



ORIGINAL RESEARCH PAPER

## Blue carbon sequestered in the mangrove forests of Gowatr Bay; Iranian coasts of the Oman Sea

Mohammad Ali Hamzeh\*<sup>1</sup>, Emad Koochaknejad<sup>2</sup>, Samad Hamzei<sup>3</sup>

1- Department Marine science, Faculty of non-living Science, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran

2-Assistant Professor Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS) , Tehran, Iran.

3-Assistant Professor Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS) , Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 2022/6/12

Revised: 2023/08/1

Accepted: 2023/06/5

#### Keywords:

Bahu Estuary

Carbon fixation

Climate change

Mangrove

#### \*Corresponding author:

✉ [Hamzeh@inio.ac.ir](mailto:Hamzeh@inio.ac.ir)

orcid: [0000-0002-0868-3366](https://orcid.org/0000-0002-0868-3366)

doi: [10.52547/joc.14.53.2](https://doi.org/10.52547/joc.14.53.2)

doi:[20.1001.1.15621057.1402.14.53.2.6](https://doi.org/20.1001.1.15621057.1402.14.53.2.6)

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Mangroves are the most efficient coastal environments for carbon sequestration, which can play an effective role in modifying the increase of greenhouse gases.

**Methods:** In this study, for the first time, the carbon storage in soils and mangrove trees in mangrove forest of Gowatr Bay was evaluated. The amount of sediment carbon in sediment cores was determined as well as the diameter at breast height and height of trees were measured at 12 stations in Bahu and Gowatr Estuaries

**Findings:** Satellite imagery showed that the total area of the Gowatr Bay mangrove forest is 450 ha, 67% of which is high-density forest. The amount of soil carbon in the region fluctuates between 1.09 to 1.75%, which is lower than the range of the global average (2.2%). The average carbon content of the top 1m of Gowatr Bay is 126 tons per hectare (t ha<sup>-1</sup>), which is within the global average range. The total amount of carbon in the top 1m of Gowatr mangrove soil was estimated at 59,600 tons, 70% of which is sequestered in Bahu Estuary mangroves. The total amount of soil carbon in Gowatr and Bahu Estuaries is 36,200 and 69,700 tons, respectively. A total of 103,500 tons of carbon is stored in the mangrove trees of Gowatr Bay, 64% of which is related to the Bahu Estuary. A total of 206,000 tonnes of carbon (equivalent to 755,000 tonnes of carbon dioxide) have been stabilized in the Gowatr forest, 49% of which is stored in trees.

**Conclusion:** Estimates show that if the Gowatr forest is completely deforested, about 461,800 tons of carbon dioxide will re-mineralize into the atmosphere.



NUMBER OF TABLES

2



NUMBER OF FIGURES

4



NUMBER OF REFERENCES

27

## کربن آبی ذخیره‌شده در جنگل‌های مانگرو خلیج گواتر؛ سواحل ایرانی دریای عمان

محمدعلی حمزه<sup>۱\*</sup>، عماد کوچک نژاد<sup>۲</sup>، صمد حمزه ئی<sup>۳</sup>

۱- عضو هیئت علمی، گروه علوم غیر زیستی، دانشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران.

۲- استادیار گروه علوم غیر زیستی، دانشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران.

۳- استادیار گروه علوم غیر زیستی، دانشکده علوم دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران.

## اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۲

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۵

## چکیده

**پیشینه و اهداف:** مانگروها کارآمدترین محیط‌های ساحلی در تثبیت کربن هستند که می‌توانند نقش مؤثری در مقابله با افزایش گازهای گلخانه‌ای ایفا کنند.

**روش‌ها:** در این مطالعه برای نخستین بار ذخیره کربن خاک و همچنین کربن ذخیره‌شده در درختان حرا در جنگل مانگرو خلیج گواتر مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این کار، تعیین میزان کربن ر سوبات در مغزه‌های ر سوبی و اندازه‌گیری قطر تنه و ارتفاع درختان در ۱۲ ایستگاه در خور باهو و گواتر انجام گردید.

