

## مطالعه تبخیر در خلیج فارس بر اساس یک مدل برهمکنش هوا - دریا

مسعود ترابی آزاد<sup>۱\*</sup>

[M\\_Azad@iau-tnb.ac.ir](mailto:M_Azad@iau-tnb.ac.ir)

افشین محسنی آراسته<sup>۱</sup>

رضوان سلامی ایبانه<sup>۲</sup>

داریوش منصوری<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۸۶/۹/۲۰

در این مطالعه با استفاده از مدل بالک ضریب درگ برای خلیج فارس محاسبه و به وسیله آن شار و آهنگ تبخیر در طی دو سال پربارش و خشک در ایستگاه بوشهر دریایی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید در طی این دو سال شار تبخیر در ماه های گرم سال بیشتر از ماه های سرد سال می باشد. بیشترین میزان تبخیر در ماه جولای مشاهده شد. شار و آهنگ تبخیر توسط رابطه تجربی نیز بررسی گردید و به دلیل این که رابطه تجربی نتایج دقیقی را ارائه نداد، این رابطه مورد بررسی قرار گرفت و ضریب آن تصحیح شد و با استفاده از آن شار و آهنگ تبخیر محاسبه و مشخص گردید به وسیله این رابطه نیز مانند مدل بالک شار تبخیر در ماه های گرم سال بیشتر از ماه های سرد سال می باشد. برای بررسی دقیق تر از اطلاعات دریایی (جمع آوری شده طی گشت دریایی) دو ماه از سال (می و دسامبر) به نمایندگی از فصل گرم و سرد سال استفاده شد، که این بررسی نیز نتایج به دست آمده را تصدیق نمود با این تفاوت که در این بررسی اختلاف بین شار تبخیر در ماه گرم و سرد خیلی کم است و این بدلیل دقت بالای اطلاعات دریایی می باشد. با توجه به این مطلب که شار تبخیر رابطه مستقیمی با سرعت باد و دما دارد، در طی این تحقیق مشخص گردید در ماه های گرم سال میزان سرعت باد و دما بالا می باشد ولی در ماه های سرد سال با وجود این که سرعت باد زیاد است اما دما نسبت به فصل گرم پائین تر است و این موضوع دلیل بالاتر بودن شار تبخیر در فصل گرم نسبت به فصل سرد سال می باشد.

**واژه های کلیدی:** تبخیر، سرعت باد، فشار بخار اشباع دما، سواحل شمالی خلیج فارس .

۱- استادیار دانشکده علوم و فنون دریایی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال\* (مسئول مکاتبات).

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، سازمان هواشناسی کشور

۳- هیات علمی دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس

## مقدمه

در مسئله برهمکنش هوا- دریا از پارامترهای مهمی که بررسی می شود، ضرایب انتقال است. این ضرایب در انتقال اندازه حرکت، گرما و رطوبت با اهمیت هستند و می توانند در بررسی های مدل های آب و هوایی و اقلیمی موثر باشند..

در پیش بینی وضع دریا از نظر امواج، رابطه مستقیمی بین مسئله انتقال گرما، رطوبت و اندازه حرکت با امواج سطحی دریا وجود دارد. در بررسی مدل و خصوصیات لایه آمیخته سطح دریا که تحت اثر مستقیم تبدلات هوا با دریا است، تعیین ضرایب انتقال با اهمیت می باشد. مطالعه لایه آمیخته از نظر مسایل زیست محیطی و شیلات ( بررسی اثرات محیطی برگونه های آب زیان) بسیار مهم می باشد، همچنین در مطالعه آلودگی دریا که بیشتر در این لایه مشاهده می شود، می تواند کاربرد داشته باشد. از موارد دیگر اهمیت تعیین ضرایب انتقال می توان به کاربرد مسایل برهمکنش در مدل های گردش آب دریا اشاره نمود. ضرایب انتقال اندازه حرکت، رطوبت و گرما در مدل های گردش آب دریا دخالت داشته و تاثیر می گذارد. بطوریکه در مطالعات شیلاتی و انتقال آلودگی ها در دریا، مسئله گردش می تواند پیش بینی های جالبی را ارائه دهد.

فرایند تبدیل آب مایع به بخار را تبخیر گویند. در پدیده تبخیر نیاز به تهیه انرژی نهان تبخیر می باشد. تبخیر ممکن است از سطح آزاد آب، از سطح مرطوب خاک، از بارش در حال نزول و یا به صورت تبخیر و تعرق از سطح گیاهان صورت گیرد(۱).

در علوم دریایی انتقال رطوبت (تبخیر) از سطح آزاد آب با اهمیت می باشد، زیرا تبخیر در دریاها و اقیانوس ها باعث افزایش شوری سطحی و در نتیجه سبب افزایش چگالی در آن منطقه می شود که این امر سبب می شود جریاناتی را در سطح آب ها داشته باشیم. تبخیر فرایندی گرماگیر است و با کاهش دمای سطح آب دریا در اثر تبخیر چگالی سطحی آب افزایش می یابد و تغییر چگالی سبب ایجاد حرکت در ستون آب دریا می شود به این علت مطالعه تبخیر در علوم دریایی و محیط زیست بسیار با اهمیت است. همچنین بررسی تاثیر تبخیر بر

روی جریانات دریایی می تواند کمک شایانی در شناخت جریانات و پیش بینی مسیر حرکت آلودگی ها ارائه نماید.

در خصوص محاسبه تبخیر و شارگرما تبخیر در دنیاو ایران مطالعات بسیاری انجام شده است، که از آن جمله می توان به این موارد اشاره نمود. در سال ۱۹۹۱ Sene and et al با مقایسه روش های اندازه گیری مستقیم و روش های نظری برای دریاچه ای استوایی در اندونزی میزان تبخیر متوسط سالیانه از این دریاچه را ۱/۵ متر برآورد کردند. همچنین ضریب انتقال جرم به دست آمده مشابه مقادیر به دست آمده در دیگر دریاچه ها در عرض های مشابه می باشد(۲). در بسیاری از ایستگاه های هواشناسی در سراسر دنیا، تبخیر توسط تشتک کلاس A اندازه گیری می شود. اما این اندازه گیری ها ممکن است دارای کیفیت پایین و همراه با خطا باشد، لذا محققان به دنبال یافتن روش هایی برای تخمین میزان تبخیر توسط داده های اقلیمی قابل اطمینان هستند. در این مورد در سال ۱۹۹۴ Linacre معادله ای را برای محاسبه تبخیر با میزان خطای ماهیانه ۰/۴۲ میلی متر در روز به دست آورد(۳). Ham میزان تبخیر از آبگیرها را توسط مدل های اقلیمی ارزیابی نمود، و نتایج را با سایر مدل هایی که برای تبخیر ارائه شده بود مقایسه کرد(۴). صادق کرد خیلی (۱۳۷۵) شار تبخیر را برای یک ماه از سال در دریای خزر محاسبه نمود(۵). جاریانی (۱۳۸۴) شار گرمای تبخیر را برای یک سال در خلیج فارس به دست آورد(۶). هدف از این تحقیق مطالعه روند تغییرات تبخیر و شار تبخیر در سواحل شمالی خلیج فارس می باشد. همچنین ارائه یک رابطه تجربی برای محاسبه شار تبخیر در آب های ساحلی خلیج فارس است.

