بسم الله الرحمن الرحيم

کلیه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان‌نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرس‌های ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها الزامی می‌باشد.

مقالات خارجی

……..……, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات داخلی

.....، گروه .....، دانشکده .....، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

دانشکده مهندسی
گروه آموزشی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

به‌کارگیری روش چند بلوکی با مدل‌های اغتشاشی ترکیبی متفاوت

استاد راهنما:

دکتر محسن گودرزی

نگارش:

علیرضا عطری روزبهانی

۲۴ بهمن ۱۳۹۰

سهم ناچیز خود را از این پایان نامه

به یکایک اعضای خانواده ام

که هیچ گاه حمایت های صادقانه خویش را از من دریغ نداشتند، تقدیم می کنم.

تقدیر و تشکر

ستایش از آن خداوندی است که آدمی را به فضیلت نطق و فر عقل آراسته گردانید. اکنون که به لطف و عنایت ایزد منان در حال به پایان رسانیدن این مقطع از تحصیلات می باشم بر خود لازم می دانم که از تمامی اساتید و بزرگوارانی که خوشه چین معرفت آنان بوده ام قدردانی نمایم. خصوصاً از استاد علم و اخلاق جناب آقای دکتر کودرزی که با نهایت صبر و بردباری و دقت نظر مثال زدنی راهنمایی این جانب را در طول اجرا و تدوین پایان نامه قبول فرمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

علیرضا عطری روزبهانی

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان:

به‌کارگیری روش چند بلوکی با مدل‌های اغتشاشی ترکیبی متفاوت

نام نویسنده: علیرضا عطری روزبهانی

نام استاد راهنما: دکتر محسن گودرزی

نام استاد مشاور:

دانشکده : مهندسی	**گروه آموزشی: مکانیک**	
رشته تحصیلی: مهندسی مکانیک	**گرایش تحصیلی: تبدیل انرژی**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۱/۲۴	**تاریخ دفاع: ۱۳۹۰/۱۱/۲۴**	**تعداد صفحات: ۹۱**

چکیده:

یکی از روش‌های تحلیل عددی جریان سیال، روش چندبلوکی می‌باشد. در این روش میدان جریان به بلوک‌های مجزا تقسیم و در هر بلوک شبکه محاسباتی مناسب تولید می‌گردد و حل میدان جریان از حل میدان در هر بلوک به دست می‌آید. از مهم‌ترین ویژگی‌های این روش می‌توان به تولید شبکه بر روی هندسه‌های پیچیده، کاهش زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز برای حل میدان جریان و امکان پردازش موازی اشاره نمود. در این پروژه کد دو بعدی تک بلوکی به کد دو بعدی چند بلوکی توسعه یافت، که این کد معادلات ناویر-استوکس حالت دائم را برای جریان سیال تراکم‌ناپذیر، با اعمال چیدمان متفاوتی از مدل‌های اغتشاشی دو معادله‌ای $k-\varepsilon$ استاندارد، $k-k\tau$ و $Wilcox\ \ k-\omega$ در بلوک‌بندی میدان جریان جهت به‌دست آوردن ترکیب بهینه مدل‌های اغتشاشی، حل می‌نماید. ابتدا جریان مغشوش دوبعدی درون کانالی مستطیل شکل جهت بررسی توانمندی کد حل شد. پس از آن جریان مغشوش دوبعدی به ترتیب درون یک مسیر مستطیل شکل دارای حفره مربعی و نیز یک پله عقب‌گرد موردمطالعه قرار گرفت. با وجود این‌که در هر دو مورد کمترین میزان حافظه مصرفی مربوط به حالت‌هایی بود که از ترکیب دو مدل اغتشاشی $k-k\tau$ و $Wilcox\ \ k-\omega$ استفاده می‌کردند، اما کمترین زمان مصرفی و بیشترین مطابقت نتایج با داده‌های تجربی مربوط به حالت‌هایی بود که در هر دو بلوک یک مدل اغتشاشی دو معادله‌ای به‌کار گرفته شد، به‌طوری‌که برای حفره در مسیر مستطیلی حالتی که از مدل اغتشاشی $k-k\tau$ و یا برای پله عقب‌گرد حالتی که از مدل اغتشاشی $Wilcox\ \ k-\omega$ در تمام بلوک‌ها استفاده می‌کردند، در مجموع از میزان دقت بالاتر نتایج و تطابق بیشتر با نتایج تجربی، مدت زمان مصرفی و حافظه به‌کار گرفته شده توسط CPU کمتر نسبت به سایر حالت‌ها برخوردار بودند. بعد از این دو مورد نیز حالت‌هایی که ترکیب دو مدل اغتشاشی $k-k\tau$ و $Wilcox\ \ k-\omega$ در آنها به‌کار رفته است، قرار دارند. این مطالعه نشان داد که به‌طور کلی استفاده از مدل‌های اغتشاشی دو معادله‌ای خاص در هر بلوک از هندسه در روش چند بلوکی، لزوماً در تمامی موارد به کاهش زمان محاسباتی و حافظه مورد نیاز همراه با حفظ دقت نتایج به‌دست آمده منجر نخواهد شد.

