقه تدریس در دانشگاه آزاد اسلامی را داشته و در حال حاضر مدیر مهندسی شرکت توسعه حفاری تدبیر می‌باشد.

محسن گودرزی در تهران متولد شده است (۱۳۵۰). تحصیلات دانشگاهی خود را در مقطع کارشناسی مهندسی مکانیک- طراحی جامدات از دانشگاه تهران، کارشناسی‌ارشد مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی از دانشگاه صنعتی اصفهان و دکتری مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی از دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۸۲) سپری کرده است. فعالیت‌های پژوهشی و علاقه‌مندی ایشان در زمینه حرارت، سیالات و تبدیل انرژی است و در حال حاضر دانشیار گروه مکانیک دانشکده مهندسی دانشگاه بوعلی سینا می‌باشد.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

چکیده انگلیسی:

An Optimized Multi-block Method for Laminar Flows

Peyman Lashgari[1*], Mohsen Goodarzi[1]

[1]Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: March 2021, Accepted: August 2021

Abstract

A major part of the flow field has no complicated behavior in many laminar & turbulent flows which can use large mesh and simplified governing equation for numerical simulation. In order to reduce memory and CPU time, the flow field was decomposed to several blocks with different size and dimension in each block. A two dimensional backward facing step was considered in this research that used three different type of blocking in numerical modeling. Computer memory and CPU time consumption in addition to numerical result of main fluid parameters. Consideration showed that, suitable combination of used blocks led to the results with the same accuracy as model was employed only one block and experimental results, in addition to the reduction of memory and CPU time consumption.

Key words: Multi-Bolck Method, Laminar Flow, Computer memory, CPU time.

*corresponding author: **PL1361@gmail.com**

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1400.8.2.6.2]

Cite this article as: Peyman Lashgari, Mohsen Goodarzi, An Optimized Multi-block Method for Laminar Flows. Journal of Energy Conversion, 2021, 8(2), 85-95.