## - روش تحقیق

- تعیین سال های پربارش و کم بارش در منطقه خلیج

## فارس

برای تعیین سال های پر بارش و کم بارش، آمار بارندگی ایستگاه های هواشناسی مورد بررسی واقع شد. طی ۱۳

داده های اولیه مدل: سرعت باد  $u$  (m/s)، دمای هوا  $t$  (C)،

$$H = -\rho \times C_d \times Tsr \times Usr^2$$

$$Q_e = -\rho \times L \times Qsr \times Usr \quad (1) \text{ شاررطوبت}$$

به وسیله مدل ضریب درگ محاسبه گردید که توسط

آن می توان شار تبخیر و میزان تبخیر را محاسبه نمود.

$$E = \rho \times C_d \times (q_s - q_a) \times u \quad (2)$$

$E$  میزان تبخیر  $(\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ ،  $\rho$  چگالی هوا  $(\text{kg m}^{-3})$ ،

$u$  سرعت باد  $(\text{m s}^{-1})$ ،  $C_d$  ضریب درگ،  $q_s$  و  $q_a$  رطوبت

ویژه در دمای سطح آب و رطوبت ویژه هوا  $(\text{kg/kg})$

$$Q_e = \rho \times L \times C_d \times (q_s - q_a) \times u \quad (3)$$

$Q_e$  شار تبخیر  $(\text{W/m}^2)$ ،  $L$  گرمای نهان تبخیر  $(\text{J/kg})$

و گرمای نهان تبخیر برای ماده های مختلف بر طبق جدول ۱

می باشد.

سال ایستگاه های بوشهر دریایی، بندرعباس، بندرلنگه و جزیره سیری مورد مطالعه قرار گرفت. نمودار بارش سالیانه و نرمال بارش برای هر یک از ایستگاه ها رسم شد و سال پربارش و کم بارش برای هر ایستگاه مشخص گردید. سال های مشترک بین ایستگاه ها به عنوان سال پربارش و کم بارش منطقه خلیج فارس در نظر گرفته شد.

با توجه به سال های پربارش و کم بارش هر ایستگاه مورد مطالعه، سال ۱۹۹۷ به عنوان سال پربارش و سال ۲۰۰۳ به عنوان سال کم بارش در منطقه خلیج فارس در نظر گرفته شد.

#### - روش های مطالعه تبخیر در منطقه خلیج فارس

بر اساس مدل Liu and et al یک طرح واره عددی

به زبان برنامه نویسی فورترن تنظیم و پارامترهای مختلف در

خلیج فارس محاسبه گردید (۷).

جدول ۱- گرمای نهان تبخیر

گرمای نهان تبخیر		ماده
(Btu/lb)	(kJ/kg)	
۳۸۵	۸۹۶	الکل
۵۸۹	۱۳۶۹	آمونیاک
۲۴۷	۵۷۴	دی اکسیدکربن
۱۶۲	۳۷۷	اتر
۱۹۸	۴۶۱	هیدروژن
۸۶	۱۹۹	نیترون
۹۲	۲۱۴	اکسیژن
۹۷۰/۴	۲۲۵۷	آب

(۷)

$$Q_e = F_e \cdot L_f = 1.4(e_s - e_a) \cdot u \cdot (2494 - 2.2 \cdot t_s) \cdot 10^{-3}$$

$Q_e$  شار تبخیر  $(\text{W/m}^2)$ ،  $F_e$  آهنگ تبخیر  $(\text{kg m}^{-2} \text{ day}^{-1})$

،  $L_f$  گرمای نهان تبخیر  $(\text{kJ/kg})$ ،  $e_s, e_a$  فشار بخار واقعی و

با استفاده از فرمول تجربی نیز شار تبخیر و آهنگ تبخیر برای

منطقه خلیج فارس محاسبه گردید (۹).

$$Q_e = F_e \cdot L_f \quad (4)$$

$$L_f = (2494 - 2.2 \cdot t_s) \quad (5)$$

$$F_e = 1.4 \cdot (e_s - e_a) \cdot u \quad (6)$$

فشار بخار اشباع  $t_s$  (kPa)، دمای سطح آب (C) و  $u$  سرعت باد (m/s) است.

- محاسبه تبخیر در ایستگاه بوشهر دریایی طی سال ۲۰۰۳ و ۱۹۹۷ توسط رابطه تجربی

برای سال ۲۰۰۳ توسط رابطه تجربی و داده های ساحلی تبخیر محاسبه گردید، اما نتایج به دست آمده نشان می دهد رابطه تجربی نتایج دقیقی در مورد شار تبخیر نداشته است. پس از ابتدا روابط تجربی مورد بررسی قرار داده شد. با توجه به رابطه (۷) شار تبخیر از حاصل ضرب گرمای نهان تبخیر در آهنگ تبخیر به دست می آید و طبق آنچه که در این رابطه تجربی عنوان شده است واحد آهنگ تبخیر  $\text{kg m}^{-2} \text{day}^{-1}$  و واحد گرمای نهان تبخیر  $\text{kJ/kg}$  می باشد. لذا واحد حاصل ضرب این دو رابطه  $\text{W/m}^2$  است، بنابراین این رابطه شار تبخیر باید به صورت زیر باشد:

$$Q_e = 1.4 \cdot (e_s - e_a) \cdot u \cdot (2494 - 2.2 \cdot t_s) \cdot \frac{1000}{86400} = 1.4 \cdot (e_s - e_a) \cdot u \cdot (2494 - 2.2 \cdot t_s) \cdot 0.0115$$

$$Q_e = 1.4 \cdot (e_s - e_a) \cdot u \cdot (2494 - 2.2 \cdot t_s) \cdot 0.0115 \quad (۸)$$

۲۰۰۳ و ۱۹۹۷ محاسبه شد. اطلاعات به دست آمده از رابطه جدید در جداول ۲ تا ۵ آورده شده است (نمودارهای ۱ و ۲)

- محاسبه تبخیر در ایستگاه بوشهر دریایی طی سال ۲۰۰۳ و ۱۹۹۷ توسط مدل بالک

برای سال ۲۰۰۳ (سال کم بارش) و سال ۱۹۹۷ (سال پر بارش) اطلاعات ماهانه ایستگاه بوشهر دریایی به عنوان ورودی مدل بالک در نظر گرفته شد و به وسیله اطلاعات به دست آمده از مدل، شار تبخیر و میزان تبخیر طی سال های ۲۰۰۳ و ۱۹۹۷ محاسبه گردید (جداول ۲ و ۳).