واژه‌های کلیدی: جریان مغشوش سیال، روش چند بلوکی، مدل اغتشاشی $k-\varepsilon$ استاندارد، مدل اغتشاشی $Wilcox\ \ k-\omega$، مدل اغتشاشی $k-k\tau$ ، حفره در طول مسیر، پله عقب‌گرد.

فهرست مطالب

عنـوان **صفحه**

فصل اول: روش چندبلوکی

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تاریخچه روش چند بلوکی و مروری بر کارهای گذشته ۵

۱-۳- پایداری و همگرایی الگوریتم چند بلوکی ۱۱

۱-۴- تولید شبکه چند بلوکی ۱۲

۱-۵- نحوه بلوک‌بندی در روش چند بلوکی ۱۵

۱-۶- مرز بین بلوکی در روش چند بلوکی ۱۷

۱-۷- تبادل اطلاعات بین بلوک‌ها در روش چند بلوکی ۱۸

۱-۷-۱- روش درون‌یابی خطی ۱۹

۱-۷-۲- روش درون‌یابی بقائی ۲۰

فصل دوم: معادلات حاکم بر جریان و مدل‌سازی اغتشاش

۲-۱ – مقدمه ۲۵

۲-۲- معادلات حاکم بر جریان سیال در فضای فیزیکی ۲۶

۲-۳- معادلات RANS در جریان اغتشاشی ۲۷

۲-۴- معادله انرژی جنبشی اغتشاشی ۲۸

۲-۵- مروری بر انواع مدل‌های اغتشاشی ۳۰

۲-۶- روابط اساسی حاکم بر ادی- لزجت ۳۵

۲-۷- مدل‌های اغتشاشی دو معادله‌ای ۳۶

۲-۷-۱- مدل اغتشاشی دو معادله‌ای $k-\varepsilon$ استاندارد ۳۷

۲-۷-۲- مدل اغتشاشی دو معادله‌ای $Wilcox\ k-k\omega$ ۳۹

۲-۷-۳- مدل اغتشاشی دو معادله‌ای $k-k\tau$ ۴۰

فصل سوم: برنامه کامپیوتری چند بلوکی

۳-۱- مقدمه ۴۳

۳-۲- روش حل عددی معادلات حاکم بر جریان ۴۳
۳-۳- الگوریتم روش چند بلوکی ۴۶
۳-۴- نحوه بلوک‌بندی هندسه‌های مورد نظر ۴۸
۳-۵- نحوه تولید شبکه در هندسه‌های مورد نظر ۴۸
۳-۶- شرایط مرزی ۴۹
۳-۷- قانون دیوار و چگونگی اعمال اثرات دیواره بر میدان جریان سیال ۵۰
۳-۷- نحوه تبادل اطلاعات بین بلوک‌ها ۵۴

