

# شبیه‌سازی الگوی شاره ناشی از باد در خزر جنوبی

فاطمه‌بشار تلو

دبیر دبیرستان‌های شهرستان گنبد کاووس

چکیده

اقتصادی و سیاسی و نظامی بحث استفاده از انرژی‌های نو و جایگزینی به جای انرژی فسیلی به دلایل زیست‌محیطی همچنین به دلیل کم شدن منابع فسیلی در آینده نه چندان دور پژوهشگران را بر آن داشته است که هرچه بیشتر به دنبال شناخت و استفاده از این منبع انرژی باشند. منطقه امیرآباد یکی از مناطق مهم در دریای خزر محسوب می‌شود که از شمال و شرق به آب‌های دریای خزر و از جنوب به شهرستان بهشهر و از غرب به نیروگاه نکا منتهی می‌شود. پیش‌بینی می‌شود این بندر در آینده به عنوان مهم‌ترین بندر تجاری کشور در دریای خزر مطرح خواهد شد.

نبود اطلاعات و داده‌های منظم جهت بررسی شرایط اولیه و نداشتن اطلاعات هیدرودینامیکی در آب‌های منطقه و همچنین امکان مقایسه نتایج محاسباتی با واقعیات و اندازه‌گیری میدانی از موانع تحقیقات بر روی این منطقه است. فرایندهای هیدرودینامیکی به‌طور مستقیم در بوم‌شناسی، شیلات، زیست‌شناسی دریا مؤثرند. یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای برآورد پارامترهای هیدرودینامیکی مدل‌سازی است. از کارهای انجام شده می‌توان به بررسی مدل تولید سه‌بعدی جریان توسط فدوی حسینی در سال ۱۳۷۷ اشاره کرد که در آن تغییرات در میدان تنش باد، چینه‌بندی چگالی پایدار و ضریب پخش و پارامتر کوریولیس ثابت فرض شده است. میدان دمایی اولیه از اطلاعات و گزارش‌های موجود در حوزه‌های شمالی، میانی و جنوبی از گشت دریایی سال ۱۳۷۴ استفاده شده است. پخش پیچکی، تکانه عمودی و افقی و پخش گرمایی از

این تحقیق یک مدل عددی سه‌بعدی برای پیش‌بینی سرعت جریان و گردش آب ناشی از وزش باد، در منطقه امیرآباد در حوزه دریای خزر، ارائه می‌دهد و نتایج حاصل از آن در مقایسه با مشاهدات مورد بحث قرار می‌گیرد. این مدل بر اساس معادله‌های حاکم بر جریان و با استفاده از روش تفاضل محدود با فرض  $\Delta X$  و  $\Delta Y$  ثابت و  $\Delta Z$  متغیر استوار است.

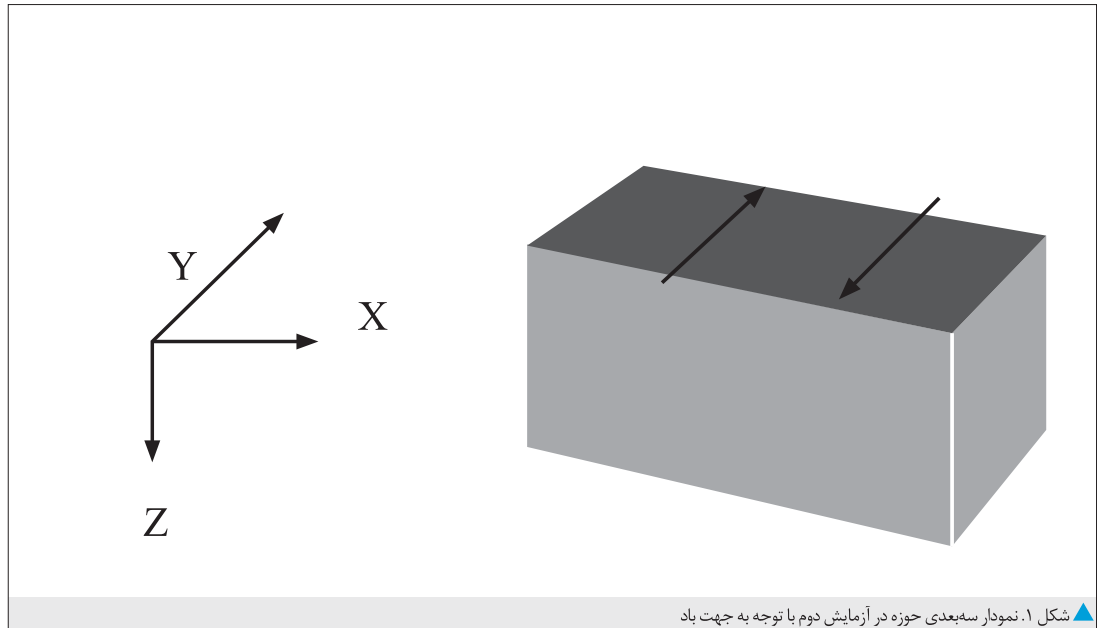
شبکه‌بندی حوزه در سطح افق به ابعاد  $100 \times 100$  متر مربع و در جهت قائم در چهار لایه با ضخامت‌های متغیر از سطح به کف به ترتیب ۵ و ۱۵ و ۲۵ و بالاتر از ۲۵ در نظر گرفته شده است. از پارامتر کوریولیس ثابت و همچنین از فرضیاتی مانند تقریب هیدرواستاتیک و بوسینسک استفاده شده است. دما در این تحقیق ثابت در نظر گرفته می‌شود. نتایج حاصل از حل مدل نشان می‌دهد که اندازه میانگین سرعت جریان  $10$  سانتی‌متر بر ثانیه است که با اندازه‌گیری‌های سازمان بنادر در زمان مشابه ارزیابی خوب و خطای کمی را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار سرعت جریان در ناحیه مرکزی و غربی و کمترین مقدار سرعت جریان در نواحی جنوبی حوزه است.