حال توسط رابطه تجربی جدید به دست آمده (۸) مجدد شار تبخیر و آهنگ تبخیر را برای ایستگاه بوشهر دریایی طی سال

جدول ۲ - شار تبخیر و میزان تبخیر محاسبه شده توسط مدل بالک برای ایستگاه پوشهر دریایی طی سال ۲۰۰۳

Bushehr year ۲۰۰۳													Model bulk				
U <sub>sr</sub>	Q <sub>sr</sub>	p U <sub>sr</sub> Q <sub>sr</sub>	month	t	t <sub>s</sub>	P	e <sub>a</sub>	e <sub>s</sub>	e <sub>s</sub> -e <sub>a</sub>	q <sub>h</sub>	q <sub>s</sub>	u	u	C <sub>d</sub>	E	E	Q <sub>c</sub>
m/s	kg/kg	kg m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>		C	C	mb	mb	mb	mb	kg/kg	kg/kg	knot	m/s		kg m <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup>	kg m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	W/m <sup>2</sup>
۰/۱۳۸	-3/40E-04	5/68E-05	jan	۱۵/۶	۱۷/۸	۱۰۰۱۸	۱۳/۶	۱۷/۹	۴/۳۸	۰/۰۰۸۳۵	۰/۰۱۱	۷/۵	۳/۸	1/12E-03	۱/۳	1/34E-05	2/94E+01
۰/۱۸۷	-3/62E-04	8/20E-05	feb	۱۷/۳	۱۸/۵	۱۰۰۱۵	۱۳/۶	۲۰	۶/۳۹	۰/۰۰۸۳۸	۰/۰۱۲	۱۰/۱	۵/۱	1/22E-03	۲/۵	2/94E-05	6/47E+01
۰/۱۸۷	-3/77E-04	8/53E-05	mar	۱۹/۶	۱۹/۹	۱۰۰۱۳	۱۴/۸	۲۲/۳	۸/۳۴	۰/۰۰۹۱۶	۰/۰۱۴	۱۰/۳	۵/۲	1/22E-03	۳/۴	3/93E-05	8/64E+01
۰/۱۸۳	-7/85E-04	1/74E-04	apr	۲۵/۳	۲۴/۷	۱۰۰۰۹	۲۰/۱	۳۲/۵	۱۲/۴	۰/۰۱۲۴۹	۰/۰۲۰	۹/۹	۵	1/22E-03	۴/۸	5/61E-05	1/23E+02
۰/۱۵۱	-1/28E-03	2/34E-04	may	۲۸/۹	۲۸/۳	۱۰۰۰۶	۲۵/۸	۴۰/۲	۱۴/۴	۰/۰۱۶۱۲	۰/۰۲۵	۸/۱	۴/۱	1/15E-03	۴/۴	5/09E-05	1/12E+02
۰/۱۶۹	-1/63E-03	3/32E-04	jun	۳۲/۱	۳۱	۹۹۸۳	۲۹/۷	۴۷/۹	۱۸/۲	۰/۰۱۸۷۴	۰/۰۳۰	۸/۸	۴/۴	1/19E-03	۶/۳	7/33E-05	1/61E+02
۰/۲۰۰	-1/26E-03	3/06E-04	july	۳۳/۱	۳۲/۶	۹۹۵/۸	۳۲/۸	۵۰/۷	۱۶/۸	۰/۰۲۱۴۱	۰/۰۳۲	۱۰/۴	۵/۲	1/24E-03	۷/۳	8/44E-05	1/86E+02
۰/۱۶۷	-1/66E-03	3/36E-04	augu	۳۳/۸	۴۲/۲	۹۹۸/۴	۳۸/۱	۵۲/۸	۱۴/۷	۰/۰۲۴۱۰	۰/۰۳۴	۸/۶	۴/۳	1/19E-03	۵/۰	5/80E-05	1/28E+02
۰/۱۵۲	-1/84E-03	3/37E-04	sep	۳۱/۵	۳۱/۷	۱۰۰۰۴	۳۱/۷	۳۶/۵	۱۴/۸	۰/۰۱۹۸۷	۰/۰۲۹	۷/۹	۴	1/15E-03	۴/۵	5/17E-05	1/14E+02
۰/۱۶۳	-1/50E-03	2/97E-04	oc	۲۸/۸	۲۹/۸	۱۰۰۱۱	۲۸/۲	۴۰	۱۱/۹	۰/۰۱۷۵۱	۰/۰۲۵	۸/۴	۴/۲	1/18E-03	۳/۸	4/45E-05	9/80E+01
۰/۱۵۳	-6/42E-04	1/19E-04	no	۲۱/۹	۲۲/۷	۱۰۰۱۶	۱۶/۴	۲۶/۹	۱۰/۵	۰/۰۱۰۱۰	۰/۰۱۷	۸/۳	۴/۱	1/15E-03	۳/۲	3/71E-05	8/16E+01
۰/۱۷۶	-3/83E-04	8/16E-05	dec	۱۸/۱	۱۹/۳	۱۰۰۱۹	۱۶/۲	۲۱	۴/۷۶	۰/۰۰۹۹۶	۰/۰۱۳	۹/۵	۴/۸	1/21E-03	۱/۷	2/02E-05	4/45E+01

جدول ۳ - شار تبخیر و میزان تبخیر محاسبه شده توسط مدل بالک برای ایستگاه بوشهر دریایی طی سال ۱۹۹۷

Bushehr										Modele bulk									
year 1997																			
Usr	Qsr	month	-p	Usr	Qsr	t	t <sub>s</sub>	P	e <sub>a</sub>	e <sub>s</sub>	e <sub>s</sub> -e <sub>a</sub>	q <sub>a</sub>	q <sub>s</sub>	u	u	C <sub>d</sub>	E	E	Q <sub>e</sub>
m/s	kg/kg	jan	kg m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	C	C	۱۶/۳	۱۸/۵	۱۰۰۱۷/۳	۱۷/۵۵	۱۸/۶۴	۵/۰۹	۰/۰۰۸۳	۰/۰۱۱۵	۸/۷	۴/۴	1/18E-03	1/93E-05	1/7	4/26E+01
-۰/۱۲۶۳۴۱	-2/66E-04	feb	8/40E+01	۱۵	۱۶/۰	۱۰۰۱۷/۸	۱۷/۲۶	۱۰۰۱۷/۸	۱۷/۲۶	۶/۶۴	۰/۰۰۶۶	۰/۰۱۰۷	۱۳/۸	۶/۹	1/35E-03	4/57E-05	3/9	1/01E+02	
-۰/۱۹۶۰۱۱	-3/64E-04	mar	8/57E+01	۱۷/۳	۱۸/۶	۱۰۰۱۳/۴	۱۹/۸۸	۱۰۰۱۳/۴	۱۹/۸۸	۵/۷۶	۰/۰۰۸۷	۰/۰۱۲۳	۱۰/۵	۵/۳	1/24E-03	2/79E-05	2/4	6/14E+01	
-۰/۱۸۴۱۹۹	-5/91E-04	apr	1/31E+02	۲۲	۲۲/۷	۱۰۰۱۰/۸	۲۶/۸۳	۱۰۰۱۰/۸	۱۸/۳۷	۸/۳۶	۰/۰۱۱۴	۰/۰۱۶۷	۹/۹	۵/۰	1/22E-03	3/79E-05	3/3	8/33E+01	
-۰/۱۲۹۸۶۹	-1/40E-03	may	2/18E+02	۲۸/۳	۲۸/۹	۱۰۰۰۷	۳۹/۱۶	۱۰۰۰۷	۳۹/۱۶	۱۵/۴۵	۰/۰۱۴۸	۰/۰۳۴۵	۶/۹	۳/۵	1/11E-03	4/47E-05	3/9	9/84E+01	
-۰/۱۳۷۰۵	-1/76E-03	jun	3/66E+02	۳۱/۸	۳۱/۹	۹۹۹/۷	۴۷/۳۹	۲۰۳۸	۴۷/۳۹	۱۶/۹۱	۰/۰۱۹۱	۰/۰۳۰۰	۸/۹	۴/۵	1/20E-03	6/95E-05	6/0	1/53E+02	
-۰/۲۰۵۱۴۸	-1/25E-03	jul	3/07E+02	۳۲/۳	۳۲/۶	۹۹۵/۷	۴۸/۴۹	۳۲/۹	۴۸/۴۹	۱۵/۵۹	۰/۰۲۰۸	۰/۰۳۰۹	۱۰/۶	۵/۳	1/25E-03	8/01E-05	6/9	1/76E+02	
-۰/۱۸۹۲۰۳	-1/24E-03	aug	2/81E+02	۳۱/۸	۳۲/۳	۹۹۸/۹	۴۷/۱۸	۳۲/۳۱	۴۷/۱۸	۱۴/۸۷	۰/۰۲۰۴	۰/۰۲۹۹	۹/۸	۴/۹	1/23E-03	6/89E-05	5/9	1/51E+02	
-۰/۱۵۹۷۹۱	-1/76E-03	sep	3/38E+02	۳۱	۳۱/۵	۱۰۰۵/۱	۴۵/۴	۲۸/۸۵	۴۵/۴	۱۶/۵۵	۰/۰۱۸۰	۰/۰۲۸۶	۸/۳	۴/۲	1/17E-03	6/14E-05	5/3	1/35E+02	
-۰/۱۴۶۶۷۹	-1/43E-03	oct	2/52E+02	۲۸/۱	۲۹/۱	۱۰۰۱۱/۷	۳۸/۵۴	۲۶/۷۱	۳۸/۵۴	۱۱/۸۳	۰/۰۱۶۶	۰/۰۲۴۰	۷/۶	۳/۸	1/14E-03	3/88E-05	3/4	8/54E+01	
-۰/۱۲۰۴۳۱	-7/22E-04	nov	1/04E+02	۲۰/۹	۲۲/۳	۱۰۰۱۵/۴	۲۴/۹۵	۱۸/۵۸	۲۴/۹۵	۶/۳۷	۰/۰۱۱۵	۰/۰۱۵۴	۶/۳	۳/۲	1/08E-03	1/63E-05	1/4	3/58E+01	
-۰/۱۵۹۳۶۴	-3/49E-04	dec	6/67E+01	۱۶/۶	۱۹/۳	۱۰۰۱۷/۷	۲۲/۰۷	۱۸/۵۸	۲۲/۰۷	۳/۴۹	۰/۰۱۱۴	۰/۰۱۳۶	۸/۵	۴/۳	1/17E-03	1/29E-05	1/1	2/84E+01	