فصل چهارم: بررسی و تحلیل نتایج
۴-۱- مقدمه ۵۷
۴-۲ – تحلیل جریان مغشوش درون یک مجرای مستطیل شکل ۵۸
۴-۳ – تحلیل جریان مغشوش درون یک مجرای دارای حفره مربعی ۶۲
۴-۴ – تحلیل جریان مغشوش بر روی پله عقب‌گرد ۷۱

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۵-۱ نتیجه‌گیری ۸۳
۵-۲- پیشنهادات ۸۵

مراجع و مواخذ
مراجع و مواخذ ۸۷

فهرست جدول‌ها

عنـوان **صفحه**

جدول (۲-۱): تقسیم‌بندی انواع مدل‌های اغتشاشی. ۳۳

جدول (۲-۲): ضرایب مدل دو معادله‌ای $k-\varepsilon$ استاندارد ۳۸

جدول (۲-۳): ضرایب مدل دو معادله‌ای $Wilcox\ k-k\omega$ ۴۰

جدول (۲-۴): ضرایب مدل دو معادله‌ای $k-k\tau$ ۴۱

جدول (۴-۱): شبکه‌بندی‌های گوناگون در مجرای مستطیل شکل ۶۱

جدول(۴-۲): تعداد تکرار، زمان و حافظه مصرفی برای ۹ چیدمان مختلف مدل‌های اغتشاشی در هندسه حفره در مسیر ۶۴

جدول(۴-۳): تعداد تکرار، زمان و حافظه مصرفی ۹ چیدمان مختلف مدل‌های اغتشاشی در هندسه پله عقب‌گرد ۷۴

جدول (۴-۴): طول نقطه اتصال مجدد برای حالت‌های مختلف اعمال مدل‌های اغتشاشی ۷۸

فهرست شکل‌ها

عنـوان	صفحه
شکل (۱-۱): شبکه‌بندی سه بلوکی حول ایرفویل NACA4412	۴
شکل (۱-۲): بلوک‌بندی هندسه محاسباتی مورد نظر	۱۳
شکل (۱-۳): تولید شبکه مجزا در هر بلوک	۱۴
شکل (۱-۴): تولید شبکه نهائی در کل هندسه محاسباتی	۱۴
شکل (۱-۵): انوع بلوک‌بندی در روش چند بلوکی. (الف) بلوک‌بندی هم‌پوشان، (ب) بلوک‌بندی کنار هم.	۱۵
شکل (۱-۶): حالت‌های مختلف بلوک‌بندی (الف) بلوک‌بندی کنار هم با شبکه پیوسته هموار، (ب) بلوک‌بندی کنار هم با شبکه پیوسته ناهموار، (ج) بلوک‌بندی کنار هم با شبکه ناپیوسته، (د) بلوک‌بندی هم‌پوشان با شبکه ناپیوسته.	۱۶
شکل (۱-۷): مرز مشترک بین دو بلوک شرقی – غربی در روش چند بلوکی.	۱۹
شکل (۱-۸): شبکه‌بندی تک بلوکی برای نمایش قوانین بقایی مدل.	۲۱
شکل (۱-۹): نمایش مرز بین دو بلوک مجاور در مختصات کارتزین	۲۲
شکل (۲-۱): مقایسه انواع مدل‌های اغتشاشی	۳۴
شکل (۳-۱): الگوریتم روش چند بلوکی.	۴۷
شکل (۳-۲): بلوک‌بندی کنارهم با شبکه پیوسته (الف) حفره مربعی در مسیر و (ب) پله.	۴۸
شکل (۳-۳): نمایی بزرگ از گره مجاور مرز صلب	۵۱
شکل (۳-۴): مرز بین بلوکی در بلوک‌بندی افقی	۵۴
شکل (۳-۵): شارهای سرعت در مرز بین بلوکی در بلوک‌بندی افقی	۵۵
شکل (۴-۱): شکل شماتیک، شرایط مرزی و ورودی جریان مغشوش؛ کانال مستطیل شکل	۵۸
شکل (۴-۲): پروفیل‌های سرعت خروجی مجرای مستطیلی در حالت‌های مختلف شبکه‌بندی	۶۱

