تحلیل میدان توزیع دما در مجاورت خروجی و ورودی نیروگاه حرارتی ساحلی (نیروگاه پره‌سر)

سیده صفورا صدیق مروستی[۱]* ، سعیدرضا صباغ یزدی[۲] ، امیر حسین جاوید[۳]

[۱] دانشجوی دکتری فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران؛ safoora.seddigh@gmail.com
[۲] دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ SYazdi@kntu.ac.ir
[۳] دانشیار دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران؛ Ahjavid @gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۵/۲۹
تاریخ انتشار مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۳۱

کلمات کلیدی:
NASIR
نیروگاه ساحلی
حجم محدود
توزیع دما

چکیده

جانمایی صحیح آبگیر نیروگاه جهت عدم آبگیری از آب گرم تخلیه شده و در نتیجه افزایش راندمان از مهمترین مسائل در طراحی است. در این تحقیق مطالعات پخش گرما در نیروگاه پره سر با استفاده از شبیه سازی عددی انجام شده است. نرم افزار NASIRکه تاکنون ماجولهای متنوع آن برای تحلیل کامپیوتری مسائل علمی و صنعتی مختلفی مثل جریانات دریائی و ساحلی و یا جریان ناشی از ورودی رودها، تبخیر، چرخش زمین و باد بکار برده شده‌اند، میتواند برای تحلیل دمای آب در اثر شرایط مختلف زمانی و مکانی استفاده شود. این مدل برای یک نیروگاه نمونه با اعمال شرایط مرزی ورود جریان مناسب و جریان جت خروجی برای پیش بینی میدان دما در محیط آبی مجاور نیروگاه ارزیابی می‌شود. در این تحقیق آلودگی گرمایی ناشی از نیروگاه حرارتی پره سر با مدل فوق مورد بررسی قرار گرفته است و محدوده‌ای که تحت تأثیر آلودگی گرمایی قرار می‌گیرد با قوانین و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه می‌شود.

Analytical Evaluation of the Thermal Diffusion near the Intake/Outlet of a Coastal Thermal Power Plant (PARESAR Power Plant)

SeyedehSafoura Seddigh Marvasti[1]*, Saeed Reza Sabbagh-Yazdi[2] , Amir Hosein Javid[3]

[1]PhD Student, Faculty of Marine Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University; safoora.seddigh@gmail.com
[2]Associate Professor, Civil Engineering Department, KNToosi University of Technolog; SYazdi@computermail.net
[3]Associate Professor, Marine Science Faculty. Science and Research Branch, Islamic Azad Universit; Ahjavid@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 11 Dec. 2012
Accepted: 20 Aug. 2013
Available online: 22 Sep. 2013

Keywords:
NASIR
Coastal power plant
Finite volume
Diffusion equations

ABSTRACT

In this study, NASIR program is implemented to numerically simulate the temperature field near the intake/outlet of Paresar thermal power plant and assess the environmental provisions. According to low depth of coastal regions, two-dimensional depth-average governing equations and convection and temperature diffusion relationships are considered and solved by a finite volume method in NASIR program. Coastal boundary condition, currents and out-let discharges of the power plant are considered in the modeling and the performance of the numerical method is estimated in the coastal region near the thermal power plant to assess the excess water temperature. According to the current environmental provisions, the efficiency of the intake/outlet system is evaluated.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

۱- مقدمه

شناخت و مطالعه مشخصات جریان در رودخانه‌ها و سواحل دریاها یکی از موضوعات مهم است که در طراحی انواع مختلف سازه‌های مرتبط با آنها و همچنین طرح‌های ساماندهی کاربرد دارد. یکی از مسائل مهم و کاربردی در حوزهٔ جریانهای با سطح آزاد در سواحل و دریاها، مطالعهٔ چگونگی پخش موادی است که از طریق سازه‌های دریایی وارد آب دریا می‌شوند. در این حالت یکی دیگر از عوامل مهم روی جریان‌های دریایی رفتار سیال با شناوری و اندرکنش آن با جریانهای دریایی است. از جملهٔ موارد مشابه می‌توان به مسأله نیروگاه‌های حرارتی اشاره نمود. در نیروگاه‌های حرارتی، آب گرم خروجی سیستم خنک کنندهٔ نیروگاه توسط کانالی به عمق مورد نظر در دریا منتقل شده و سپس از طریق لوله‌های تعبیه شده تخلیه می‌گردد و سبب شکل‌گیری فرآیندی نسبتاً پیچیده از دیدگاه هیدرودینامیک می‌شود. حل دقیق این فرایند از چند جنبه مورد توجه است. در وهلهٔ اول به سبب وجود ضوابط محیط زیستی مرتبط با حداکثر افزایش دمای مجاز آب، اطلاع از میزان افزایش دمای آب برای برآورده ساختن این ضوابط مورد نیازاست. در وهلهٔ دوم اطلاع از مکانیزم دقیق برخورد آب خروجی از نیروگاه با آب پذیرنده برای محاسبهٔ دقیق میزان کاهش دمای آب خروجی نسبت به آب ورودی برای به حداکثر رساندن راندمان نیروگاه، مورد نیاز است و از پارامترهای اصلی طراحی نیروگاه محسوب می‌گردد.

مدل سازی آلودگی حرارت در اطراف پخشاننده‌ها هم بصورت دوبعدی و هم بصورت سه بعدی می تواند صورت گیرد. با عنایت به کم عمق بودن منطقه مورد بررسی در این مطالعه، معادلات حاکم بر جریان به همراه معادلهٔ انتقال و پخش دما با بکارگیری مدل عددی دو بعدی نرم افزار NASIR[1] در صفحهٔ افقی با بهره گیری از روش حجم محدود حل شده و بکار گرفته شده اند [۱]. در این تحقیق از آزمایش‌های که توسط کیم و سیو (۲۰۰۰) برای مطالعهٔ خصوصیات اختلاط پخشانندهٔ چند تایی انجام شده است استفاده گردیده و جوابها با نتایج آن مقایسه شده‌اند [۲].

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

اغلب مقالات موجود در مورد این موضوع مربوط به مدلسازی عددی است که در آنها مطالعهٔ آلودگی حرارتی در اطراف یک پخشاننده چند تایی هم بصورت دو بعدی و هم بصورت سه بعدی انجام شده است. در چند سال اخیر نگرش جدید به این موضوع باعث رشد تحقیقات در این زمینه شده است. همچنین بعضی افراد به صورت آزمایشگاهی در این مورد کار کرده‌اند. اما بررسی این موضوع به صورت اندازه گیری‌های میدانی بدلیل پیچیدگی زیاد آن، انجام نشده است.

اکثر تحقیقات انجام شده قبلی را می‌توان به چهار دسته کلی تقسیم نمود :

۱.مدلسازی عددی سه بعدی

۲.مدلسازی عددی دو بعدی در صفحهٔ قائم

۳. مدلسازی عددی دو بعدی در صفحهٔ افقی

۴.مطالعه به روش آزمایشگاهی

در زمینه مدلسازی عددی سه بعدی پلومهای گرمایی نیروگاهی، سو (۲۰۰۱) تحلیل عددی در میدان نزدیک با استفاده از نرم‌افزار سه بعدی کرمکس[2] در میدان دور با استفاده از روش اجزای محدود (دو بعدی میانگین عمقی) انجام داده و با داده‌های اندازه‌گیری مقایسه نموده اند [۳]. جیانگ و همکاران (۲۰۰۲)، مدلسازی خروجی‌های خنک کننده آب از ایستگاهی در کانادا را با استفاده از یک نرم افزار سه بعدی با روش تفاضل محدود انجام داده و با داده‌های اندازه‌گیری مقایسه نمودند [۴]. شفیعی فر و همکاران (۲۰۰۶)، مطالعات پخش حرارت در نیروگاه سیکل ترکیبی نکا را در میدان نزدیک با استفاده از نرم‌افزار سه بعدی فلونت[3] و در میدان دور با استفاده از نرم افزار مایک ۲۱[4] انجام داده اند [۵]. در زمینه مدلسازی عددی دو بعدی در صفحهٔ قائم و افقی، بوفن و همکاران (۲۰۰۶)، تحلیل عددی به روش تفاضل محدود انجام داده که مدل سازی آنها در صفحه قایم صورت گرفته است [۶]. عباس پور و همکاران (۲۰۰۵)، مدلسازی آلودگی حرارتی در مناطق ساحلی نیروگاه بندرعباس را با استفاده از نرم افزار دو بعدی مایک ۲۱ انجام داده اند [۷].