جدول ۴- شار تبخیر و آهنگ تبخیر در ایستگاه بوشهر دریایی طی سال ۲۰۰۳ که به وسیله رابطه تجربی تصحیح شده محاسبه شده اند

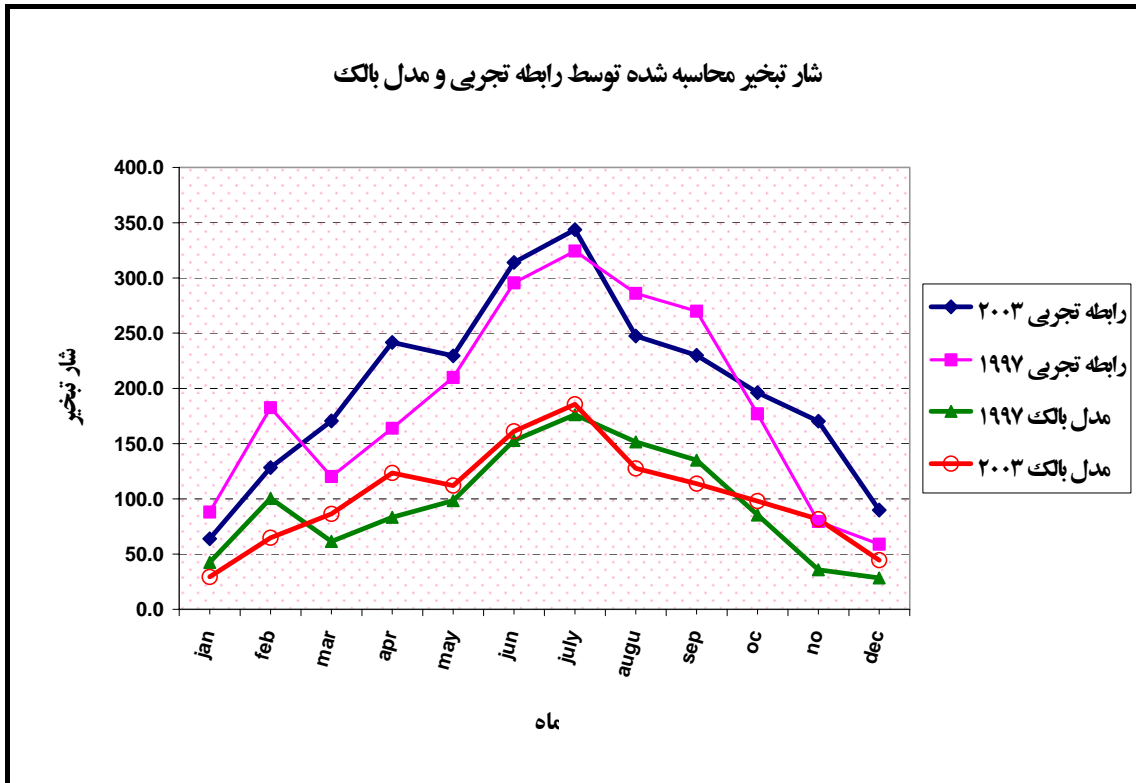
Bushehr year 2003								
$Q_e = F_e * (2494 - 2/2 * t_s) * 0/0115$								
$F_e = 1/4 * (e_s - e_a) * u$								
$e_s - e_a$	$e_s - e_a$	U	u	$F_e$	$F_e$	month	$t_s$	$Q_e$
mb	kpa	knot	m/s	$kg\ m^{-2}\ day^{-1}$	$kg\ m^{-2}\ s^{-1}$		C	$w/m^2$
۴/۲۸	۰/۴۲۸	۷/۵	۳/۷۵	۲/۲۴۷	2/6007E-05	jan	۱۷/۸	۶۳/۸۴۲۸۸۷۵
۶/۳۹	۰/۶۳۹	۱۰/۱	۵/۰۵	۴/۵۱۷۷۳	5/2289E-05	feb	۱۸/۵	۱۲۸/۲۷۹۴۷۹۳
۸/۳۴	۰/۸۳۴	۱۰/۳	۵/۱۵	۶/۰۱۳۱۴	6/9597E-05	mar	۱۹/۹	۱۷۰/۵۲۶۸۰۴۳
۱۲/۳۵	۱/۲۳۵	۹/۹	۴/۹۵	۸/۵۵۸۵۵	9/9057E-05	apr	۲۴/۷	۲۴۱/۶۶۶۱۱۲۲
۱۴/۳۸	۱/۴۳۸	۸/۱	۴/۰۵	۸/۱۵۳۴۶	9/4369E-05	may	۲۸/۳	۲۲۹/۴۸۰۲۶۴۱
۱۸/۱۶	۱/۸۱۶	۸/۸	۴/۴	۱۱/۱۸۶۵۶	0/00012947	jun	۳۱	۳۱۴/۰۷۸۲۰۸۹
۱۶/۸۴	۱/۶۸۴	۱۰/۴	۵/۲	۱۲/۲۵۹۵۲	0/00014189	july	۳۲/۶	۳۴۳/۷۰۳۵۸۹۲
۱۴/۶۸	۱/۴۶۸	۸/۶	۴/۳	۸/۸۳۷۳۶	0/00010228	augu	۳۴/۲	۲۴۷/۴۰۱۰۷۴۹
۱۴/۸۲	۱/۴۸۲	۷/۹	۳/۹۵	۸/۱۹۵۴۶	9/4855E-05	sep	۳۱/۷	۲۲۹/۹۵۲۸۴۵۶
۱۱/۸۷	۱/۱۸۷	۸/۴	۴/۲	۶/۹۷۹۵۶	8/0782E-05	oct	۲۹/۸	۱۹۶/۱۷۴۱۰۵۲
۱۰/۴۹	۱/۰۴۹	۸/۲	۴/۱	۶/۰۲۱۲۶	6/9691E-05	nov	۲۲/۷	۱۷۰/۳۲۷۷۸۶۱
۴/۷۶	۰/۴۷۶	۹/۵	۴/۷۵	۳/۱۶۵۴	3/6637E-05	dec	۱۹/۳	۸۹/۸۱۶۰۲۶۸۱