شکل (۴-۳): شکل شماتیک، شرایط مرزی و ورودی جریان مغشوش؛ حفره در طول مسیر ۶۲
شکل (۴-۴): شکل شماتیک بلوک بندی حفره در مسیر؛ دو بلوکی ۶۳
شکل (۴-۵): نحوه همگرایی مؤلفه های سرعت برای هندسه حفره در مسیر ۶۴
شکل (۴-۶): نمودار مقایسه مقدار زمان و حافظه مصرفی حالت‌های مختلف برای هندسه حفره در مسیر ۶۵
شکل (۴-۷): مؤلفه u بردارهای سرعت در خط مرکزی حفره برای حالت‌های مختلف اعمال مدل‌های اغتشاشی ۶۶
شکل (۴-۸): مؤلفه u بردارهای سرعت در محدوده نزدیک به حفره برای حالت‌های مختلف اعمال مدل‌های اغتشاشی ۶۷
شکل (۴-۹): خطوط جریان در نزدیکی محل حفره ۶۸
شکل (۴-۱۰): پروفیل‌های سرعت u در خط مرکزی حفره در دو بلوک ۶۹
شکل (۴-۱۱): مقایسه پروفیل‌های (الف) u ، (ب) v در خط مرکزی حفره برای چیدمان‌های مختلف مدل‌های اغتشاشی با نتایج تجربی گیا ۷۰
شکل (۴-۱۲): شکل شماتیک، شرایط مرزی و ورودی جریان مغشوش بر روی پله عقب‌گرد ۷۱
شکل (۴-۱۳): شکل شماتیک بلوک بندی پله عقب‌گرد؛ دو بلوکی ۷۳
شکل (۴-۱۴): نحوه همگرایی مؤلفه های سرعت برای هندسه پله عقب‌گرد ۷۳
شکل (۴-۱۵): نمودار مقایسه مقدار زمان و حافظه مصرفی حالت‌های مختلف برای هندسه پله عقب‌گرد ۷۵
شکل (۴-۱۶): بردارهای سرعت برای چیدمان‌های مختلف اغتشاشی بلوک‌بندی هندسه پله عقب‌گرد ۷۶
شکل (۴-۱۷): خطوط جریان برای چیدمان‌های مختلف اغتشاشی بلوک‌بندی هندسه پله عقب‌گرد ۷۷
شکل (۴-۱۸): مقایسه پروفیل‌های سرعت u در مقاطع طولی مختلف پس از پله برای بلوک‌بندی اغتشاشی مختلف با نتایج تجربی کیم. ۷۹
شکل (۴-۱۹): مقایسه پروفیل‌های انرژی جنبشی اغتشاشی k در مقاطع طولی مختلف پس از پله برای بلوک‌بندی‌های اغتشاشی مختلف با نتایج تجربی کیم. ۸۰

E_i, F_i, G_i	شارهای غیرلزج در جهات x, y, z در دستگاه مختصات دکارتی
E_v, F_v, G_v	شارهای لزج در جهات x, y, z در دستگاه مختصات دکارتی
g	شتاب گرانشی
H	ارتفاع پله
i, j, k	بردارهای یکه در دستگاه مختصات دکارتی
k	انرژی جنبشی اغتشاشی
l	طول اغتشاش
n	گام زمانی
P	فشار استاتیکی
Q	بردارهای اولیه در دستگاه مختصات دکارتی
$\bar{Q}$	بردارهای اولیه در دستگاه مختصات محاسباتی
Re	عدد رینولدز
S_{ij}	تانسور نرخ کرنش متوسط
$\widehat{S}_{ij}$	مشتق برشی نظیر S_{ij}
t	زمان
u, v, w	مؤلفه های سرعت در جهات اصلی
u^+, v^+	کمیت بی‌بعد سرعت
$VF(J)$	شار سرعت v در مرز بین بلوکی در جهت y
x, y, z	جهات اصلی دستگاه مختصات دکارتی
X_r	طول نقطه اتصال مجدد
y^+	کمیت بی‌بعد مکان

علائم یونانی

δ_{ij}	دلتای کرانکر
ε	نرخ اتلاف انرژی جنبشی اغتشاشی
μ	ویسکوزیته
ρ	چگالی

τ زمان اتلاف اغتشاش

τ_{ij} تنش برشی

ν لزجت سینماتیک

Φ متغیر جریان (سرعت، فشار, دما و ....)