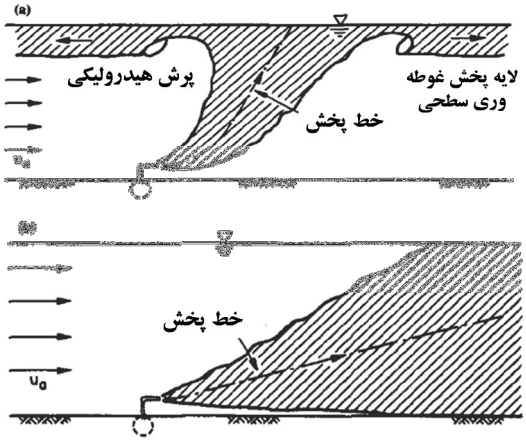
رزاقی (۱۳۷۸)، مدل دوبعدی پیش‌بینی توزیع حرارتی ناشی از نیروگاه اتمی بوشهر را با استفاده از روش تفاضل محدود ارائه داده است[۸].

در زمینه مطالعه به روش آزمایشگاهی، مندزدیاز و جیرکا (۱۹۹۶)، فلومی با مشخصات طول، عرض و عمق به ترتیب برابر ۰/۸۸، ۰/۷۷ و۲۰ متر را در یک کانال دارای آب ساکن آزمایش نمودند که پخشاننده ها بصورت ارابه متحرک است که در طول کانال حرکت می کند. شیب خط مرکزی انواع پلوم و ثبت ویدیویی انواع پلوم‌ها از جمله پارامترهایی بود که موفق به اندازه گیری آن شدند [۹].

کیم و سیو (۲۰۰۰)، در تحقیقی با عنوان مدلسازی اختلاف آب گرم خروجی از پخشاننده‌های چندتایی مستغرق، فلومی با مشخصات طول، عرض و عمق به ترتیب برابر ۰/۳۵، ۳/۵ و ۱۵متر را با پخشاننده های چندتایی که شامل خروجی‌هایی در یک جهت و موازی است، را تهیه نموده و کنتورهای بدون بعد دمای سطحی را در شرایط های مختلف رسم نمودند [۲].

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]



شکل ۱- (a) پلوم با انحراف کم، (b) پلوم با انحراف زیاد [۲]

۳- انتخاب روش مدلسازی بر اساس فیزیک پلوم گرمایی

پخش سیال شناور به دو حالت جت منفرد یا پخشاننده صورت می‌گیرد. اما همانطور که در جیرکا (۱۹۹۶) آمده است پلوم‌های حاصل از یکی شدن جت‌های منفرد به دو دسته طبقه بندی شده‌اند (شکل ۱) [۹].

پلوم‌هایی که انحراف آنها کم است ($F_a < 0.6$) و پلوم‌هایی که انحراف آنها زیاد است ($F_a > 1.0$). F_a عدد فرود است که هم به آب محیط و هم به آب جت خروجی مربوط می‌گردد:

$$F_a = u_a / j_o^{1/3} \qquad (۱)$$

u_a سرعت جریان در کانال و j_o شار شناوری در واحد طول است که برابر است با $j_o = u_o g'_o B$، در این رابطه $g'_o = g(\rho_o - \rho_a)/\rho_a$ شتاب جاذبه مؤثر است که در آن ρ چگالی آب سیال خروجی و ρ_a چگالی آب داخل محیط است. u_o سرعت جت خروجی و B عرض معادل پخشاننده است. در هر دو حالت خط مرکزی پلوم خط صافی است اما شیب آنها متفاوت بوده و با توابع مختلفی به F_a بستگی دارد.این موضوع از این حقیقت ناشی می‌شود که سرعت قائم پلوم ثابت و متناسب با $j_o^{1/3}$ است که منجر به یک مسیر با خط صاف می‌گردد. در حالت کلی شیب خط مسیر برای پلومی که با یک جریان محیطی u_a منحرف شده است از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$\frac{dz}{dx} = \frac{u_c}{u_a} \qquad (۲)$$

u_c سرعت خط مرکزی پلوم، z محور قائم و u_a سرعت محیط در جهت افقی است.

برای حالت منحرف شده ضعیف سرعت خط مرکزی پلوم متناسب با $j_o^{1/3}$ و شیب خط بصورت زیر است:

$$\frac{dz}{dx} = c_1 \frac{j_o^{1/3}}{u_a} \qquad (۳)$$

که با توجه به رابطه F_a می‌توان نوشت:

$$\frac{dz}{dx} = \frac{c_1}{F_a} \qquad c_1 = 0.36 \qquad (۴)$$

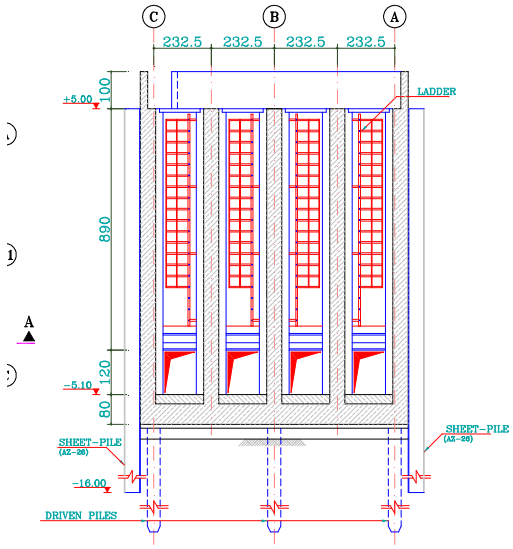
و در حالتی که پلوم انحرافش زیاد است، سرعت خط مرکزی برابر است با :

$$u_c = \left(\frac{j_o}{u_a}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (۵)$$

به همین ترتیب شیب خط برابر است با :

$$\frac{dz}{dx} = \frac{c_2}{F_a^{3/2}} \qquad c_2 < 0.24 \qquad (۶)$$

در نیروگاه پره سر خروجی‌ها مطابق شکل ۲ از ۴ دریچه به عرض ۰/۹متر و ارتفاع ۱/۲ متر تشکیل شده‌اند.



شکل ۲- دریچه‌های خروجی آب نیروگاه

برای محاسبه عرض معادل پخشاننده (B) لازم است که سطح پخشاننده‌های منفرد با یک شکاف طولی معادل شوند بدین منظور سطح کل خروجی (A) باید بر طول پخشاننده (L) تقسیم گردد تا عرض آن (B) بدست آید. بنابراین $A = 4 \times 1.2 \times 0.9 = 4.32$ و $B = \frac{A}{L} = 0.635$ خواهد بود.

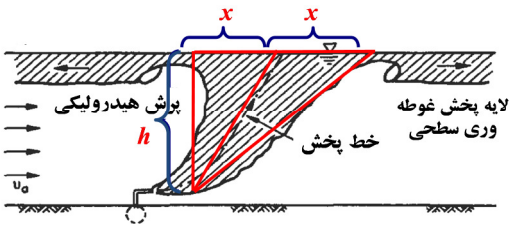
اگر با توجه به روابط، پارامتر بدون بعد F_a را برای منطقهٔ پره سر با فرض سرعت جریان محیط $u_a = 0.1\ m/s$ و سرعت جت خروجی $u_o = 5\ m/s$ محاسبه شود، $j_o = 5 \times 0.021 \times 0.635 = 0.068$ و $F_a = 0.1/0.068^{1/3} = 0.24$ خواهد شد. در این حالت، چون مقدار F_a از ۰/۶ کوچکتر است. لذا پلوم

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

گرمایی حاصل در منطقه پره سر در دسته اول یعنی پلوم‌هایی که انحراف آنها کم است، قرار می‌گیرد.

با توجه به شکل ۳، می‌توان محدودهٔ میدان نزدیک را بدست آورد. با توجه به اینکه مقدار F_a برای منطقه ۰/۲۴ محاسبه شده است و همچنین با توجه به عمق منطقه که ۵/۵ متر می باشد می‌توان مقدار x را برابر ۳/۶۷ متر بدست آورد و دو برابر این مقدار همان برابر ۷/۳۳ متر محدودهٔ میدان نزدیک است که در این محدوده دما روی جریان تأثیر می‌گذارد و ماهیت سه بعدی دارد و بعد از این محدوده دیگر دما روی جریان تأثیر ندارد و جوابهای دوبعدی قابل قبول است.



شکل۳- محاسبهٔ محدوده میدان نزدیک در اطراف خروجی نیروگاه پره سربا توجه به شکل پلوم

با توجه به اینکه محدودهٔ میدان نزدیک (حدود ۷ متر) نسبت به ابعاد منطقه در مدلسازی (حدود ۵ کیلومتر در ۷ کیلومتر) اندک است، از اثر میدان نزدیک صرفنظر می‌گردد و در میدان دور جریان دو بعدی با لایه‌بندی حرارتی وجود دارد.