**یافته‌ها:** پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان داد مساحت کلی جنگل مانگرو خلیج گواتر ۴۵۰ هکتار است که ۶۷ درصد آن را جنگل‌های متراکم تشکیل می‌دهد. میزان کربن خاک در منطقه بین ۱/۹ تا ۱/۷۵ درصد در نوسان است که کمتر از محدوده میانگین جهانی آن (۲،۲٪) است. میانگین کربن یک متر فوقانی خاک حرای خلیج گواتر ۱۲۶ تن بر هکتار است که در محدوده میانگین جهانی آن است. میزان کل کربن در یک متر فوقانی خاک مانگروهای گواتر ۵۹۶۰۰ تن برآورد شد که ۷۰ درصد آن در مانگروهای خور باهو تثبیت شده است. میزان کل کربن خاک در خورهای گواتر و باهو به ترتیب ۳۶۲۰۰ و ۶۹۷۰۰ تن است. در کل ۱۰۳۵۰۰ تن کربن در درختان حرای خلیج گواتر ذخیره‌شده است که ۶۴٪ آن مرتبط با خور باهو است. در کل ۲۰۶۰۰۰ تن کربن (معادل ۷۵۵۰۰۰ تن دی‌اکسید کربن) در جنگل حرای گواتر تثبیت شده که ۴۹٪ آن در درختان تجمع یافته است.

**نتیجه‌گیری:** برآوردها نشان می‌دهد در صورت تخریب کامل جنگل‌های حرای گواتر، حدود ۴۶۱۸۰۰ تن دی‌اکسید کربن وارد جو خواهد شد.

## واژگان کلیدی:

تثبیت کربن

تغییر اقلیم

خور باهو

مانگرو

\*نویسنده مسئول:

✉ Hamzeh@inio.ac.ir

orcid : ORCID: 0000-0002-0868-3366

doi: 10.52547/joc.14.53.2

dor:20.1001.1.15621057.1402.14.53.2.6

## مقدمه

مطالعه میزان تجمع کربن در مانگروها اهمیت بسیار زیادی جهت بررسی توان بالقوه این رویشگاه‌ها در مقابله با اثرات انسانی گرمایش جهانی دارد. از این جهت مطالعات تخمین میزان کربن آبی در مانگروها در ۴۸ کشور دارای ۸۸٪ مساحت جنگل‌های مانگرو جهان انجام پذیرفته است. اما همچنان تعدادی خلأ اطلاعاتی در این زمینه در برخی نواحی از جمله ایران وجود دارد [۸]. در حوضه مطالعه میزان ذخیره کربن در مانگروهای کشور با توجه به جوان بودن موضوع، تعداد محدودی مطالعه در حراهای خوران [۹]، سیریک [۱۰] و بوشهر [۱۱] انجام گرفته است، که همگی محدود به دو سال اخیر هستند. در این مطالعه، میزان کربن در خلیج گواتر، مهم‌ترین جنگل مانگرو سواحل ایرانی دریای عمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جنگل‌های مانگرو در ۸ منطقه حفاظت‌شده بین‌المللی ایران حضور دارند که بخش اعظم آن‌ها در سواحل کم شیب‌تر و آرام‌تر غرب تنگه هرمز خلیج فارس می‌رویند. جنگل‌های همیشه‌سبز دریایی حرا در خلیج گواتر به‌عنوان بزرگ‌ترین جنگل مانگرو سواحل دریای عمان از زیباترین گردشگاه‌های شهرستان چابهار به شمار می‌آیند [۴]. دو خور دارای درختان حرا در بخش ایرانی خلیج گواتر شامل خور باهو و خور گواتر هستند. رود باهوکلات در بین این دو خور به خلیج گواتر می‌ریزد. وضعیت کمی جنگل‌های حرای خلیج گواتر دارای سیر صعودی هستند به طوری که بر اساس مطالعه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، وسعت جنگل‌ها از ۱۵۶ هکتار در سال ۱۳۳۶ به ۶۰۷ هکتار در سال ۱۳۸۷ افزایش یافته است [۱۲]. تالاب‌های ساحلی بخش ایرانی این خلیج که بخشی از منطقه حفاظت‌شده باهوکلات به شمار می‌آید، به‌عنوان بیستمین تالاب بین‌المللی کشور در سال ۱۳۸۷ در فهرست تالاب‌های بین‌المللی رامسر قرار گرفت [۱۳].