ω نرخ اتلاف ویژه انرژی جنبشی اغتشاشی

ω_{ij} تانسور ورتیسیته متوسط

بالانویس‌ها

$^{+}$ بی‌بعد

$^{-}$ مقدار متوسط

$^{/}$ مقدار نوسانی

پایین‌نویس‌ها

$_{T}$ جریان اغتشاشی

$_{\circ}$ جریان آزاد

فصل اول

روش چند بلوکی

۱-۱- مقدمه

با اختراع کامپیوتر و افزایش قابلیت‌های آن، به مرور زمان در جنبه‌های مختلف علمی مورد استفاده قرار گرفت. در مکانیک سیالات هم با به‌کارگیری توانایی‌های محاسباتی کامپیوتر و حل معادلات حاکم بر جریان سیال اقدام به شبیه سازی و پیش بینی ویژگی‌های گوناگون جریان و اثرات آن می‌کنند که تحت عنوان دینامیک سیالات محاسباتی[1] نامیده می‌شود. با پیشرفت‌های صورت گرفته دامنه کاربردهای دینامیک سیالات محاسباتی روز به روز در حال افزایش است، برای مثال می‌توان به بررسی مسائلی چون اثرات فرسایشی باد بر بناهای مهم باستانی [۱]، ارتعاشات القا شده توسط جریان باد بر ساختمان‌های بلند [۲] اشاره نمود. برای تحلیل عددی جریان سیال روش‌های متعددی پیشنهاد و به انجام رسیده است که هر یک از آنها مزایا و معایب خاص خود را دارند. یکی از کاربردی‌ترین و انعطاف‌پذیرترین آنها، روش چند بلوکی[2] می‌باشد که با اعمال آن قابلیت برنامه به نحو چشمگیری افزایش

[1] CFD
[2] MultiBlock Method

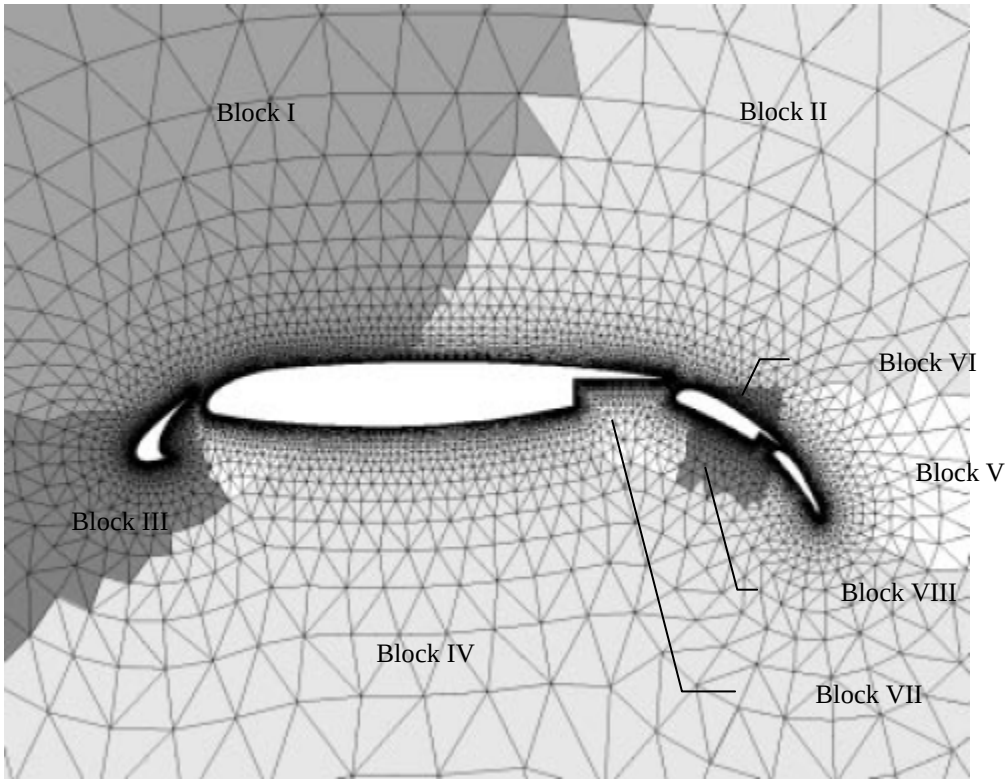
می‌یابد تا آنجا که اعمال روش چند بلوکی به یک برنامه تک‌بلوکی باعث می‌شود تا این برنامه از حالت تحقیقاتی صرف به یک برنامه کاملاً کاربردی تبدیل گردد.