بطور کلی فرآیند پخش دما در نزدیکی پخشاننده‌ها بدلیل خروج آب بصورت جت تلاطمی که دارای سرعت و دبی بالا بوده و همچنین بدلیل گرمتر بودن آن که باعث اختلاف چگالی می‌گردد، گرادیان سرعت‌ها و نیز گرادیان چگالی در پلان و در عمق بسیار شدید بوده و نمی‌توان از جریان‌های چرخشی در عمق و پلان صرفنظر کرد بنابراین رفتار حاکم بصورت سه بعدی است. علاوه بر آن باد و جریانات دریایی نیز از عوامل تاثیر گذار برالگوی پخش دما در اطراف خروجی‌ها می‌باشند، از طرفی مدلسازی این محدودهٔ وسیع بصورت سه بعدی نیازمند زمان اجرای زیاد برای مدل‌ها بوده و دارای هزینهٔ محاسباتی زیادی است. برای حل این مشکل یکی از تکنیک‌های متداول، تفکیک محدودهٔ مورد مطالعه به دو بخش جدا از هم یعنی میدان نزدیک و میدان دور است. از آن جایی که تئوری حاکم بر این دو محدوده متفاوت بوده و تحلیل این دو محیط، فرضیات مختلفی را می‌طلبد نحوهٔ حل آن‌ها نیز متفاوت خواهد بود. در این تکنیک حل دقیق تر سه بعدی در ناحیهٔ نزدیک به خروجی انجام می‌شود و بعد از کاهش ماهیت سه بعدی جریان محدودهٔ تحت بررسی که معمولاً محدودهٔ بسیار بزرگتری است به روش دو بعدی که از نظر محاسباتی دارای راندمان وسرعت بالاتری است انجام می‌پذیرد. در این مطالعه با توجه به این نکته که تعداد المان‌های اندکی در محدوده میدان نزدیک قرار می‌گیرند و تعداد آنها در مقایسه با تعداد المان‌های محدوده میدان دور بسیار کمتر است از اثر این محدوده صرفنظر کرده‌ایم و کل میدان حل را بصورت دو بعدی و با استفاده از حل میانگین عمقی مدلسازی کرده‌ایم. همچنین با توجه به بررسی پارامتر بدون بعد F_a و تشخیص شکل پلوم گرمایی به این نتیجه می‌رسیم که میتوان منطقه مورد مطالعه را به دو محدوده میدان دور و نزدیک تقسیم بندی نکرد و کل محدوده را بصورت دوبعدی مدلسازی نمود.

۴- معادلات میانگین عمقی[۵]

معادلات میانگین عمقی پایستگی حجم[۶] و معادلات تراکم ناپذیر[۷] جریان آب به همراه معادله پخش-انتقال[۸] حرارت در مدل حاضر بکار گرفته شده است. معادلات حاکم بصورت برداری به شکل زیر نوشته شده است:

$$\frac{\partial W}{\partial t}+\left(\frac{\partial F^c}{\partial x}+\frac{\partial G^c}{\partial y}\right)=\left(\frac{\partial F^d}{\partial x}+\frac{\partial G^d}{\partial y}\right)+S$$

$$G^c=\begin{pmatrix} hv \\ huv \\ hv^2{}_o \\ hvT \end{pmatrix},\ F^c=\begin{pmatrix} hu \\ hu^2 \\ huv \\ huT \end{pmatrix},\ W=\begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \\ hT \end{pmatrix}$$

$$G^d=\begin{pmatrix} 0 \\ h\nu_h\frac{\partial u}{\partial y} \\ h\nu_h\frac{\partial v}{\partial y} \\ h\nu_{Th}\frac{\partial T}{\partial y} \end{pmatrix}\quad S=\begin{pmatrix} q_z \\ -gh\frac{\partial \eta}{\partial x}+hvf_{cx}-\frac{\tau_{bx}}{\rho_w}+\frac{\tau_{wx}}{\rho_w} \\ -gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-huf_{cy}-\frac{\tau_{by}}{\rho_w}+\frac{\tau_{wy}}{\rho_w} \\ S_c \end{pmatrix} \qquad (۷)$$

$$F^d=\begin{pmatrix} 0 \\ h\nu_h\frac{\partial u}{\partial x} \\ h\nu_h\frac{\partial v}{\partial x} \\ h\nu_{Th}\frac{\partial T}{\partial x} \end{pmatrix}$$

در این معادلات W نشان دهنده متغیرهای پایسته می باشد. در این حالت h عمق منطقه، u و v مولفه های افقی سرعت و T دما میباشد G^c و F^c بردارهای شار انتقال[۹] و همچنین G^d و F^d بردارهای شار پخش[۱۰] W در جهت x و y می باشند. بعلاوه بردار S در برگیرنده جملات منبع و چاه[۱۱] در معادلات حاکم می باشد[۱۰].

با استفاده از معادلات فوق , جریان ها با در نظر گرفتن این موارد می توانند محاسبه شوند: q_z به عنوان تبخیر سطحی آب، شیب-های سطح و کف $\eta=h+z_b$، تنشهای کلی اصطکاکی بستر[۱۲] $\tau_{bx}=C_f u|U|$ و $\tau_{by}=C_f v|U|$ ($C_f=gn^2/h^{0.33}$، n ضریب

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

مانینگ[۱۳]) تنشهای کلی باد بر سطح آب $\tau_{wx}=\rho_{air}C_w u_{wx}\left|V_{wind\ 10m}\right|$ و $\tau_{wy}=\rho_{air}C_w v_{wy}\left|V_{wind\ 10m}\right|$ (با $C_w=0.001$) ، نیروی کریولیس $f_{cx}=\omega Cos\varphi$ و $f_{cy}=\omega Sin\varphi$ (با استفاده از سرعت دورانی زمین ω و ϕ عرض جغرافیایی نقطه تحت بررسی) پارامتر $\nu_h=0.1hU^*$ ادی ویسکوزیته آشفتگی افقی[۱۴] و ν_{Th} پخش شدگی دمای افقی[۱۵] در آب می باشد[۱۱].

۵- فرمول بندی عددی

معادلات بصورت صریح با استفاده از روش حجم محدود[۱۶] بر روی شبکه بندی بی‌ساختار مثلثی[۱۷] حل شده‌اند. معادلات حاکم با بکارگیری روش Cell vertex (overlapping) در روش حجم محدود جدا سازی شده‌اند. این روش در نهایت منجر به فرمول بندی زیر خواهد شد[۱۲]:

$$W_i^{t+\Delta t}=W_i^t-\frac{\Delta t}{\Omega_i}.\sum_{k=1}^{N_{sides}}[(\overline{F}^c\Delta y-\overline{G}^c\Delta x)-(F^d\Delta y-G^d\Delta x)]_k^t+S_i^t\Delta t \qquad (۸)$$

در این معادله W_i بیانگر متغیر های پایسته در مرکز حجم کنترل Ω_i می باشد. $\overline{F}^c$ و $\overline{G}^c$ متوسط شار های انتقال روی وجوه مرزی حجم کنترل می باشند. شارهای پخش F^d و G^d با معادله مجزاسازی شدهٔ مربوط به انتگرال روی مسیر در اطراف مرکز وجوه مرزی حجم کنترل محاسبه شده اند (با استفاده از حجم کنترل مجازی). جملهٔ باقی مانده برابر $R(W_i)=\sum_{k=1}^{N_{sides}}[(\overline{F}^c\Delta y-\overline{G}^c\Delta x)-(F^d\Delta y-G^d\Delta x)]_k^t$، شامل بخشهای پخش و انتقال است. در بخشهای هموار میدان جریان جایی که گرادیان شدید مؤلفه های سرعت وجود ندارد، بخش انتقالی جملهٔباقی مانده دارای مقدار غالب است. از آنجایی که در محاسبات صریح جریانات انتقالی غالب، مکانیزمی برای میرا کردن نوسانات عددی وجود ندارد، لازم است که تکنیک های عددی برای غلبه بر ناپایداری ها، با حداقل کاهش دقت، بکار برده شوند. در مطالعهٔ حاضر جملات میراگر مصنوعی مناسب برای شبکه بندی بی ساختار برای پایدار سازی روند حل عددی بکار گرفته شده است. به منظور میرا سازی نوسانات ناخواستهٔ عددی، یک جملهٔ درجه ۴ میراگر مصنوعی یعنی $D(W_i)=\varepsilon\sum_{j=1}^{N_{edges}}\lambda_{ij}(\nabla^2W_j-\nabla^2W_i)$ به فرمول جبری فوق اضافه شده است که در آن λ_{ij} ضریب مقیاس است که با استفاده از حداکثر مقدار شعاع طیفی مربوط به هر یک از لبه‌های متصل شده به گرهٔ i محاسبه می‌شود ($1/256\le\varepsilon\le3/256$). در این حالت عملگر لاپلاسین در هر گرهٔ i، یعنی $\nabla^2W_i=\sum_{j=1}^{N_{edges}}(W_j-W_i)$، با استفاده از متغیر W در دو گرهٔ انتهایی لبه ها محاسبه می شوند (برخورد کننده با گرهٔ i). فرمول تصحیح شده که دقت حل عددی را حفظ می‌نماید در عبارت زیر آورده شده است[۱۳]:

$$W_i^{t+\Delta t}=W_i^t-\frac{\Delta t}{\Omega_i}.\{R(W_i^t)-D(W_i^t)\}+S_i^t\Delta t \qquad (۹)$$