گونه درخت حرا (*Avicennia marina*) تنها گونه درخت مانگرو در این ناحیه است. غالب بودن گونه حرا در مانگروهای ایران به دلیل دوام آن در محدوده تغییرات دما و شوری بالای آب دریا این نواحی است [۱۵]. این درختان عموماً در نواحی نزدیک خط ساحلی (بخش پایینی محدوده بین جزر و مد) تحت تسلط جریان جزر و مد حضور دارند.

## روش پژوهش

خلیج گواتر در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران در سواحل استان سیستان و بلوچستان در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۱ دقیقه تا ۲۵

جنگل‌های مانگرو را می‌توان جزء ارزشمندترین زیست‌بوم‌های گیاهی سواحل نواحی حاره‌ای و جنب‌حاره‌ای قلمداد نمود. این جنگل‌ها در نواحی بین جزر و مدی در کنار سواحل، مصب رودخانه‌ها، خورها، تالاب‌ها، خلیج‌های کوچک و جزایر گلی - ماسه‌ای به‌صورت جوامع کوچک و بزرگ گسسته یا پیوسته حضور دارند [۱]. از آنجاکه مانگروها تنها جنگل‌های با توانایی تاب‌آوری در محیط آب‌شور ساحلی هستند، در این نواحی بی‌رقیب هستند. وسعت جهانی جنگل‌های مانگرو ۱۳۷،۷۶۰ کیلومترمربع برآورد شده است که در ۵۵ کشور در دنیا پراکنده شده‌اند [۲] [۳]. در آسیا تنها ۱۴ کشور واجد سطوح وسیعی از این جنگل‌ها هستند. از نظر وسعت جنگل‌های مانگروی ایران در دنیا رتبه ۴۳ و در آسیا جایگاه دهم را داشته و در بین کشورهای حاشیه خلیج فارس بیشترین سطح جنگل‌های طبیعی مانگرو در ایران وجود دارد [۴].

جنگل‌های مانگرو نقش مهمی در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی نواحی ساحلی بازی می‌کنند. این زیست‌بوم‌ها منبع مواد غذایی مهمی برای زئوپلانکتون‌های ریزه‌خوار و جانداران کفزی (کرم‌ها، حلزون‌ها، میگوها، دوکفه‌ای‌ها، خرچنگ‌ها و ...) فراهم می‌سازند. یکی از مهم‌ترین عملکردهای این زیست‌بوم‌های پرارزش که در دو دهه اخیر توجه زیادی را به خود معطوف داشته است، سهم بالای این نواحی در تثبیت و ذخیره کربن آلی (که به‌عنوان کربن آبی (Blue carbon) شناخته می‌شود) است که از این طریق می‌توانند نقش ارزنده‌ای در کنترل گرمایش جهانی داشته باشند [۵]. مطالعات نشان می‌دهد حدود نیمی از جذب دی‌اکسید کربن جو توسط اقیانوس‌ها انجام می‌شود. در این میان، جنگل‌های مانگرو با وجود اینکه کمتر از نیم درصد مساحت اقیانوس‌ها را در برمی‌گیرند، بیش از ۱۴٪ کربن آن‌ها را در خود ذخیره کرده‌اند [۶] [۷]. رسوبات این نواحی به دلیل آنکه همواره اشباع از آب هستند و محیط احیایی بر آن‌ها حاکم است، قابلیت بسیار زیادی جهت ذخیره کربن و حفظ آن برای هزاران سال را دارند. طی هزار سال گذشته این زیست‌بوم‌ها سالانه بین  $10^{15}$  × ۱۰،۴ - ۵ گرم کربن را در خود ذخیره کرده‌اند [۸]. بر این اساس تخریب رویشگاه‌های مانگرویی از طریق آزادسازی کربن به جو و تسریع گرمایش زمین اثرات زیانباری در پی خواهد داشت [۵].