همان‌گونه که در شکل (۱-۱) مشاهده می‌شود، در این روش میدان جریان به ناحیه‌ها یا بلوک‌های جداگانه افراز و در هر بلوک شبکه محاسباتی مناسب تولید می‌گردد. با حل میدان در هر بلوک میدان جریان نیز حل می‌شود. اطلاعات سایر بلوک‌ها در هنگام پردازش هر بلوک توسط کامپیوتر در حافظه جانبی ذخیره می‌گردد. بدین‌سان محدودیت تعداد نقاط شبکه کمتر شده و زمان انجام حل معادلات و حافظه مورد نیاز نیز کاهش چشمگیر می‌یابد.

استفاده از روش چند بلوکی از زوایای گوناگون قابل بررسی است که شاخص‌ترین آنها عبارتند از:

۱- تولید شبکه بر روی هندسه‌های پیچیده؛ از بزرگترین مشکلات در حل جریان، تولید شبکه منظم روی بدنه و حول جسم به روش تفاضل محدود می‌باشد، خصوصاً هنگامی‌که هندسه مورد نظر پیچیده باشد تولید شبکه منظم یا سازمان یافته[1] روی بدنه و نیز تولید شبکه سه بعدی روی میدان به سختی انجام می‌پذیرد. بدون تردید بهترین و کاربردی‌ترین راه غلبه بر این مشکل، استفاده از روش چند بلوکی می‌باشد. در این روش هندسه مورد نظر به چندین بلوک کوچک و ساده تقسیم می‌گردد. این نواحی به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که ساده‌ترین شکل هندسی را تا حد امکان داشته باشند و بتوان هر بلوک را با یک یا چند نوع المان خاص مش‌بندی نمود. پس از تقسیم هندسه به قسمت‌های ساده، تولید شبکه سطحی و میدان روی این بلوک‌های ساده صورت می‌گیرد و میدان سیال در هر بلوک به طور جداگانه حل می‌گردد.

[1] Structured Grid



شکل (۱-۱): شبکه‌بندی سه بلوکی حول ایرفویل NACA4412 [۳]

۲- استفاده از معادلات و مدل‌های خاص در بخشی از هندسه مورد نظر؛ در تحلیل جریان بر روی برخی از هندسه‌ها، در قسمتی از آن می‌توان به‌جای استفاده از معادلات کامل جریان از معادلات ساده شده جریان و یا در جریان‌های مغشوش، از مدل‌های اغتشاشی مرتبه پایین استفاده نمود. در روش تک بلوکی امکان استفاده از معادلات و مدل‌های خاص در بخشی از هندسه وجود ندارد ولی در روش چند بلوکی می‌توان با تقسیم‌بندی هندسه مورد نظر به چندین بلوک، با توجه به مشخصات و شرایط هر بلوک از معادلات و مدل‌های خاصی در آن بلوک استفاده نمود که این قابلیت سبب کاهش مدت زمان اجرای برنامه و حافظه مورد نیاز می‌گردد.