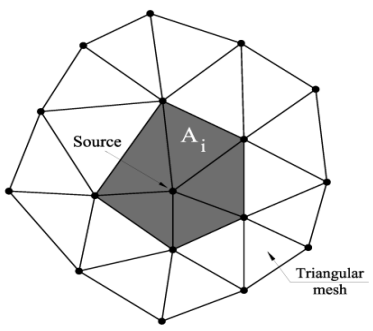
Δt، حداقل گام زمانی دامنه است که متناسب با حداقل فاصلهٔ شبکه‌بندی است. در مطالعهٔ حاضر یک روند سه مرحله‌ای رانج-کوتا برای پایدارسازی فرایند حل گام به گام صریح زمانی بکارگرفته شده است که این کار از طریق میراسازی خطاهای دارای فراکانس بالا صورت می‌گیرد[۱۴]. در معادلهٔ فوق مقادیر W در هر گره i در هر گام زمانی با اضافه‌کردن جملهٔ باقی‌مانده تصحیح می‌گردد. مقادیر جملهٔ باقی‌مانده با استفاده از مقادیر W در لبه‌های حجم کنترل Ωمحاسبه می‌شود.از اینرو، به لبه‌ها در کل مراحل محاسبات ارجاع داده می‌شود. بنابراین استفاده از ساختار داده‌های مبتنی بر لبه برای تعریف شبکه‌بندی بی‌ساختار مناسب خواهد بود. با استفاده از الگوریتم‌های محاسباتی مبتنی بر لبه، تعداد ارجاعات به حافظه کاهش می‌یابد و تا ۵۰ درصد در زمان محاسبات صرفه‌جویی می‌گردد. [۱۲].

۶- مدلسازی عددی

۶-۱- مدل سازی عددی نقطهٔ منبع حرارتی

همانطور که درمعادلات میانگین عمقی (رابطهٔ ۷) اشاره شد q_z دبی در واحد سطح و S_c شارگرمایی در واحد سطح می باشد. از آنجایی که نقاط منبع معمولاً نقاط منفرد با دما و دبی معین هستند، هدف آن است که نحوهٔ لحاظ این دو پارامتر در فرمولبندی عددی مشخص گردد. با توجه به آنکه مش بندی مثلثی است می توان سطح دبی در واحد سطح هر نقطه از مثلث را یک سوم مساحت آن مثلث (A_i) در نظر گرفت. حال اگر یک نقطه را به عنوان منبع با دبی Q_{dif}در نظر بگیریم، مساحت مؤثر در محاسبه دبی برای فرمولبندی عددی برابر است با مجموع یک سوم مساحت مثلث های اطراف آن نقطه منبع، یعنی :

$$A_N=\frac{1}{3}\sum_i A_i \qquad (۱۰)$$



شکل۴- محاسبهٔ مساحت مؤثر در اطراف نقطه منبع

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

حال با استفاده از معادله بقای دبی داریم :

$$Q_N = Q_{dif} \qquad (11)$$

از طرفی q_z دبی در واحد سطح و A_N مساحت مؤثر برای آن نقطه است. پس دبی گذرنده از مجموع مساحت Q_Nبرابر با مقدار زیر خواهد بود:

$$Q_N = q_z A_N \qquad (12)$$

با توجه به روابط فوق داریم:

$$q_z = 3Q_{dif} \Big/ \sum_i A_i \qquad (13)$$

حال اگربه همین روش برای محاسبه شار گرمایی در واحد سطح یعنی S_c از قانون بقای شار گرمایی استفاده گردد، عبارت خواهد بود از:

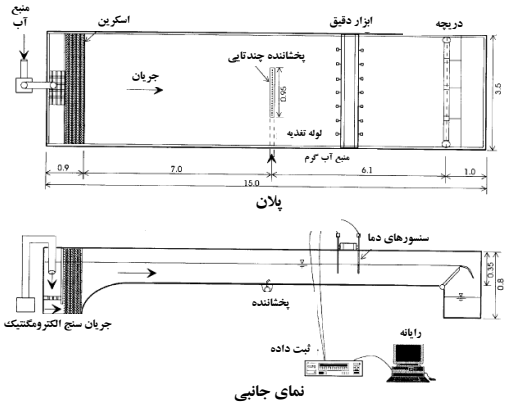
$$S_c A_N = Q_{dif} T \qquad (14)$$

در این رابطه T دمای پخشاننده است. با توجه به روابط ۷ و ۸ مقدار S_c به ترتیب زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$S_c = \frac{Q_N}{A_N} T = q_z T \qquad (15)$$

۶-۲- صحت سنجی مدل

با توجه به اینکه مدل سازی آلودگی حرارتی در اطراف یک پخشاننده چند تایی به صورت دو بعدی و سه بعدی می تواند صورت گیرد، برای بدست آوردن خطاها و اختلاف های آنها، آزمایشاتی که توسط کیم (با ماهیت سه بعدی) انجام شده است [۲] توسط نرم افزارNASIR که نرم افزاری میانگین عمقی است مدلسازی شده است. در این آزمایش پخشاننده چند تایی شامل خروجی هایی است که در یک جهت قرار گرفته اند و خروجی ها موازی با جریان عبوری کانال هستند. در شکل ۵ نمایش هندسه کانال در پلان و نما ارائه شده است.



شکل ۵- هندسه و مشخصات کانال آزمایش[۲]

همانطور که در شکل مشاهده می شود طول کل پخشاننده یعنی L_D، ۹۵ سانتی متر ،قطر داخلی خروجی ۰/۴۳cm و با فاصله های ۵ cm است، طول مدل فیزیکی سیستم پخشاننده ۱۵ متر و عرض آن ۳/۵ متر و عمق ۰/۳۵ متر می باشد شرایط و حالت های آزمایشگاهی برای پخشاننده چند تایی در جدول ۱ آورده شده است در این جدول u_a سرعت جریان در کانال، U_o سرعت خروجی از پخشاننده، M_r نسبت مومنتوم جریان به مومنتوم خروجی ($M_r = u_a^2 H / U_o^2 B$)، B عرض پخشاننده و g'_o شتاب جاذبه مؤثر است. شرایط هیدرولیکی آب داخل کانال شامل سرعت و عمق آب بر اساس شرایط اقیانوسی ساحل کره می باشد که در آن نسبت مومنتوم جریان کانال به مومنتوم جت خروجی بسیار بالاست، بنابراین در این آزمایش M_r در محدوده ۰/۲۸ تا ۳۸/۳ می باشد.

جدول ۱- شرایط و حالات آزمایش پخشاننده چندتایی[۲]

حالت	M_r	B cm	g cm/s^2	U_0 cm/s	u_a cm/s	H cm
A	۰/۲۸	۰/۰۲۹۰۴	۲/۴۵۷۴	۷۰	۲	۱۰
B	۰/۵۵	۰/۰۲۹۰۴	۲/۴۵۷۴	۵۰	۲	۱۰
C	۱/۵۳	۰/۰۲۹۰۴	۲/۴۵۷۴	۳۰	۲	۱۰
D	۲/۵۳	۰/۰۲۹۰۴	۲/۴۵۷۴	۷۰	۶	۱۰
E	۴/۹۶	۰/۰۲۹۰۴	۲/۴۵۷۴	۵۰	۶	۱۰
F	۱۳/۷۷	۰/۰۲۹۰۴	۲/۴۵۷۴	۳۰	۶	۱۰

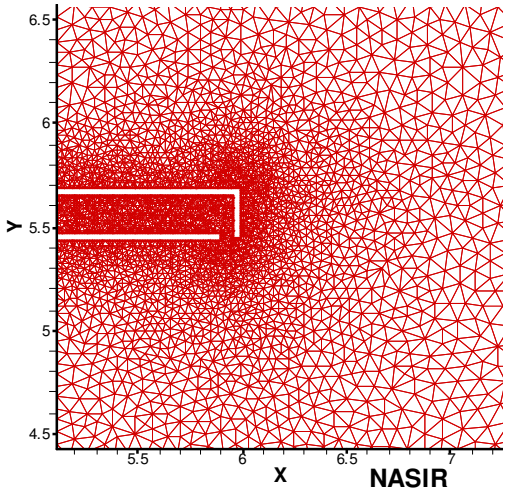
توزیع دمای اضافی بی بعد مشاهده شده در ۳ نمونه در سطح آب، همراه با نتایج مدل سازی توسط نرم افزار NASIRکه بصورت میانگین عمقی (دو بعدی) است در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج حل احجام محدود معادلات میانگین عمقی به صورت مناسبی روند کلی انتقال و پخش حرارت را در محیط آب مدل سازی می‌نماید. با این حال به علت ماهیت سه بعدی شار حرارتی شناور اختلافاتی میان مقادیر متوسط دما که توسط نرم افزار NASIR بدست آمده و دماهای اندازه گیری شده درسطح آب وجود دارد. علت اصلی این اختلاف توزیع قائم شار حرارتی است که پلوم حرارتی را تشکیل می‌دهد[۱۶].