مساحت جنگل‌های مانگرو خلیج گواتر در خور گواتر و باهو به ترتیب ۱۵۹/۳ و ۵۰۸/۲۱ هکتار برآورد شده است [۱۳]. عرفانی و همکاران (۱۳۸۶) میانگین تراکم درختان در کل رویشگاه را ۱۶۲۳ اصله در هکتار برآورد

### ۳. مطالعات میدانی

مطالعات میدانی این تحقیق شامل مطالعه و اندازه‌گیری اندازه و تراکم پوشش گیاهی و نمونه‌برداری مغزۀ رسوب است. در این مطالعه، ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری انتخاب شد. ایستگاه‌ها به نحوی انتخاب گردید تا ضمن توزیع جغرافیایی مناسب در رویشگاه، نواحی با تراکم مختلف را نیز در برداشته باشد. در هر ایستگاه نمونه‌برداری، یک دایره به شعاع ۷ متر در نظر گرفته شد. در مرکز هر دایره، مغزۀ رسوبی تا حداکثر عمق خاک جنگل مانگرو و رسیدن به رسوبات رنگ روشن ماسه‌ای توسط مغزه گیر اوگر برداشته شد. سپس زیر نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۵۰، ۵۰-۷۰، ۷۰-۱۰۰ سانتی‌متری برای یک متر فوقانی برداشت شد. در نواحی با عمق بیشتر فاصله بین نمونه‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد [۱۸]. بعلاوه خصوصیات رویشی تمامی درختان (شامل ارتفاع درخت و قطر تنه اصلی در ارتفاع ۱/۳ متری از سطح زمین) داخل دایره اندازه‌گیری شد [۱۹]. از آنجا که درختان گونه حرا عموماً از سطح زمین (قبل از رسیدن به ارتفاع ۱/۳ متری) به صورت شاخه‌شاخه منشعب می‌شوند قطر تمامی شاخه‌های منشعب شده در ارتفاع ذکر شده محاسبه گردید [۱۹].

### ۴. محاسبه میزان کربن آبی

محاسبه کربن آبی درختان: جهت استفاده در معادله محاسبه میزان زیست‌توده درختان، میزان چگالی چوب درختان حرا بر اساس مطالعات Askari و همکاران (۲۰۲۲)، ۰/۶۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد [۲۰] [۲۱]. میزان زیست‌توده روی سطح<sup>۱</sup> (ATB) هر کدام از درختان موجود در هر دایره با استفاده از رابطه شماره یک برای درختان حرا محاسبه شد [۲۱]:

$$ATB = 0.0509 \times \rho \times D^2 \times H(1)$$

که در آن ATB: زیست‌توده بخش روی سطح درخت حرا (کیلوگرم)،  $\rho$ : چگالی چوب درخت (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، D: قطر تنه درخت در ارتفاع ۱۳۰ سانتی‌متری و H: ارتفاع درخت (متر) است

درجه و ۱۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۴۷ دقیقه واقع شده است (شکل ۱). وسعت کلی این خلیج ۴۳۵ کیلومترمربع است که حدود ۳۱٪ بخش غربی این خلیج متعلق به ایران و مابقی در بخش شرقی تحت مالکیت پاکستان است [۱۲]. کرد. ایشان ارتفاع متوسط درختان و ارتفاع تاج را ۲۶۵ و ۱۸۰ سانتی‌متر تعیین کردند. قطر متوسط تاج پوشش ۲۶۳ سانتی‌متر و متوسط تراکم تاج پوشش ۵۵ درصد محاسبه گردید.

بر اساس روش آمبرژه اقلیم منطقه از نوع اقلیم بیابانی گرم شدید تعیین شده است [۱۴]. میانگین بارش این محدوده برابر با ۱۱۴ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه معادل ۲۶/۵ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. متوسط سالانه حداکثر مطلق گرما و سرما در این حوزه به ترتیب ۳۰/۱ و ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد است که حداکثر دما در ماه‌های اردیبهشت تا تیر و حداقل دما در ماه‌های آذر تا بهمن رخ می‌دهد.