جدول ۵- شار تبخیر و میزان تبخیر محاسبه شده توسط رابطه تجربی (رابطه تجربی تصحیح شده) برای ایستگاه بوشهر

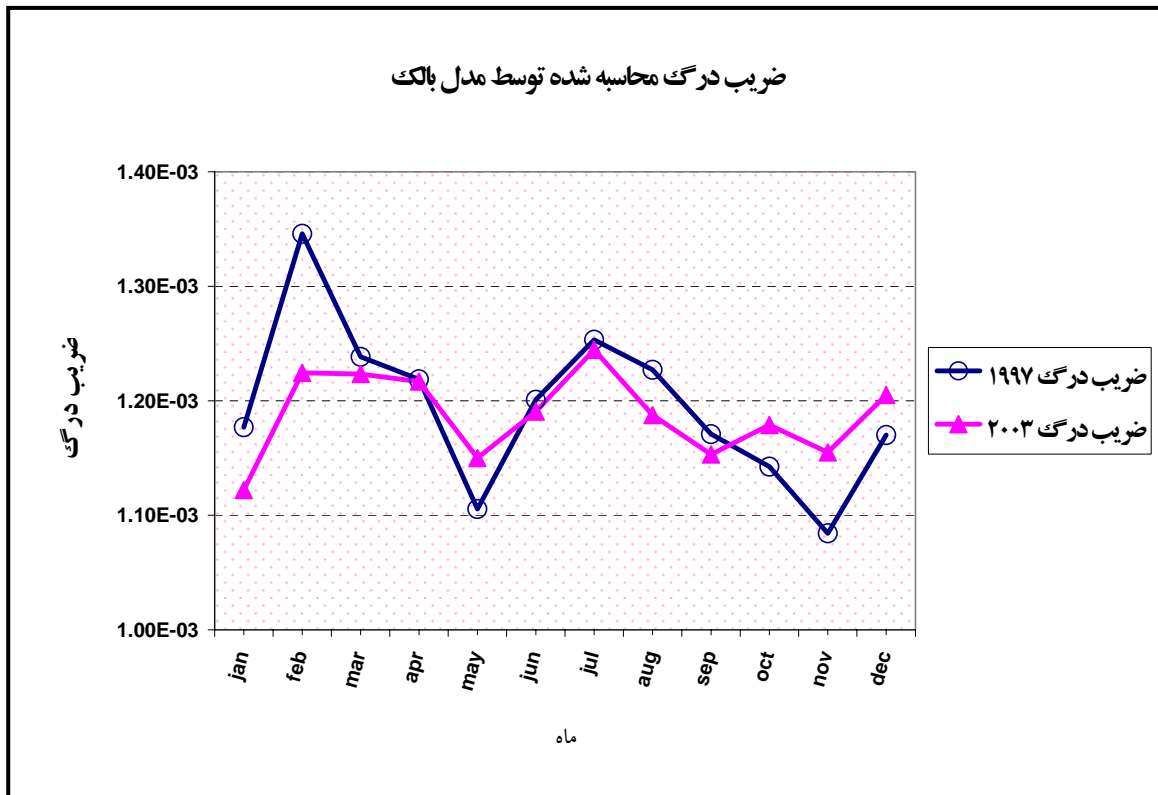
دریایی طی سال ۱۹۹۷

Bushehr										year 1997		
$F_e=1/4*(e_s-e_a)*u$												
$Q_e=F_e*(2494-2/2*t_s)*0/0115$												
$e_s-e_a$	$e_s-e_a$	u	u	$F_e$	$F_e$	month	$t_s$	t	$Q_e$			
mb	kpa	knot	m/s	$kg\ m^{-2}day^{-1}$	$kg\ m^{-2}s^{-1}$		C	C	$w/m^2$			
۵/۰۹	۰/۵۰۹	۸/۷	۴/۳۵	۳/۰۹۹۸۱	3/588E-05	jan	۱۸/۵	۱۶/۲	۸۸/۰۲۱۹۷۵۱۴			
۶/۶۴	۰/۶۶۴	۱۳/۸	۶/۹	۶/۴۱۴۲۴	7/424E-05	feb	۱۶/۰	۱۵	۱۸۲/۵۳۵۶۷۶۴			
۵/۷۶	۰/۵۷۶	۱۰/۵	۵/۲۵	۴/۲۳۳۶	0/000049	mar	۱۸/۶	۱۷/۲	۱۲۰/۲۰۰۵۲۸			
۸/۳۶	۰/۸۳۶	۹/۹	۴/۹۵	۵/۷۹۳۴۸	6/705E-05	apr	۲۲/۷	۲۲	۱۶۳/۸۸۸۸۳۲۲			
۱۵/۴۵	۱/۵۴۵	۶/۹	۳/۴۵	۷/۴۶۲۳۵	8/637E-05	may	۲۸/۹	۲۸/۳	۲۰۹/۹۰۸۱۰۵۹			
۱۶/۹۱	۱/۶۹۱	۸/۹	۴/۴۵	۱۰/۵۳۴۹۳	0/0001219	jun	۳۱/۹	۳۱/۸	۲۹۵/۵۴۵۸۳۷			
۱۵/۵۹	۱/۵۵۹	۱۰/۶	۵/۳	۱۱/۵۶۷۷۸	0/0001339	july	۳۲/۶	۳۲/۳	۳۲۴/۳۱۴۸۳۰۳			
۱۴/۸۷	۱/۴۸۷	۹/۸	۴/۹	۱۰/۲۰۰۸۲	0/0001181	augu	۳۲/۳	۳۱/۸	۲۸۶/۰۶۷۵۴۳۵			
۱۶/۵۵	۱/۶۵۵	۸/۳	۴/۱۵	۹/۶۱۵۵۵	0/0001113	sep	۳۱/۵	۳۱	۲۶۹/۸۵۰۸۲۰۹			
۱۱/۸۳	۱/۱۸۳	۷/۶	۳/۸	۶/۲۹۳۵۶	7/284E-05	oct	۲۹/۱	۲۸/۱	۱۷۶/۹۹۹۴۰۱۳			
۶/۳۷	۰/۶۳۷	۶/۳	۳/۱۵	۲/۸۰۹۱۷	3/251E-05	nov	۲۳/۳	۲۰/۹	۷۹/۴۲۴۴۶۹۷۵			
۳/۴۹	۰/۳۴۹	۸/۵	۴/۲۵	۲/۰۷۶۵۵	2/403E-05	dec	۱۹/۳	۱۶/۶	۵۸/۹۱۹۲۴۰۶۴			