۳- امکان پردازش موازی[1]؛ یکی از مزایای اصلی روش چند بلوکی، قابلیت این روش برای پردازش موازی می‌باشد. به این صورت که کافی است تا هریک یا تعدادی از بلوک‌های ایجاد شده را بر روی یک کامپیوتر جداگانه تحلیل نموده و اطلاعات مورد نیاز روی مرزها را بین کامپیوترها منتقل نمود.

۴- کاهش زمان مورد نیاز برای حل میدان جریان مورد نظر؛ استفاده از روش چند بلوکی برای کاهش زمان مورد نیاز یک امر بدیهی است. زیرا با استفاده از این روش، به‌جای حل همزمان معادلات برای تمام گره‌ها در کل شبکه، در یک گام خاص فرآیند تحلیل فقط در گره‌های یک بلوک صورت می‌گیرد و در نتیجه زمان لازم برای حل عددی جریان مورد نظر کاهش می‌یابد.

۵- کاهش حافظه مورد نیاز برای حل میدان جریان مورد نظر؛ در تحلیل جریان بر روی برخی از هندسه‌ها، نیاز به تولید شبکه با ابعاد بزرگ و فاصله شبکه بسیار ریز می‌باشد. این موضوع سبب می‌گردد تا شبکه تولید شده بسیار بزرگ بوده به نحوی که برای حل جریان در آن به حافظه زیادی نیاز می‌باشد. در هنگامی‌که هندسه مورد نظر نیز پیچیده باشد، عملاً حافظه کافی برای محاسبات کامپیوتری در دسترس نخواهد بود. به علاوه به دلیل سختی تولید مش پوشاننده بدنه برای یک هندسه پیچیده، شبکه-های چند بلوکی با استفاده از مش پوشاننده بدنه توسعه یافتند[۴]. بنابراین یکی از مهمترین انگیزه‌هایی که سبب گردید روش چند بلوکی مورد مطالعه قرار گیرد، غلبه بر مشکل بیان شده می‌باشد. به این گونه که با تجزیه هندسه مورد نظر به بلوک‌های مناسب، در هر لحظه تنها یک بلوک حل شده و اطلاعات مربوط به سایر بلوک‌ها در حافظه جانبی کامپیوتر ذخیره می‌گردد.

۱-۲- تاریخچه روش چند بلوکی و مروری بر کارهای گذشته

تحلیل جریان حول اجسام پیچیده هندسی با به‌کارگیری روش‌های مختلف حل عددی نیازمند تولید شبکه سازمان‌یافته و بلوک‌بندی میدان اطراف جسم است. با آن‌که برنامه‌نویسی و تولید شبکه چند

[1] Parallel Processing

بلوکی حول جسمی پیچیده، بسیار پر زحمت است اما حل میدان جریان را به مراتب سریع و کارآمد می‌کند. در نتیجه به علت مزایای روش چند بلوکی، محققین با به‌کارگیری آن به همراه مدل‌های مختلف و روش‌های شبکه‌بندی محدوده جریان اقدام به پژوهش‌های مورد نظر خویش نمودند. شبکه‌های سازمان‌یافته چند بلوکی در دهه هشتاد میلادی، به دنیای دینامیک سیالات عددی وارد شد و بیشتر کاربردهای واقعی همچنان براساس این نوع شبکه است. مقاله ویدریل[۱] و فورسی[۲] [۵] برای اولین بار توجه همه را به نظریه چند بلوکی سازمان یافته جلب نمود. در اواسط دهه هشتاد، میکی[۳] و همکارانش [۶] و نیز ویدریل و همکارانش [۵] دو نوع شبکه‌بندی چند بلوکی سه بعدی روی اجسام پیچیده انجام دادند. تامسون[۴] [۷] نشان داد که میزان اختیار و سرعت در چیدمان بلوک‌ها، مستقیماً روی مدت زمان لازم برای تولید شبکه چند بلوکی تاثیر می‌گذارد. بویرستول[۵] و همکارانش [۸] نشان دادند که تولید شبکه مناسب اولین و مهمترین وظیفه در شبیه سازی میدان چند بلوکی است و در سه مرحله؛ بلوک‌بندی میدان جریان و تعیین مشخصات هندسی هر بلوک، تولید شبکه درون بلوک‌ها و بهینه‌سازی کل شبکه انجام می‌پذیرد. شانفلد[۶] [۹] به این نتیجه رسید که بلوک‌بندی بهینه میدان جریان چندین ماه به طول می‌انجامد و تقریباً ۷۰ درصد از زمان لازم برای تحلیل عددی جریان حول اجسام پیچیده، صرف ایجاد شبکه می‌گردد.