### ۲. مطالعات مکانی و سامانه اطلاعات جغرافیایی

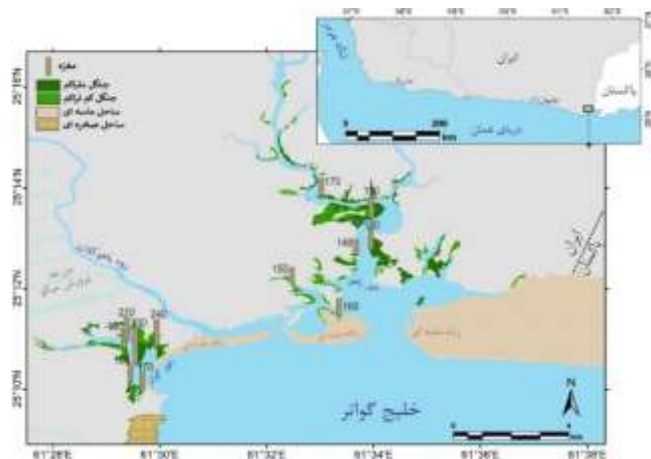
جهت بررسی شرایط رویشی جنگل‌های مانگرو منطقه، تصاویر زمین مرجع شده ماهواره‌ای گوگل ارث با قدرت تفکیک بسیار بالا (به‌طوری‌که تاج درختان در تصاویر قابل‌رؤیت باشد) دریافت شد. سپس این تصاویر با تعریف سیستم مختصات جغرافیایی مناسب توسط نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد پردازش قرار گرفت. به دلیل آنکه میزان تراکم درختان مانگرو و ارتفاع آن‌ها در نواحی مختلف یک رویشگاه متفاوت است با تلفیق مطالعات و بازدیدهای میدانی و سنجش‌ازدور، محدوده گسترش هر کدام جداگانه ترسیم شد و در نهایت مساحت هر محدوده با دقت بالا تعیین گردید. این تقسیم‌بندی بر اساس پوشش تاج درختان (درصد مساحتی از محدوده جنگل که توسط درختان پوشیده شده) و ارتفاع درختان انجام پذیرفت [۱۶] [۱۷]. از آنجا که طبق مطالعات قبلی [۱۲] [۱۳] متوسط تراکم پوشش تاج مانگروهای منطقه ۵۵ درصد تعیین شده بر این اساس پوشش گیاهی مانگرو گواتر به دو دسته مانگرو با تراکم زیاد (پوشش تاج بالای ۵۵ درصد) و مانگرو با تراکم کم (پوشش تاج زیر ۵۵ درصد) تقسیم‌بندی شد.

1. Aboveground Tree Biomass (ATB)

نواحی مختلف به دست آید. این مقادیر هم برای کل ضخامت خاک و هم یک متر فوقانی آن محاسبه گردید [۱۹].

### نتایج و بحث

بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای، مساحت کلی جنگل مانگرو بخش ایرانی خلیج گواتر ۴۵۰ هکتار برآورد شد که دو سوم آن (۲۹۴ هکتار) در خور باهو و ۱۵۶ هکتار در خور گواتر واقع شده است. جنگل‌های مانگرو خلیج گواتر عمدتاً در امتداد ساحل خودها گسترش یافته است. بخش اعظم جنگل‌های مانگرو خلیج گواتر را جنگل‌های مترکم تشکیل می‌دهد (۶۷٪). این میزان در خور گواتر ۶۲٪ و در خور باهو ۷۰٪ است (جدول ۱). جریان‌های موازی ساحل در خلیج گواتر منجر به ایجاد زبانه‌های ماسه‌ای گسترده‌ای شده است که نقش به‌سزایی در کاهش قدرت امواج در خورها



شکل ۱: نقشه جنگل‌های حرای مترکم و کم تراکم خور گواتر و باهو و نقاط نمونه‌برداری. طول مغزه‌ها (سانتیمتر) در نقاط نمونه‌برداری آمده است

و در نتیجه ایجاد محیطی نسبتاً آرام (به‌خصوص در زمان مونسون تابستانه) جهت گسترش جنگل‌های مانگرو دارند (شکل ۱).