**کلیدواژه‌ها:** جریان ناشی از باد، روش تفاضل‌های

محدود، مدل عددی، تقریب هیدرواستاتیک و تقریب بوسینسک

**مقدمه**

بشر همواره به دریا و اقیانوس به عنوان منابعی که می‌تواند نیازهای حال و آینده او را تأمین کند توجه خاص داشته است. به‌ویژه در دهه اخیر که علاوه بر مسائل



منطقه امیرآباد را تحلیل و بررسی کرد. همچنین شرایط مرزی و اولیه به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

۱: سرعت جریان در مرزهای خشکی صفر در نظر گرفته می‌شود ولی سرعت جریان در مرزهای آبی صفر نیست.

$$(u.n = 0 \text{ و } \Psi = 0)$$

۲: سرعت باد در مرز را نمی‌توان صفر در نظر گرفت.  
 ۳: فرض تقریب بوسینسک صادق است یعنی از تغییرات چگالی در جهت افقی صرف‌نظر می‌شود به جز در جاهایی که شناوری تأثیر دارد.

۴: ضرایب اصطکاک بستر  $(A_z = 1/56 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s})$  و اصطکاک در سطح  $(A_x, A_y = 224 \text{ m}^2/\text{s})$  است. این مقادیر از مدل نسیمی در دریای خزر استخراج گردیده است.

۵: دما در این مطالعه در نظر گرفته نمی‌شود.  
 ۶: محدوده مورد مطالعه را در ۴ لایه بررسی می‌کنیم.  
 ۷: پارامتر کوریولیس ثابت در نظر می‌گیریم.  
 نسیمی برای آزمایش مدل مکعب‌مستطیلی فرضی با ابعاد مشخص را در نظر گرفته و باد را در دو جهت مخالف هم مطابق شکل (۱) اثر داده و خروجی جریان را مانند شکل‌های (۲) و (۳) برای لایه اول و سوم به دست آورد.