نمودار ۱ - شار تبخیر محاسبه شده توسط رابطه تجربی و مدل بالک برای سال های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۳ در ایستگاه بوشهر دریایی

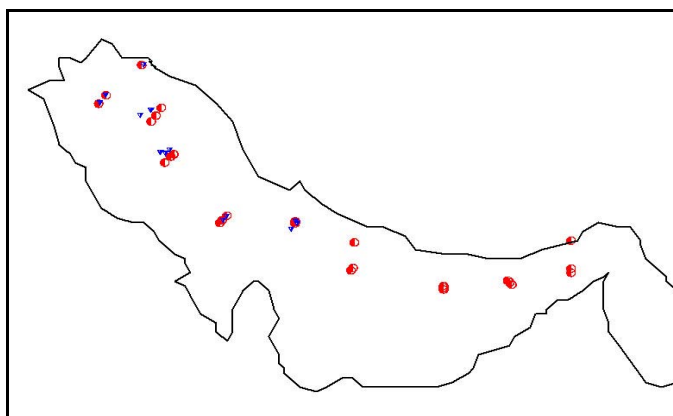


نمودار ۲ - ضریب درگ محاسبه شده توسط مدل بالک برای سال های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۳ در ایستگاه بوشهر دریایی

## - محاسبه تبخیر با استفاده از اطلاعات دریایی

دریایی نبود، لذا به عنوان شاخص یک ماه گرم و یک ماه سرد از سال مورد بررسی قرار گرفت. توزیع ایستگاه های اندازه گیری داده های اولیه دریایی بر اساس شکل ۱ می باشد.

برای بررسی دقیق تر شار و آهنگ تبخیر علاوه بر بررسی داده های ساحلی نیاز به بررسی داده های دریایی نیز احساس شد، اما به دلیل کمبود داده های جمع آوری شده بر روی دریا امکان بررسی یک سال کامل توسط این داده ها



شکل ۱- توزیع ایستگاه های اندازه گیری داده های اولیه دریایی  
▲ سال ۱۹۸۹ و ● سال ۱۹۹۵

## - محاسبه تبخیر در یک ماه گرم سال (می ۱۹۸۹)

ماه می به عنوان یک ماه گرم سال مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده توسط گشت تحقیقاتی در خلیج فارس برای ماه می سال ۱۹۸۹ شار تبخیر و آهنگ تبخیر به وسیله مدل بالک و رابطه تجربی تصحیح شده محاسبه گردید (جدول ۶).

با استفاده از مدل بالک شار تبخیر میانگین در ماه می  $125 \text{ W/m}^2$  و آهنگ تبخیر  $5/6 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$  و با استفاده از رابطه تجربی تصحیح شده شار تبخیر میانگین در این ماه  $242/8 \text{ W/m}^2$  و آهنگ تبخیر  $10 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$  به دست آمد.

## - محاسبه تبخیر در یک ماه سرد سال (دسامبر ۱۹۹۵)

ماه دسامبر به عنوان یک ماه سرد سال مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از داده های جمع آوری شده توسط گشت تحقیقاتی در خلیج فارس برای ماه دسامبر سال ۱۹۹۵ شار تبخیر و آهنگ تبخیر به وسیله مدل بالک و رابطه تجربی تصحیح شده محاسبه گردید (جدول ۷).

با استفاده از مدل بالک شار تبخیر میانگین در ماه دسامبر  $114/3 \text{ W/m}^2$  و آهنگ تبخیر  $5 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$  و با استفاده از رابطه تجربی تصحیح شده شار تبخیر میانگین در این ماه  $215/8 \text{ W/m}^2$  و آهنگ تبخیر  $8/1 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$  محاسبه شد.



## بحث

با استفاده از مدل Liu and et al شار و آهنگ تبخیر با استفاده از داده های ایستگاه های هواشناسی ساحلی طی دو سال پر بارش و کم بارش ۱۹۹۷ و ۲۰۰۳ بررسی گردید. نتایج به دست آمده از مدل بیانگر این مطلب بود که در طی سال در ماه های گرم شار و آهنگ تبخیر بیشتر از ماه های سرد سال می باشد.

طی سال ۱۹۹۷ (پر بارش)، بیشترین میزان شار تبخیر در ماه جولای  $186 \text{ W/m}^2$  و کمترین میزان شار تبخیر در ماه ژانویه  $29/4 \text{ W/m}^2$  به دست آمد.

طی سال ۲۰۰۳ (سال کم بارش)، با بررسی پارامتر سرعت باد در طی سال ۲۰۰۳ مشخص گردید در جولای بیشترین میزان سرعت باد  $5/2 \text{ m/s}$  را داریم. اما در ماه مارچ هم سرعت باد بالا و برابر  $5/2 \text{ m/s}$  است، ولی به دلیل این که دمای آب و هوا در ماه مارچ کمتر از ماه جولای است در نتیجه شار تبخیر و آهنگ تبخیر در ماه مارچ بالا نیست اما در ماه جولای چون هم سرعت باد بالاست و همراه آن دمای آب و هوا نیز بالا می باشند در نتیجه در این ماه شار و آهنگ تبخیر بالا است.

سرعت باد و دما هر دو رابطه مستقیمی با شار و آهنگ تبخیر دارند. در نتیجه زمانی که یکی از این پارامترها ثابت باشد با افزایش پارامتر دیگر شار و آهنگ تبخیر افزایش خواهد یافت.

در طی سال ۲۰۰۳ با مقایسه تغییرات دمای سطح آب و هوا مشخص گردید. در طی ژانویه تا مارچ دمای آب بالاتر از دمای هوا و طی مارچ تا آگوست دمای هوا بالاتر از دمای آب و از آگوست تا دسامبر دوباره دمای آب از هوا بالاتر بوده است.

طی سال ۱۹۹۷ (سال پر بارش)، با مقایسه سرعت باد مشخص گردید در ماه جولای که شار و آهنگ تبخیر بالا می باشد، سرعت باد نیز بیشترین میزان خود را طی سال دارد. با بررسی سرعت باد در طی سال مشخص گردید در ماه مارچ نیز سرعت باد بالا می باشد ( $5/3 \text{ m/s}$ ) اما شار تبخیر و آهنگ

تبخیر در این ماه بالا نیست، زیرا دمای آب و هوا در این ماه به نسبت ماه جولای کمتر می باشد.

طی سال ۱۹۹۷ با مقایسه تغییرات دمای آب و هوا مشخص گردید طی ماه ژانویه تا می دمای آب بیشتر از دمای هوا و در ماه می، ژوئن و جولای دمای هوا و آب خیلی نزدیک به هم و تقریباً برابر هستند. از جولای تا دسامبر مجدد دمای آب بیشتر از هوا است و در طی ماه های گرم سال دمای آب کمتر از هوا یا نهایتاً برابر دمای هوا می باشد.