بیشترین طول مغزه برداشت‌شده در مانگروهای خور گواتر و باهوکلان به ترتیب ۳۳۰ (مغزه GW3) و ۱۹۰ سانتیمتر (مغزه GW11) است. حجم خاک مانگرو خلیج گواتر ۸۵۰۰ مترمکعب برآورد گردید که ۵۷٪ آن (۴۸۵۱ مترمکعب) در خور باهو و ۴۷٪ (۳۳۱۳ مترمکعب) در خور گواتر است. خاک‌های جنگل‌های مترکم و کم تراکم در خور باهو و گواتر تقریباً یک اندازه هستند.

[۲۱]. زیست‌توده محاسبه‌شده در ضریب تبدیل ارائه‌شده (۰/۵) ضرب گردید [۲۳] تا میزان کربن موجود در هر درخت به دست آید. برای محاسبه زیست‌توده بخش زیر سطح<sup>۱</sup> (BTB) درختان حرا میزان زیست‌توده بخش بالای سطح در ضریب ۰/۷۲۴ ضرب گردید [۲۰] [۲۱]. همچنین، برای محاسبه میزان کربن موجود در این بخش، میزان زیست‌توده محاسبه‌شده در ضریب تبدیل کربن (۰/۳۹) ضرب گردید [۲۳]. در نهایت، مجموع میزان کربن محاسبه‌شده در تمامی درختان یک دایره به‌عنوان میزان کربن درختان مانگرو در ۰/۰۱۵۴ هکتار (مساحت دایره) به مساحت کل هر منطقه تعمیم داده شد.

**محاسبه کربن آبی خاک:** در آزمایشگاه ۱۰ سانتیمتر مکعب رسوب توسط سرنگ که قبلاً سر آن بریده‌شده برداشته شد و جهت خشک شدن در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. سپس با تقسیم اختلاف وزن ایجادشده بر حجم اولیه رسوب مقدار چگالی خشک رسوب (گرم بر سانتیمتر مکعب) به دست آمد [۱۹]. درصد کربن آبی رسوب توسط روش احتراق در کوره محاسبه شد [۲۲]. در این روش رسوب خشک‌شده در مرحله قبل به مدت ۵ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ درجه قرار داده شد و میزان اختلاف وزن محاسبه گردید.

برای تعیین میزان کربن آبی از رابطه شماره دو که دقت و جامعیت بسیار زیادی در رویگاه‌های مانگرو دارد، استفاده گردید (۱۷۲۷ نمونه از مانگروهای ۵۲ کشور جهان) [۲۴]

$$\% C_{org} = 0.21 \times \% LOI^{1.12} \quad (R^2 = 0.86) \quad (2)$$

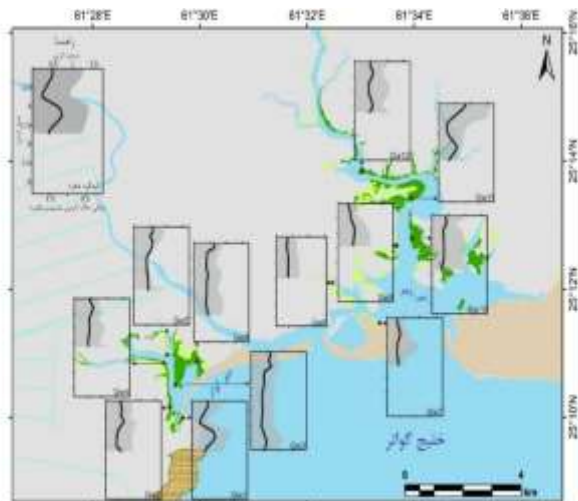
که در آن  $C_{org}$  درصد کربن آبی خاک مانگرو و  $LOI$  میزان درصد کاهش وزن رسوب پس از سوختن در کوره است. میزان چگالی کربن خاک با ضرب کردن میزان درصد غلظت کربن آبی خاک در چگالی خشک خاک هر نمونه رسوب به دست آمد. با ضرب نمودن چگالی کربن در ضخامت افق خاک مربوطه و جمع نمودن مقادیر افق‌های مختلف، این مقادیر در کل ضخامت خاک در هر مغزه به دست آمد. در مورد میزان کربن یک متر فوقانی خاک، مجموع مقادیر چگالی کربن یک متر فوقانی محاسبه شد. میزان چگالی کربن در هر مغزه به واحد معمول تن کربن در هکتار تبدیل شد. این مقدار در مساحت هر محدوده ضرب گردید تا میزان کربن در کل خاک در