۶-۳- برپایی مدل

نیروگاه حرارتی پره سر در استان گیلان حد فاصل شهرهای انزلی و آستارا و در نزدیکی شفا رود و همجواری با دریای خزر واقع شده است. موقعیت تقریبی این پروژه در حدود" ۴۲ '۳۸ ۳۷ عرض و "۱۰' ۰۵ ۴۹ طول جغرافیایی واقع شده است. عمق محل تخلیه ۴ متر (در حالتی که آب دریای خزر در پایین‌ترین سطح خود باشد) در نظر گرفته شده است. همچنین سرعت خروجی جت ۵

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

متر بر ثانیه (با زاویه ۲۰ درجه نسبت به دیواره موج‌شکن آب‌گیر) و دبی آن ۴۲ مترمکعب بر ثانیه در نظر گرفته شده است[۱۵].
شکل ۷ فایل شبکه‌بندی بی‌ساختار مورد استفاده برای مدل جریان و پخش حرارت را در اطراف نیروگاه پره‌سر نشان می‌دهد.



شکل ۷- شبکه‌بندی بی‌ساختار مورد استفاده برای مدل جریان و پخش حرارت (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند و حداقل بعد مثلث ۵ متر تا حداکثر بعد مثلث ۵۰۰ متر)

شبکه‌بندی به گونه‌ای انجام شده است که در محل تخلیه آب گرم و اطراف بندر که دارای بیشترین گرادیان دما و اهمیت هستند، اندازه شبکه‌ها کوچکتر (حداقل بعد مثلث ۵ متر) و در سایر نقاط شبکه‌بندی درشت تری (حداکثر بعد مثلث ۵۰۰ متر) استفاده شده است تا ضمن حفظ دقت در نتایج، زمان اجرای مدل نیز قابل قبولباشد. منطقه پره‌سر در صفحهٔ افقی به روش دلاونی مثلث‌بندی گردیده است و بنابراین شبکه بندی از نوع بی‌ساختار مثلثی است. از نظر تعداد گره و المان، شامل ۵۸۲۹ گره و ۱۱۰۳۰ المان مثلثی است.

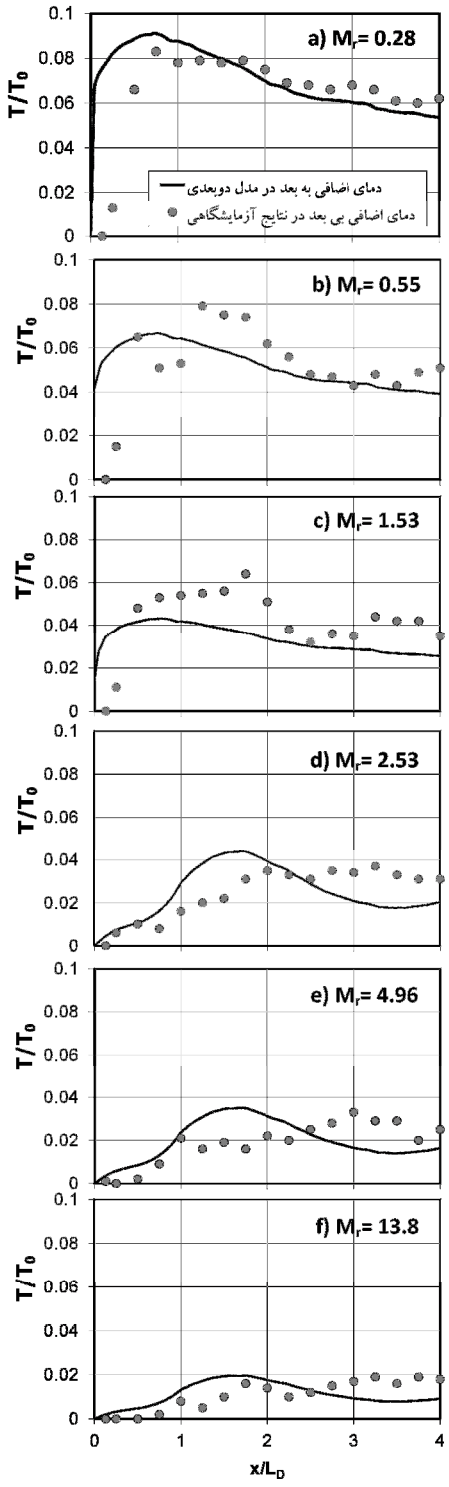
با توجه به اینکه در منطقه پره سر سرعت متوسط جریان برابر ۰/۱ متر بر ثانیه و عمق منطقه بین ۱ تا ۱۰ متر است، در تمام نقاط منطقه عدد فرود کوچکتر از یک و جریان زیر بحرانی است. حال با توجه به زیر بحرانی بودن جریان در شرایط مرزی در بالادست سرعت و در پایین دست عمق اعمال می‌کنیم. برای اعمال شرایط مرزی دیواره‌ها و ساحل، مرز ساحل که مرزی دارای زبری است و مرز دیوارهای موج شکن را با صرفنظر از استهلاک بصورت مرز بدون استهلاک تعریف می‌گردد.

۶-۴- اعمال اثر مقاومت بستر و آشفتگی در مدلسازی عددی

زبری کف را توسط ضریب مانینگ ومقدار آن را برابر ۰/۰۱ فرض کرده و اثر تلاطم را بر اساس ضریب ادی ویسکوزیته وبرابر ۰/۰۰۰۰۵ N.S/m2 در نظر گرفته شده است.

۶-۵- اعمال باد در مدلسازی عددی

اثر باد با توجه به سرعت، جهت و مدت زمان اثر آن می‌تواند یکی از عوامل اصلی ایجاد جریان و پخش حرارت باشد. با توجه به



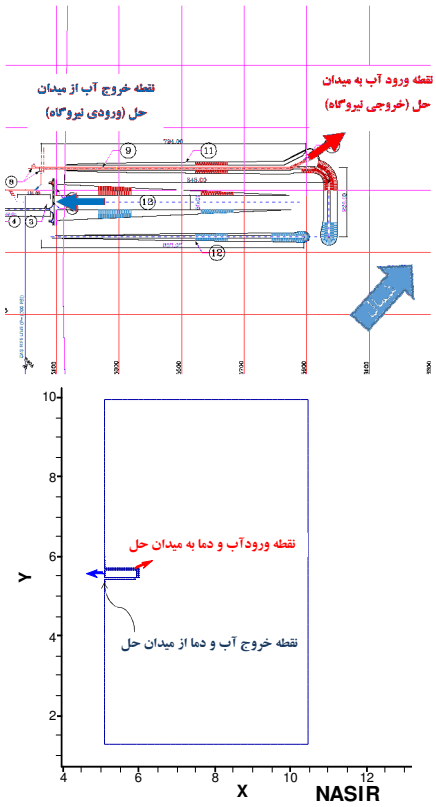
شکل ۶- دمای اضافی[۱۸] بی‌بعد طولی در مرکز پخشاننده‌ها در کانال آزمایشی، مشاهدات آزمایشگاهی و حل دو بعدی میانگین عمقی نرم افزار NASIR

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

اطلاعات موجود، باد غالب منطقه با زاویه ۲۰۲/۵ نسبت به شمال در جهت عقربه‌های ساعت و با سرعت ۶/۲۵ متر بر ثانیه برابر ۲۲/۵ کیلومتر بر ساعت است. لازم به ذکر است که برنامه عددی حاضر، توانایی اعمال اثر باد با زوایای متفاوت و همچنین با سرعت‌های مختلف در محدوده‌های زمانی معین را نیز داراست.