توسط رابطه تجربی نیز شار و آهنگ تبخیر طی سال ۲۰۰۳ محاسبه و مشخص گردید اختلاف بین رابطه تجربی و مدل خیلی بالا است. برای بررسی این اختلاف رابطه تجربی از ابتدا مورد بررسی قرار گرفت و رابطه جدید تجربی به دست آمد، و مجدداً با استفاده از رابطه تجربی تصحیح شده شار تبخیر برای سال ۲۰۰۳ محاسبه شد.

طی سال ۲۰۰۳ بیشترین شار تبخیر در جولای ( $343 \text{ W/m}^2$ ) و کمترین میزان شار تبخیر در ژانویه ( $63/8 \text{ W/m}^2$ ) با استفاده از رابطه تجربی تصحیح شده به دست آمد.

طی سال ۲۰۰۳ بیشترین میزان آهنگ تبخیر در طی سال در جولای ( $14 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) و کمترین میزان آهنگ تبخیر در ژانویه ( $2/6 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) با استفاده از رابطه تجربی تصحیح شده حاصل شد.

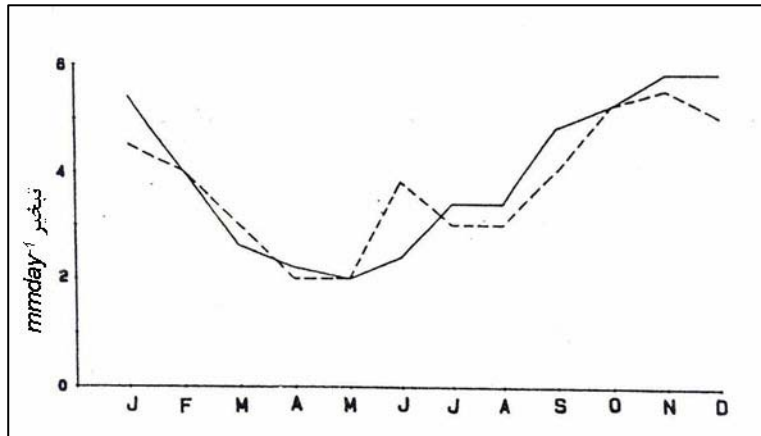
توسط رابطه تجربی تصحیح شده شار و آهنگ تبخیر طی سال ۱۹۹۷ محاسبه شد. بیشترین میزان شار تبخیر در طی سال ۱۹۷۷ در جولای ( $324 \text{ W/m}^2$ ) و کمترین میزان شار تبخیر در ژانویه ( $63/8 \text{ W/m}^2$ ) نتیجه گردید.

بیشترین میزان آهنگ تبخیر در طی سال ۱۹۹۷ در جولای ( $13 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) و کمترین میزان آهنگ تبخیر در دسامبر ( $2/4 \times 10^{-5} \text{ kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) به دست آمد. با بررسی شار و آهنگ تبخیر به وسیله رابطه تجربی نیز، مانند مدل Liu میزان شار تبخیر و آهنگ تبخیر در ماه های گرم سال بیشتر از ماه های سرد سال به دست آمد، با این تفاوت که مقادیر نتایج به

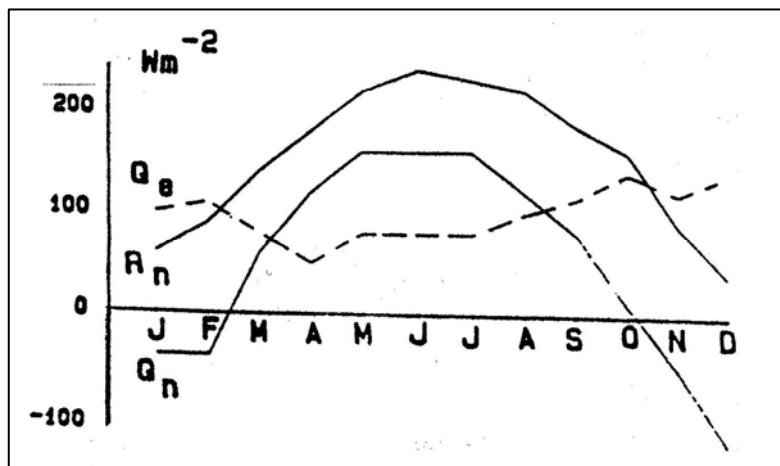
نتیجه واحد به دست آمد که تبخیر در ماه‌های گرم بیشتر از ماه‌های سرد است و بیشترین میزان آن در ماه جولای می‌باشد. اما طبق تحقیقات Hastenrath and Lamb شار و آهنگ تبخیر در ماه‌های سرد سال بیشتر از ماه‌های گرم سال است (۱۰). (نمودارهای ۳ و ۴).

دست آمده از رابطه تجربی نسبت به مدل بالک بیشتر است و دلیل آن می‌تواند درصد خطای رابطه تجربی باشد.

نتایج به دست آمده از مدل بالک و رابطه تجربی نشان می‌دهد که در سال پر بارش (۱۹۹۷) میزان تبخیر در طی سال کمتر از سال کم بارش (۲۰۰۳) است. در کل از مدل بالک و رابطه تجربی برای منطقه مورد بررسی در خلیج فارس یک



نمودار ۳ - میزان آهنگ تبخیر در خلیج فارس (۱۰)



نمودار ۴ - بودجه گرمایی ماهیانه خلیج فارس (۱۰)

یکساله در این زمینه در دسترس نبود از اطلاعات یک ماه گرم و یک ماه سرد سال استفاده شد.

برای ماه گرم سال ما می‌در نظر گرفته شده و از اطلاعات جمع آوری شده طی گشت تحقیقاتی ۱۹۸۹ استفاده گردید و به وسیله مدل بالک شار تبخیر در این ماه  $W/m^2$

برای بررسی دقیق تر دو رابطه استفاده شده در این تحقیق (مدل لیو و رابطه تجربی) نیاز بود از داده‌های دریایی جمع آوری شده در طی گشت‌های تحقیقاتی به عنوان ورودی مدل و رابطه استفاده شود. به این دلیل که اطلاعات پیوسته

لذا آب سطح سنگین تر از عمق می شود و یک جریان از سطح به عمق خواهیم داشت. اگر ورودی رودخانه ها و بارندگی را ثابت فرض کنیم، میزان آبی که در اثر تبخیر در خلیج فارس از دست می رود باید تامین شود، لذا جریانی از تنگه هرمز به سوی خلیج فارس خواهیم داشت. در نتیجه تبخیر یکی از عوامل ایجاد کننده جریانات دریایی است..