چگونگی محاسبه متغیرهای جریان بر روی مرزهای بین بلوکی و چگونگی تبادل اطلاعات میان بلوک‌های مجاور یکی از مسائل اساسی در روش چند بلوکی می‌باشد. جای وک کیم[۷] و همکارانش [۱۰]،درستی و امکان پذیری شرایط سطح مشترک برای محاسبات چند بلوکی مرتبه بالا روی شبکه‌های باسازمان شامل نقاط تکین را بررسی نمودند. با تجزیه محدوده محاسباتی به بلوک‌هایی در طول خطوط

[1] Weatherill
[2] Forsey
[3] Miki
[4] Thompson
[5] Boerstoel
[6] Schonfeld
[7] Jae Wook Kim

تکین به گونه‌ای که هیچ نقطه تکینی در هیچ بلوکی وجود نداشته باشد و تحمیل شرایط سطح مشترک در سطوح مشترک بلوک‌ها برای ارتباطات بین بلوک‌ها، نوسانات عددی جدی حاصل از وجود نقاط تکین (سینگولاریتی) را در شبکه، خصوصاً هنگام استفاده از طرح‌های تفاضل محدود مرتبه بالا برای حل فرم پایستار معادلات حاکم در مختصات تعمیم یافته، رفع کردند. آنها مجموعه‌ای از طرح‌های تفاضل محدود مرتبه بالا را در هر بلوک بکار بردند: تفاضل مرکزی در گره‌های داخلی و تفاضل‌های یک سویی در گره‌های نزدیک سطح مشترک. برای ارتباطات بین بلوک‌های مجزا شده، شرایط سطح مشترک را از روابط مشخصه معادلات تراکم پذیر اولر یا ناویر- استوکس مشتق کردند. در نتیجه هر بلوک بدون سینگولاریتی و نقاط تکین مجزا و عایق شد، که موجب جلوگیری از نوسانات عددی گردید.

در زمینه استفاده از روش چند بلوکی برای موازی‌سازی، می‌توان به تحقیقات دریکاکیس[1] [۱۱] برای حل جریان تراکم‌ناپذیر سه بعدی درون کانال با خم ۹۰ درجه اشاره کرد، که یک روش چند بلوکی موازی را بر پایه یک طرح بالاوزش[2] مرتبه سه توسعه داد و فرمول‌بندی تراکم پذیری مصنوعی برای اتصال معادلات پیوستگی و مومنتم، و نیز یک طرح رانج- کوتای صریح را جهت انتگرال زمانی به کار گرفت. او برای موازی سازی روش از حافظه اشتراکی استفاده کرد. برای بررسی عملکرد روش چند بلوکی موازی، شبکه‌های با اندازه متفاوت و تعدادی از پردازنده‌ها را مورد استفاده قرار داد. همچنین دی‌سرافینو[3] [۱۲] در تحلیل معادلات اویلر دو بعدی حول ایرفویل NLR7301 و تسای[4] و همکارانش [۱۳] برای تحلیل جریان تراکم‌ناپذیر دو بعدی حول ایرفویل NACA0012 با شبکه‌بندی متحرک از روش چند بلوکی برای موازی‌سازی استفاده نمودند.

[1] Drikakis
[2] upwind
[3] Di Serafino
[4] Tsai