۶-۶- اعمال جریان ورودی و خروجی

منبع حرارتی در منطقه پره سر یعنی ورودی آب گرم نیروگاه به دریا (Outlet) از نظر مکانی در انتهای بازوی غربی قرارگرفته است. از این رو این نقطه در مدل عددی بصورت یک نقطه منبع با دبی مثبت و دمای مشخص مدلسازی می‌گردد. همانطوری که بیشتر اشاره شد، نقطه منبع در نرم افزارNASIR از فرمولبندی مشخصی برای تصحیح معادله پیوستگی و معادله انتقال و پخش غلظت برخوردار است. با توجه به اینکه دمای اولیه محیط در فایل ورودی برابر صفر درجه در نظر گرفته شده است، دمای منبع برابر دمای اضافی منبع (برابر ۱۰ درجه سانتی گراد) در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۸ محل ورودی آب و جریان در مدل با رنگ قرمز نشان داده شده است.خروجی آب و دما از دریا یعنی آبگیر نیروگاه (In-take) در انتهای موج شکن در موازات ساحل واقع شده است. از این رو این نقطه بصورت یک نقطه منبع با دبی منفی و دمای حاصل از مدلسازی معرفی می‌گردد.



شکل ۸- محل ورود و خروج آب در محل موج شکن و در مدل تحلیلی NASIR(واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)

با توجه به اینکه دمای نقطه آبگیر، همان دمای حاصله از حل مدل عددی در این نقطه است، نرم افزار دمای این نقطه را محاسبه می‌نماید.

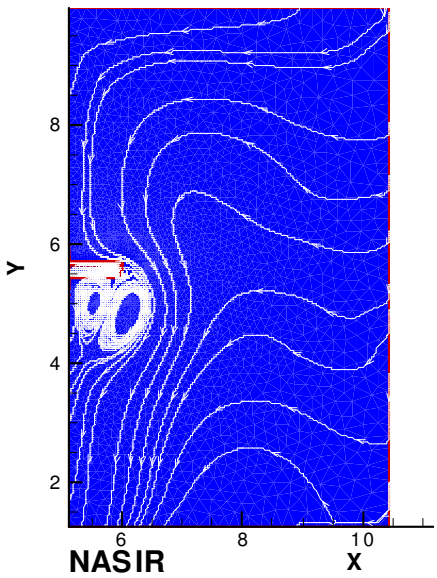
در شکل ۸ محل خروجی آب از نیروگاه (ورود آب به محیط) با رنگ قرمز و محل ورود آب به نیروگاه (خروج آب از منطقه) با رنگ آبی نشان داده شده است.

۶-۷- نتایج مدلسازی

بر اساس شرایط مدلسازی تشریح شده در بخش‌های قبل شامل شرایط مرزی، جریان باد غالب و همچنین اعمال جریانهای ورودی و خروجی و با توجه به این نکته که سرعت جریان میدان دور برابر با ۰/۳۶کیلومتر بر ساعت است، حل هیدرودینامیکی و حرارتی درمنطقه پره سر توسط نرم افزار NASIR انجام شده است. شکل ۹ بردارها و خطوط جریان تشکیل گردابه‌ها در اطراف موج شکن (به عنوان یک مانع در برابر جریان) را نشان می‌دهد. در شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ نتایج تحلیل میدان حرارت در چهار حالت بدون باد و جریان (آرام)، جریان غالب بدون باد، باد غالب بدون جریان و همچنین باد و جریان غالب ارائه گردیده است.

طبق ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت زیست ارائه شده در سال ۱۳۷۷ در مورد درجه حرارت تخلیه به آبهای سطحی در تبصره چهار چنین آمده است که درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از ۳ درجه سانتی گراد در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد.

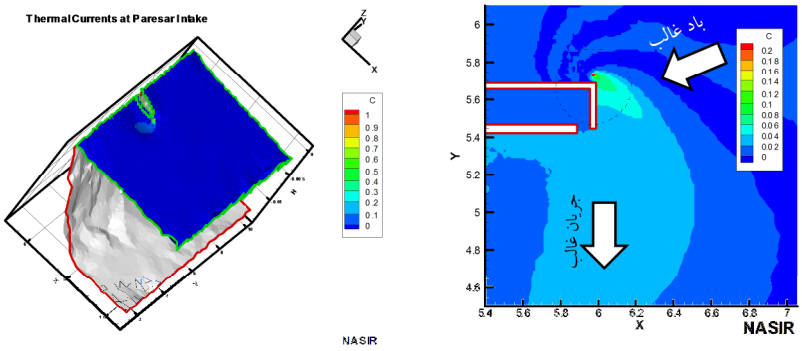
در جدول ۲ نتایج تحلیل میدان حرارت در چهار حالت ، بصورت خلاصه ارائه گردیده است. همانطور که مشاهده می‌گردد همهٔ موارد در محدوده مجاز ضوابط زیست محیطی می‌باشند.



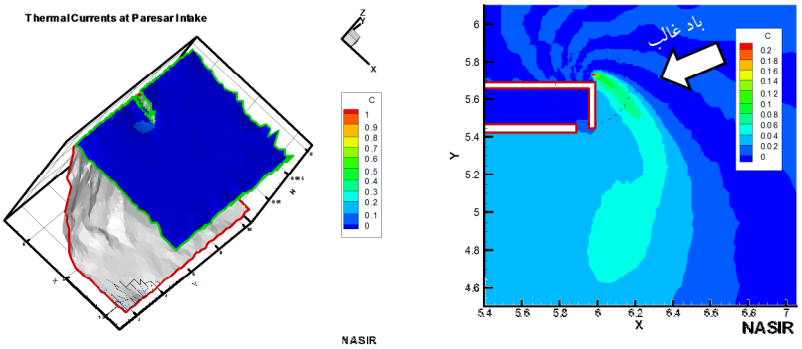
شکل ۹- خطوط جریان در اطراف خروجی نیروگاه پره سردر شرایط باد و جریان غالب (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

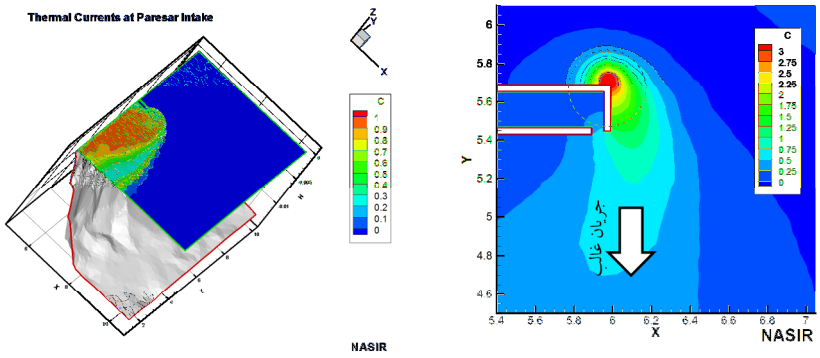
[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]



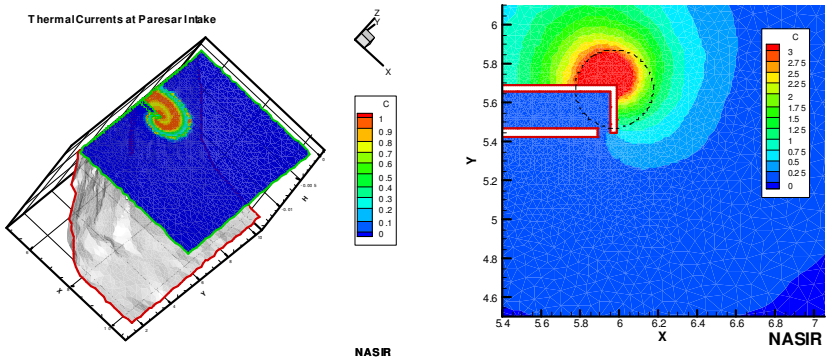
شکل ۱۰- دمای برآورد شده میانگین عمقی در اطراف خروجی نیروگاه پره سردر شرایط باد و جریان غالب (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)



شکل ۱۱- دمای میانگین عمقی در اطراف خروجی نیروگاه پره سردر شرایط باد غالب و بدون جریان (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)



شکل ۱۲- دمای میانگین در اطراف خروجی نیروگاه پره سردر شرایط جریان غالب و بدون باد (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)



شکل ۱۳- دمای میانگین عمقی در اطراف خروجی نیروگاه پره سردر شرایط آرام (بدون باد و جریان) (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