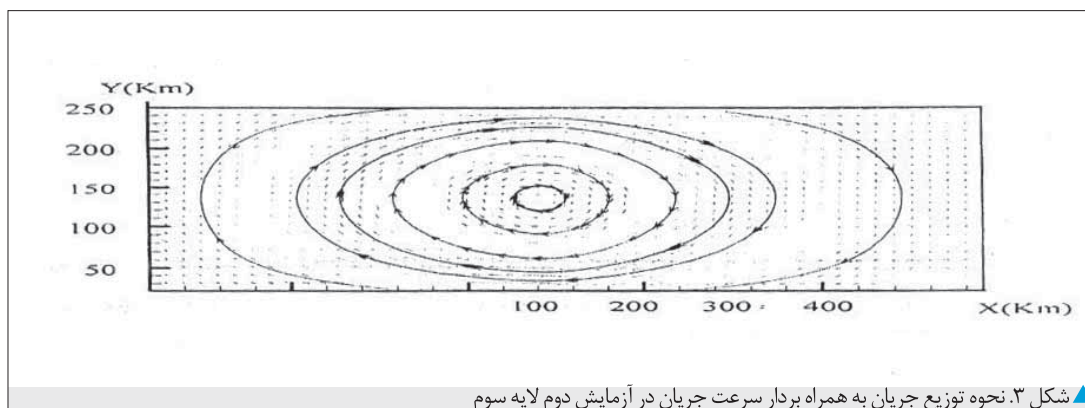
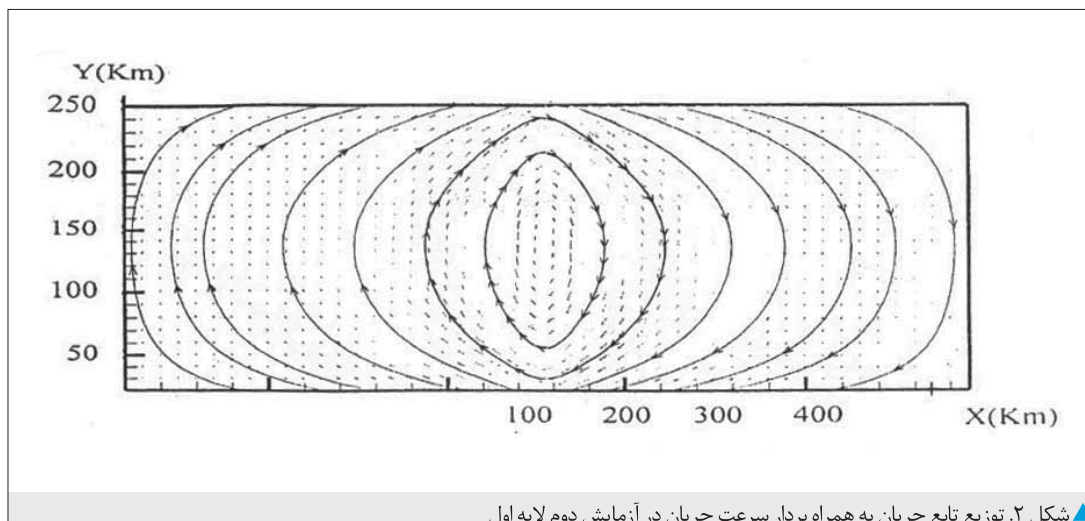
### بحث

نتایج حاصل از حل عددی این مدل نشان می‌دهد که گردش آب در این منطقه تحت تأثیر باد و توپوگرافی منطقه و عمق لایه‌ها است. این مدل کوششی برای پیش‌بینی ساختار فیزیکی سه‌بعدی و برهم کنش جو با دریا در مورد

فرمول مانک - اندرسون محاسبه شده است. شبکه افقی یکنواخت به ابعاد  $50 \times 50$  کیلومتر و در جهت قائم در ۶ لایه به ترتیب از سطح تا عمق ۵۰، ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۸۰۰ متر در نظر گرفته شده است که جریان‌ها و ساختار دما را در دریای خزر نشان می‌دهد. [۲]

همچنین می‌توان به مدل سه‌بعدی گردش آب با الگوی باد متغیر در دریای خزر توسط نسیمی در سال ۱۳۸۳ اشاره کرد که در آن مدل شتاب گرانی ثابت و بستر دریا بدون حرکت فرض شده است. بنابراین تنها نیروهای اصطکاک، گرادیان فشار و کوریولیس در معادله‌ها حاکم خواهد بود. با فرض غیرقابل تراکم بودن شماره، تغییرات افقی چگالی حذف ولی تغییرات قائم آن با جمله گرانی (تقریب بوسینسک) در نظر گرفته می‌شود. شار گرمایی در سطح و کف صفر در نظر گرفته شده است و کوریولیس متغیر در نظر گرفته شده است. واحد شبکه‌بندی افقی در سطح و در لایه‌های افقی زیرین مربعی به ابعاد  $10 \times 10$  کیلومتر مربع است. شبکه‌بندی قائم با فاصله بین لایه‌های افقی متغیر در نظر گرفته شده است و ضخامت لایه‌ها برحسب متر از بالا به پایین به ترتیب ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و بالاتر از آن است. علت انتخاب لایه‌های سطحی با ضخامت ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ متر به جهت بررسی تأثیر باد در لایه‌های سطحی بوده است. تعداد کل اجزا  $19480$  در کل حوزه است و همچنین الگوی باد متغیر با زمان در نظر گرفته شده است. [۳]