### نتیجه گیری

۱. طبق نتایج به دست آمده از مدل بالک و رابطه تجربی شار و آهنگ تبخیر در ماه های گرم سال بیشتر از ماه های سرد سال می باشد.
۲. بیشترین میزان شار و آهنگ تبخیر طبق مدل بالک و رابطه تجربی در ماه جولای مشاهده می شود.
۳. نتایج مدل بالک دقیق تر از نتایج به دست آمده از رابطه تجربی است، زیرا رابطه تجربی نسبت به تحقیقات انجام شده در گذشته میزان شار و آهنگ تبخیر را بالاتر نشان می دهد و این اختلاف را با مدل بالک نیز دارد، اما مدل بالک نتایجی نزدیک به تحقیقات انجام شده در گذشته نشان می دهد، بنابراین مدل بالک دقیق تر از رابطه تجربی است.
۴. سرعت باد و دما هر دو رابطه مستقیمی با شار و آهنگ تبخیر دارند در نتیجه زمانی که یکی از این پارامترها ثابت باشد با افزایش پارامتر دیگر شار و آهنگ تبخیر افزایش خواهد یافت.
۵. در سال پر بارش در کل سال میزان تبخیر کمتر از سال کم بارش و در سالی که بارش کمتر بوده تبخیر بیشتر از سال پر بارش می باشد.
۶. رابطه تجربی (۷) تصحیح و رابطه تجربی جدیدی برای شار تبخیر در خلیج فارس به دست آمد.

$$W/m^2$$

$$Q_e = 1.4 \cdot (e_s - e_a) \cdot u \cdot (2494 - 2.2 \cdot t_s) \cdot 0.0115$$

۱۲۵ و آهنگ تبخیر  $kgm^{-2}s^{-1}$   $5/6 \times 10^{-5}$  و به وسیله رابطه تجربی شار تبخیر در این ماه  $242 W/m^2$  و آهنگ تبخیر  $kgm^{-2}s^{-1}$   $10 \times 10^{-5}$  به دست آمد.

برای ماه سرد سال ماه دسامبر در نظر گرفته شد و از اطلاعات جمع آوری شده طی گشت تحقیقاتی سال ۱۹۹۵ استفاده بعمل آمد، از مدل بالک شار تبخیر  $114/3 W/m^2$  و آهنگ تبخیر  $kgm^{-2}s^{-1}$   $5 \times 10^{-5}$  و توسط رابطه تجربی شار تبخیر  $215/8 W/m^2$  و آهنگ تبخیر در این ماه  $kgm^{-2}s^{-1}$   $8/8 \times 10^{-5}$  به دست آمد.

با بررسی این دوماه نیز مشخص گردید شار تبخیر و آهنگ تبخیر در ماه گرم بررسی شده بیشتر از ماه سرد می باشد، که تأیید کننده نتایج به دست آمده طی سال ۱۹۹۷ و ۲۰۰۳ است. بر اساس داده های جمع آوری شده از دریا و داده های ایستگاه های ساحلی نتایج یکسانی به دست آمد، اما در بررسی اطلاعات دریایی شار تبخیر در هر دو ماه مورد بررسی بالا می باشد و اختلاف بین آنها کم است و این به دلیل دقت بالای داده های دریایی می باشد.

بر طبق تحقیقات انجام شده توسط Ahmad and Sultan (۱۹۹۰) شار تبخیر در طی سال در خلیج فارس در ماه های گرم بیشتر از ماه های سرد سال است و در ماه جولای بیشترین میزان شار تبخیر در طی سال مشاهده می شود (۱۱ و ۱۲). بر طبق تحقیقات Privett (۱۹۵۹) آهنگ تبخیر برای خلیج فارس در طی ماه های سرد سال بیشتر از ماه های گرم سال است (۱۳).

در نهایت مشخص می شود طی تحقیقات انجام شده نتایج متفاوتی به دست آمده است.

تبخیر فرایندی گرماگیر است. در اثر تبخیر سطح گرما از دست می دهد و در نتیجه چگالی سطح افزایش می یابد و چگالی عمق کمتر از سطح می شود، بنابر این ناپایداری رخ می دهد و عمق لایه اختلاط افزایش می یابد. در واقع تبادل گرما یکی از عوامل ایجاد لایه اختلاط می باشد. تبخیر باعث کاهش دمای سطح و افزایش شوری در لایه سطحی می شود

3. Linacre.E.T,1994 ,Estimating U.S. class-A pan evaporation from few climate data , Water International,19,5-14
4. Ham, J.M., 1999, 'Measuring evaporation and seepage losses from lagoons used to contain animal waste'. Trans. Of the ASAE. 42:75-83.
۵. صادق کرد خیلی. الف، ۱۳۷۵، مطالعه بر همکنش توده‌ای هوا - دریا در حوزه جنوبی دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی
۶. جاریانی، ف.، ۱۳۸۴، بررسی بودجه حرارتی در سواحل شمالی خلیج فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه کیش
7. Liu. T, W,Kristina, B.Katsaros and Joost .A.Businger, Bulk,1979, parameterization of Air-Sea Exchanges of heat and water vapor Including the Molecular constraints at the Interface, Journal of the atmospheric sciences. Vol.36. 1722-1734.
8. Allen R .G .et al, 1998, Crop Evaporation and aspiration .FAO, Rome. Paper59.
9. Pickard.G.L & Emery W.J, 1993, Descriptive physical oceanography. Chapter5. Pergamon press
10. Chao. Shenn-Yu, Timothg W.KAO and Khalid R.Alhajri, 1992, A Numerical Investigation of circulation in the Persian Gulf, Journal of Geophysical Research. VOL97. No. C7,pp 11,219-11,239
11. Swift. S. A and Amy .S.Bower,2002, Formation and circulation of dense water in the Persian Gulf, woods Hole
۷. نتایج به دست آمد از داده های ساحلی نشان می دهد، در مقایسه بین ماه دسامبر و می شار تبخیر در ماه می بیشتر از دسامبر و میزان آن نیز خیلی بیشتر از ماه دسامبر است. اما توسط داده های دریایی با این که شار تبخیر در می بیشتر از دسامبر به دست آمد ولی میزان شار تبخیر در این دو ماه خیلی نزدیک به یکدیگر است و این موضوع بیان کننده دقت بالاتر این داده های دریایی است.
- با توجه بررسی های انجام شده در این تحقیق داده های ساحلی نتایج دقیقی را ارایه نمی دهند و نظر به این که داده های دو ماه دسامبر و می که طی گشت دریایی جمع آوری شده اند نتایج دقیق تری را ارایه دادند، لذا پیشنهاد می شود طی یک سال داده های دریایی جمع آوری و این تحقیقات توسط داده های دریایی مجدداً انجام شود و نتایج مورد تحلیل قرار گیرد.
- با توجه به این که تبخیر یکی از عوامل به وجود آورنده جریان های دریایی می باشد، لذا نیاز است که تحقیقات گسترده ای در زمینه تاثیرات تبخیر بر روی جریان های دریایی انجام شود. همچنین تبخیر می تواند بر محیط زیست خلیج فارس اثرات مستقیم و غیر مستقیم داشته باشد. مثل تأثیر بر حیات آبزیان و گونه های با ارزش، تغییر توزیع دمای سطحی و شوری سطحی، تغییر الگوی جریان ها و نحوه انتشار آلودگی ها، تغییر میزان اختلاط و ناپایداری در ستون آب دریا، لذا ضروری است در خصوص جزئیات این موارد مطالعات وسیعی انجام شود.

## منابع

۱. علیزاده. الف، ۱۳۸۲، اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات استان قدس رضوی
2. Sene. K.J , Gash. j. H.C and Mcneil.D.D,1991,Evaporation from a tropical lake : comparison of theory with direct measurement ,J. of Hydrology ,127,193-217

- Hormuz", *Atmosphere-Ocean*, 29, 54-61.
13. Privett D.W., 1959, monthly charts of evaporation from the North Indian Ocean, including the Red Sea and the Persian Gulf, *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 85, 424-428.
- oceanographic Institution, woods Hole, MA 02543.
12. Ahmad F. and S.A.R. Sultan, 1990, Annual mean surface heat fluxes in the Persian Gulf and the net heat transport through the Strait of