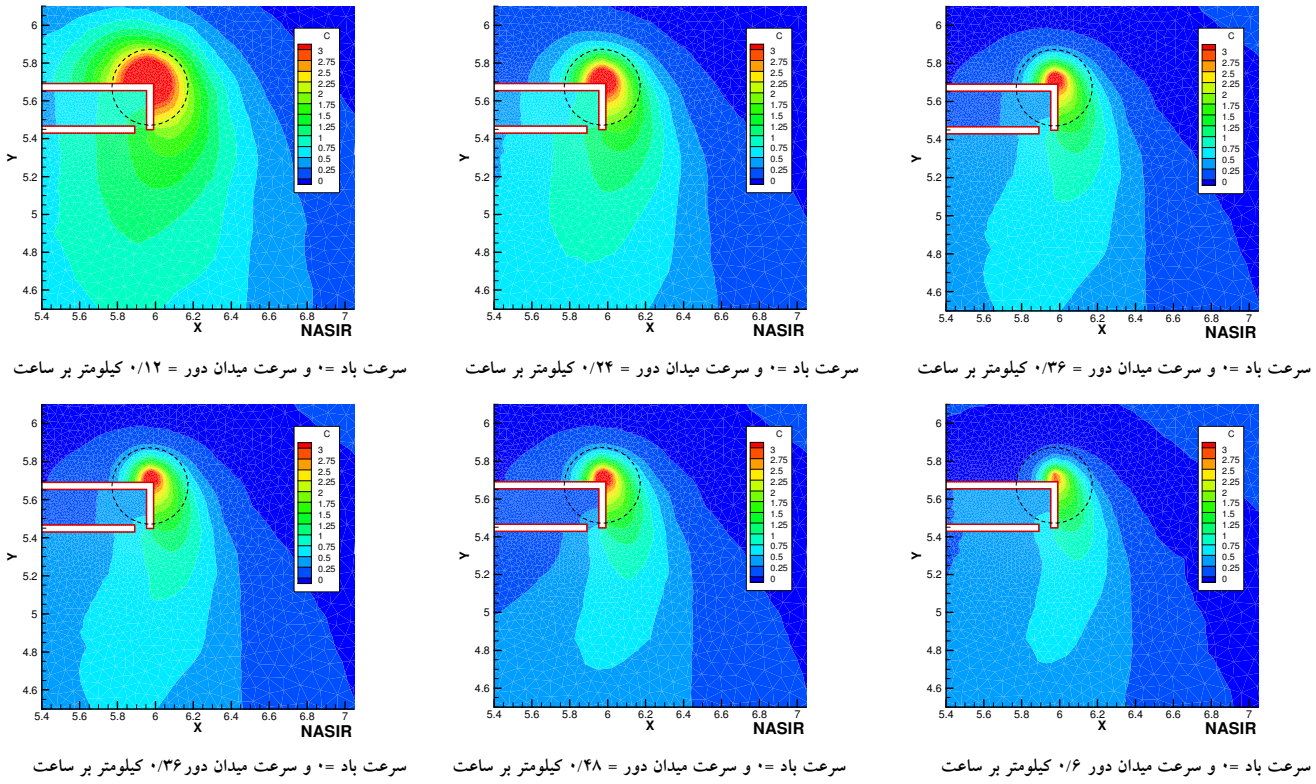
[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

جدول ۲- دمای میانگین عمقی در شرایط مختلف جریان و باد

شرایط حل	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	سرعت جریان میدان دور (متر بر ثانیه)	حداکثر دمای میانگین عمقی (درجه سانتی گراد)	حداکثر دمای میانگین عمقی شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه (درجه سانتی گراد)
بدون باد و جریان	۰	۰	۷/۷۸	۳/۰۵
جریان غالب و بدون باد	۰	۰/۱	۴/۱۵	۱/۴۹
باد غالب و بدون جریان	۲۲/۵	۰	۰/۴۴	۰/۰۶۶
باد غالب و جریان غالب	۲۲/۵	۰/۱	۰/۳۵	۰/۰۵

۶-۸- آنالیز حساسیت

همانطور که در نتایج ارائه شده در شکلهای ۱۴و ۱۵ مشاهده می‌گردد، با افزایش هر دو پارامتر سرعت جریان غالب میدان دور و سرعت باد، میزان افزایش دما در اطراف خروجی نیروگاه و همچنین در دهانه ورودی موج شکن کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می دهد که بحرانی ترین حالت مساله از نظر پارامترهای موثر تحت بررسی، حالت کمترین سرعت جریان و کمترین مقدار سرعت باد می باشد و منطقی به نظر می رسد که این حالت به عنوان بدترین شرایط محتمل مورد نظر قرار گیرد.



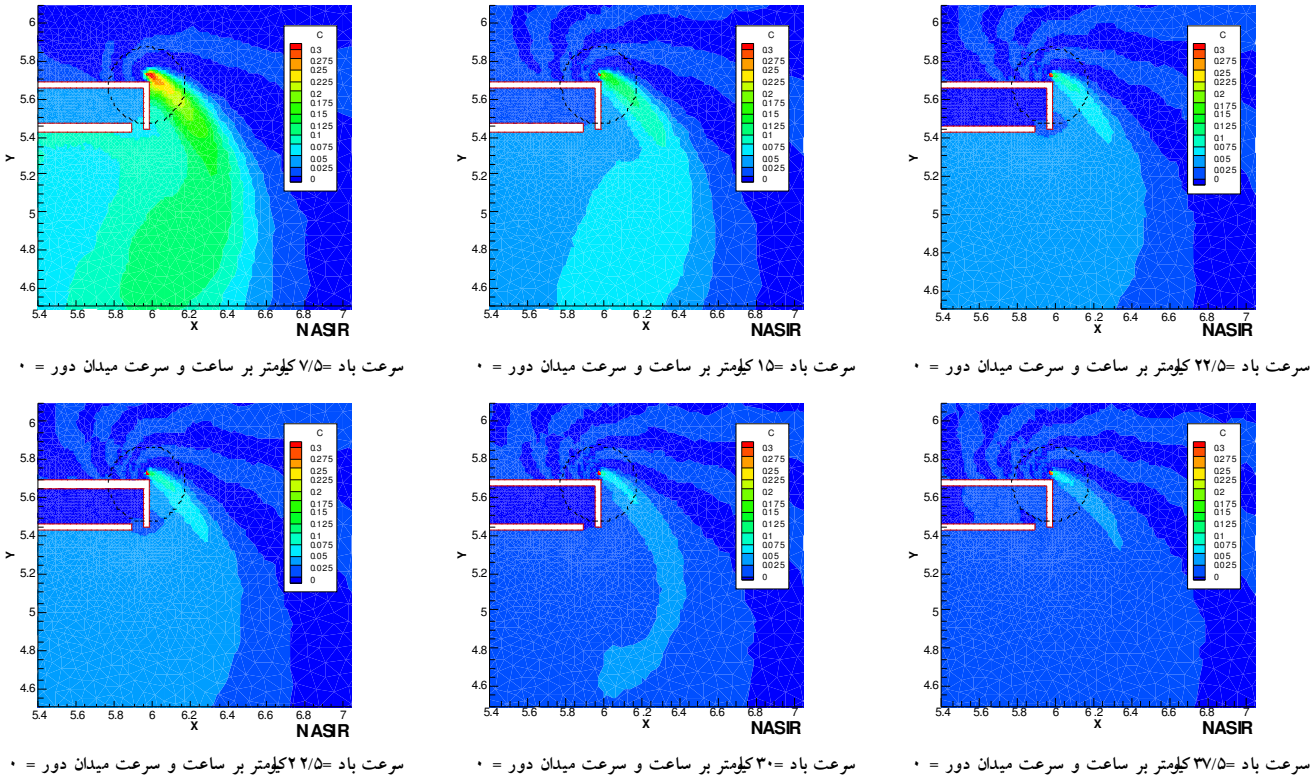
سرعت باد =۰ و سرعت میدان دور = ۰/۳۶ کیلومتر بر ساعت | سرعت باد =۰ و سرعت میدان دور = ۰/۲۴ کیلومتر بر ساعت | سرعت باد =۰ و سرعت میدان دور = ۰/۱۲ کیلومتر بر ساعت

سرعت باد =۰ و سرعت میدان دور ۰/۶ کیلومتر بر ساعت | سرعت باد =۰ و سرعت میدان دور = ۰/۴۸ کیلومتر بر ساعت | سرعت باد =۰ و سرعت میدان دور۰/۳۶ کیلومتر بر ساعت

شکل ۱۴- آنالیز حساسیت بر روی مقدار سرعت میدان دور (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)

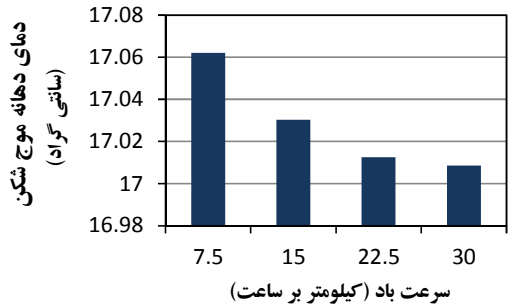
[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