هدف بررسی حاضر این است که با استفاده از مدل نسیمی در دریای خزر بتوان جریان‌های ناشی از باد در



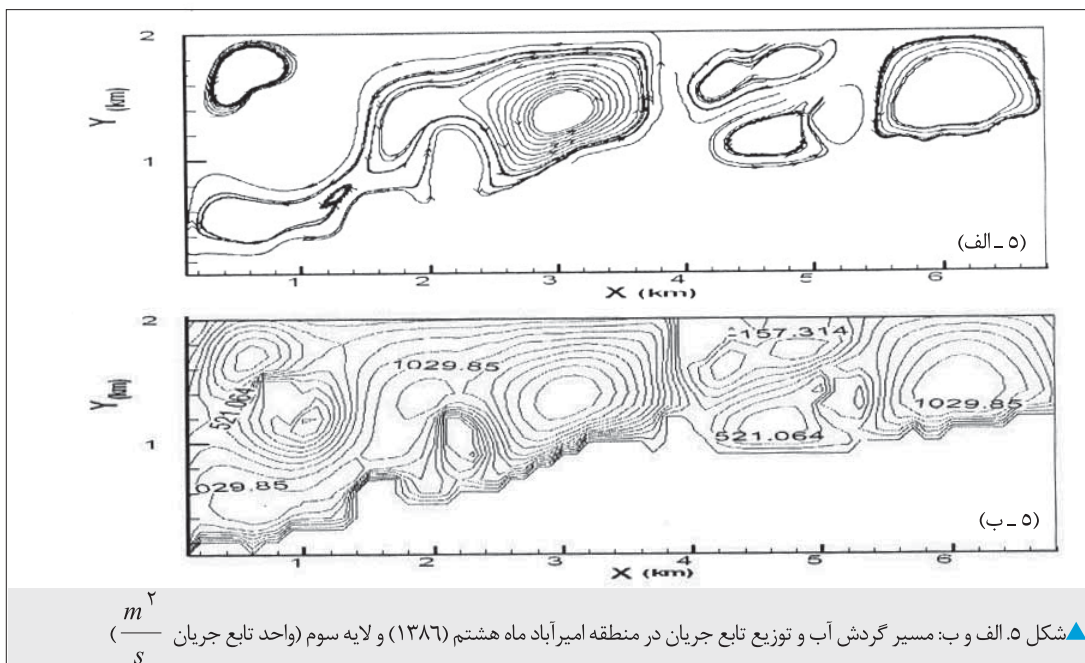
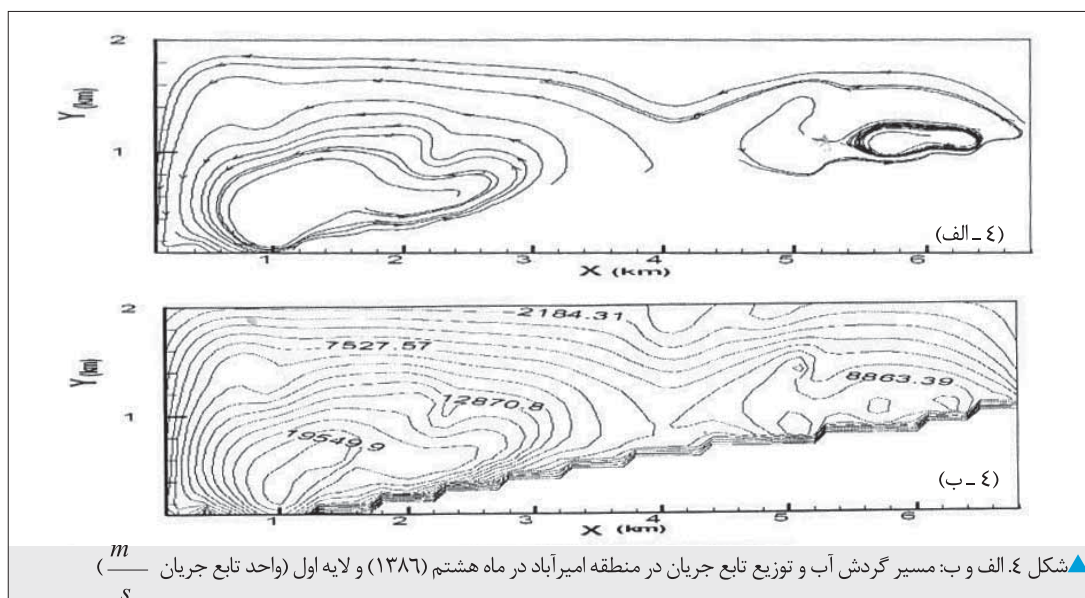
چندانی مشاهده نمی‌شود. بنابراین، نتیجه مدل ما دارای خطای بالایی نبوده و قابل قبول است.