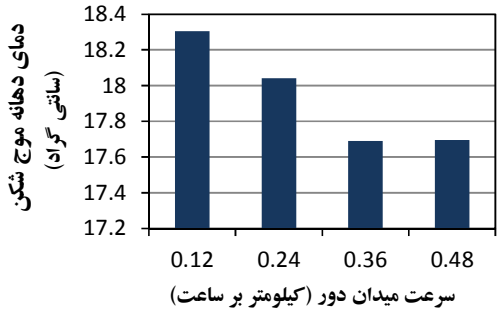


شکل ۱۵- آنالیز حساسیت بر روی مقدار سرعت باد با زاویه ۲۰۲/۵ (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)

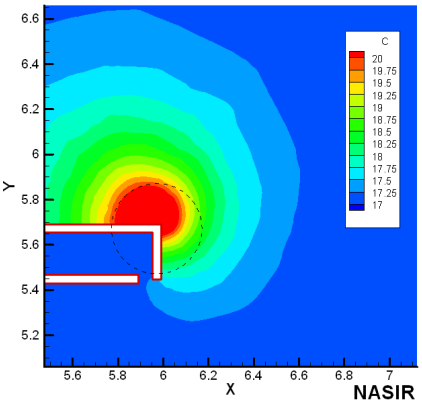
نمودارهای ارائه شده در شکلهای ۱۶ و ۱۷ نیز نشان می‌دهند، در سرعتهای باد کمتر از ۲۲/۵ کیلومتر بر ساعت و سرعتهای جریان کمتر از ۰/۳۶کیلومتر بر ساعت نرخ افزایش دما در دهانه

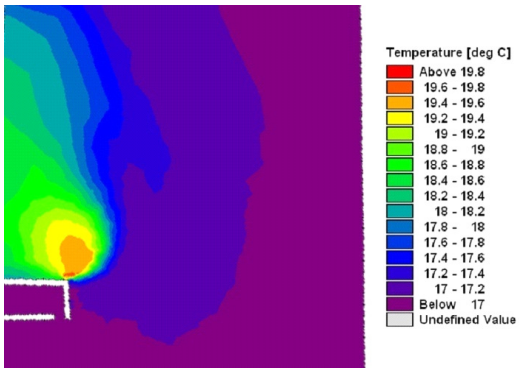


شکل ۱۶- دمای دهانه موج شکن در مقادیر مختلف سرعت باد



شکل۱۷- دمای دهانه موج شکن در مقادیر مختلف سرعت میدان دور





شکل ۱۸-(الف) نتایج NASIR درحالت آرام(بدون باد و جریان)، (ب) نتایج گزارش مطالعات پخش حرارت نیروگاه پره سر در حالت آرام [۱۵]. (واحدهای مختصات بر حسب کیلومتر می‌باشند)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

موج شکن افزایش می یابد و سرعتهای کم باد و جریان بحرانی ترین حالات برای راندمان سیستم نیروگاه و برآورده سازی شرایط زیست محیطی محسوب می گردند.

۶-۹- مقایسه نتایج نرم افزار NASIR با نتایج مطالعات جریان و پخش حرارت نیروگاه پره سر

همانطور که در شکل ۱۸-الفو ب مشاهده می‌گردد، در هر دو حالت الگوی پخش حرارت شبیه می‌باشند و با توجه به اینکه دمای اولیه ۱۷ درجه سانتی گراد است، دمای اضافی ایجاد شده حداکثر سه درجه است که در محدوده ضوابط زیست محیطی می‌باشد. البته باید به این نکته توجه داشت که در مدلسازی NASIR انتقال حرارت از سطح آب در نظر گرفته نشده است، همچنین در مدلسازی شرکت سازه پردازی اثر سه بعدی جت آشفته در محدودهٔ میدان نزدیک در نظر گرفته شده است.

۷- نتیجه گیری

همانطوری که در نتایج مشاهده شد، بحرانی ترین حالت پخش حرارت درنظر گرفته شده شامل سرعت کم جریان میدان دور و سرعت باد غالب برای راندمان نیروگاه مشکلی ایجاد نمی کند یعنی دمای اضافی به صورت موثری کاهش یافته و وارد سیکل ورودی نیروگاه نخواهد شد. همچنین افزایش دمای محیط در حالت میانگین عمقی در شعاع ۲۰۰ متری اطراف پخشاننده در هیچ نقطه‌ای از ۳ درجه سانتی گراد بیشتر نشده است، لذا تغییرات دمای مورد نظر در محدوده مجاز ضوابط زیست محیطی است. همچنین باید متذکر شد که در این مدل انتقال حرارت از سطح آب در نظر گرفته نمی‌شود که این امر باعث بوجود آمدن مقداری خطا در نتایج نهایی شده است زیرا دمای سطحی در اثر تماس با هوا کاهش می‌یابد و اثر آن را در نتایج لحاظ نشده است.

کلید واژگان

1. Numerical Analyzer for Scientific and Industrial Requirements
2. Cormix
3. Fluent
4. Mike21
5. Depth Average Equations
6. Depth average volume conservation equations
7. Incompressible momentum equations
8. Convection-diffusion equation
9. Convective fluxes
10. Diffusive fluxes
11. Source and sinks
12. Global bed friction stresses
13. Manning coefficient
14. Horizontal algebraic turbulent eddy viscosity
15. Horizontal temperature diffusivity
16. Finite Volume Method
17. Triangular unstructured meshes
18. Excess Temperature

۸- منابع

1- Sabbagh-Yazdi, S.R., Zounemat-Kermani, M. and Kermani, A., (2006), *Solution of Depth Averaged Tidal Currents in Persian Gulf on Unstructured Overlapping Finite Volumes*, International Journal for Numerical Methods in Fluids, 55, 81-101.

2- Kim, D.G. and Seo, W.I.,(2000),*Modeling the Mixing of Heated Water Discharged from a Submerged Multi-Port Diffuser*, Journal of Hydraulic Research, 38(4),259-269.

3- Suh, S.W.,(2001),*A hybrid near-field/far-field thermal discharge model for coastal areas. Marine Pollution Bulletin*, Vol. 43, Nos. 7-12, pp. 225-233.

4- Jiang, J., Fissel D.B., Lemon D.D. andTopham D.(2002),*Modeling cooling water discharges from the burrard generating station*. BC Canada.Presented at Oceans, Biloxi, USA.

5- Shafie-far, M., Montazeri, H. andDadi, N., (2006),*Near Field and Far field study of thermal diffusion of NEKA power plant via Fluent and Mike21*. ICOPMAS.

6- Bo-fen, Y, You-liang, C., Ying, G.,(2006),*Numerical simulation of Eclipsed form arrangement of water Intake-Outlet project in power plant*, Conference of Global Chinese Scholars on Hydrodynamics.

7- Abbaspour, M., Javid, A.H., Moghimi, P. andKayhan, K.,(2005),*Modeling of thermal pollution in coastal area and its economical and environmental assessment*, Int. J. Environ. Sci. Tech.Vol. 2, No. 1, pp. 13-26.

8- Razaghi, A., (1999),*2-D modeling of thermal diffusion of power plants in the sea*, MS Thesis.University of Tehran.

9-Mendez-Diaz, M.M. andJirka, G.H., (1996),*Buoyant plumes from multiport diffuser discharge in deep coflowing water*, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 8, pp.428-434.

10-Vreugdenhil, C.B., (1994),*Numerical Methods for Shallow Water Flow*, Kluwer Academic Publisher.

11-Jia, Y. and Wang, S., (1999),*Numerical Model For Channel Flow and Morphological Change Studies*, Journal of Hydraulic Engineering, Vol.125, No. 5, PP. 924-933.

12- Thompson, J.F.,SoniB.K. and Weatherill, N.P., (1999),*Hand Book of Grid Generation*, CRC Press

13-Jameson, A., Baker, T. J. and Weatherill, N. P., (1986),*Calculation of Inviscid Transonic Flow over a Complete Aircraft*, AIAA Paper 86-0103.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]

14-Jameson, A., Schmidt, W. &Turkel, E. (1981)*Numerical Solution of the Euler Equations by Finite Volume Method using RungeKutta Time Stepping Schemes*, AIAA pp.1259-1281, June 1981.

15-SAZEPARDAZI consultant engineers and MAPNA, (2007),*Study report on Paresar power plant Intake system:Sea currents and Thermal diffusion report*.

16-Seddigh Marvasti., S.S., Sabbagh-Yazdi,S.R. andJavid, A.H., (2010),*Assessment of surface temperature by depth-average solution of heat Dissipation field*, Journal of Environmental Sciences and Technology, ISSN 1563-4809 (In Persian)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-09-17]

[DOR: 20.1001.1.17357608.1392.9.17.3.5]