### نتایج

برای به دست آوردن سرعت جریان در هر منطقه‌ای یکی از مهم‌ترین عوامل آمار باد است که اگر این آمار به صورت فاصله زمانی کمتر (یک ساعت به یک ساعت) در اختیار باشد نتیجه بهتر حاصل می‌شود. این تحقیق را می‌توان با نمونه دیگری مقایسه کرد از حل عددی جریان در حالت پایا که توسط نسیمی [۱۳۸۳] انجام شده است. در مدل ارائه شده شبکه‌بندی افقی با تفکیک مکانی بهتر  $100 \times 100$  متر مربع (نسبت به مدل نسیمی) و شبکه‌بندی قائم ۴ لایه باعث شده تا بتوان وضعیت سرعت‌ها را در لایه سطحی مورد ارزیابی قرار داد. افزایش تعداد اجزای موجود در منطقه قابل توجه است. مدل ارائه شده وابسته به زمان نیست و می‌تواند گردش آب به صورت سه‌بعدی را نمایش دهد.

این منطقه است. در شکل‌های (۴-الف و ب) و (۵-الف و ب) حاصل از حل عددی مدل ارائه شده وجود چرخه‌های پاد ساعتگرد در نقاط مختلف حوزه امیرآباد را نمایش می‌دهد. با توجه به اینکه در تحقیق ارائه شده، اجزای سطح بیشتر است، پوشش بیشتری از اطلاعات را در اختیار ما قرار می‌دهد. در مدل‌های قبلی ارائه شده توسط فدوی حسینی و نسیمی چرخه‌های پاد ساعتگرد که وابسته به شرایط حوزه، جهت و تداوم وزش باد و هیدروگرافی دریاست، نیز مشاهده شده است. همچنین مقادیر تابع جریان در غرب حوزه بیشتر از بقیه مناطق است که گویای این است که سرعت جریان‌ها نیز در مناطق مذکور بیشتر و همچنین با افزایش عمق در لایه دوم (شکل ۵-الف و ب) با توجه به کم شدن مقادیر سرعت جریان کاهش سرعت پدیدار می‌شود.

در جدول شماره (۱) بین داده‌های موجود در گزارش سازمان بنادر و دریانوردی و داده‌های مدل منطقه امیرآباد که براساس تجربه و تحلیل ریاضی انجام شده است اختلاف



#### ← منابع

۱. سازمان بنادر و دریانوردی، مطالعات شبیه‌سازی ریاضی رسوب‌گذاری بندر امیرآباد
۲. فدوی حسینی، ه.، ۱۳۷۸، مدل سه‌بعدی جریان دریای خزر، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۳. نسیمی، س.، ۱۳۸۳، مدل سه‌بعدی گردش آب بالگوی باد متغیر در دریای خزر، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
4. Shore protection manual. 2001 volume 1

جدول ۱. مقایسه اندازه‌گیری‌های سرعت انجام شده در منطقه امیرآباد توسط مدل و گزارش سازمان بنادر و دریانوردی [۱]

موقعیت جریان سنج	اندازه‌گیری میدانی (m/s)	اندازه‌گیری مدل (m/s)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
CM۱	۰/۰۹	۰/۱	۵۳، ۲۱، ۳۶	۵۱، ۳۶، ۴۸
CM۲	۰/۱۵	۰/۱	۵۳، ۲۲، ۲۷	۳۶، ۵۱، ۵۵
CM۳	۰/۰۸	۰/۱	۵۳، ۲۶، ۰۶	۴۵، ۵۱، ۴۵
CM۴	۰/۱۲	۰/۱	۵۳، ۲۰، ۲۸	۳۶، ۵۲، ۰۲
CM۵	۰/۱۵	۰/۱	۵۳، ۲۲، ۲۷	۳۶، ۵۱، ۴۵

#### سیاس‌گذاری

در اینجا لازم است از اداره کل هواشناسی و سازمان بنادر و دریانوردی استان مازندران کمال تشکر و سپاس‌گذاری به عمل آید.