1. Belowground Tree Biomass (BTB)

جدول ۱: مساحت جنگل‌های حرا و عمق خاک و میزان کربن آبی ذخیره‌شده در خاک در هر بخش از حرای خلیج گواتر

موقعیت	زیستگاه‌ها	مساحت (هکتار)	ضخامت خاک (سانتیمتر) $\pm$ انحراف معیار	میانگین کربن خاک (مترمکعب) (تن بر هکتار) $\pm$ انحراف معیار	میانگین کربن کل عمق خاک (تن بر هکتار) $\pm$ انحراف معیار	کل کربن خاک تا عمق یک متر (تن)	کل کربن تمام خاک (تن)	تعداد ایستگاه
خور گواتر	تراکم کم	۶۱/۶	۲۱۰	۱۲۹۴	۹۱/۵	۱۸۲/۷	۵۶۳۵	۱
	تراکم زیاد	۹۴/۷	۲۱۳ $\pm$ ۷۳	۲۰۱۷	۱۱۹/۳ $\pm$ ۷/۳	۲۶۳/۳ $\pm$ ۸۳/۶	۱۱۳۳۷	۵
	کل	۱۵۶/۳	۲۱۲ $\pm$ ۶۵	۳۳۱۳	۱۱۵/۱۱ $\pm$ ۰/۹	۲۴۹/۸ $\pm$ ۸۱/۷	۱۷۹۷۴	۶
خور باهو	تراکم کم	۸۸/۰	۱۵۰ $\pm$ ۱۰	۱۳۲۰	۱۱۴/۸ $\pm$ ۷/۵	۱۷۰/۵ $\pm$ ۹/۲	۱۰۰۹۷	۳
	تراکم زیاد	۲۰۵/۹	۱۸۰ $\pm$ ۱۰	۳۷۰۶	۱۵۷/۱۰ $\pm$ ۷/۳	۲۶۵/۷ $\pm$ ۱۳/۳	۳۲۴۹۴	۳
	کل	۲۹۴/۰	۱۶۵ $\pm$ ۱۹	۴۸۵۱	۲۱۸/۵۳ $\pm$ ۱/۱۳	۱۳۶/۲ $\pm$ ۲۵/۰	۴۰۰۴۹	۶
خلیج گواتر	تراکم کم	۱۴۹/۶	۱۶۰ $\pm$ ۳۱	۲۴۶۸	۱۰۸/۱۳ $\pm$ ۷/۵	۱۷۳/۵ $\pm$ ۹/۶	۱۶۲۹۲	۴
	تراکم زیاد	۳۰۰/۷	۲۰۱ $\pm$ ۵۸	۶۰۴۴	۱۳۳/۲۰ $\pm$ ۹/۶	۲۶۴/۲ $\pm$ ۶۳/۲	۴۰۲۸۳	۸
	کل	۴۵۰/۳	۱۸۹ $\pm$ ۵۲	۸۵۱۱	۱۲۵/۲۱ $\pm$ ۷/۷	۲۳۴/۰ $\pm$ ۶۷/۷	۵۶۵۶۳	۱۲

## ۱. کربن آبی ذخیره‌شده در خاک

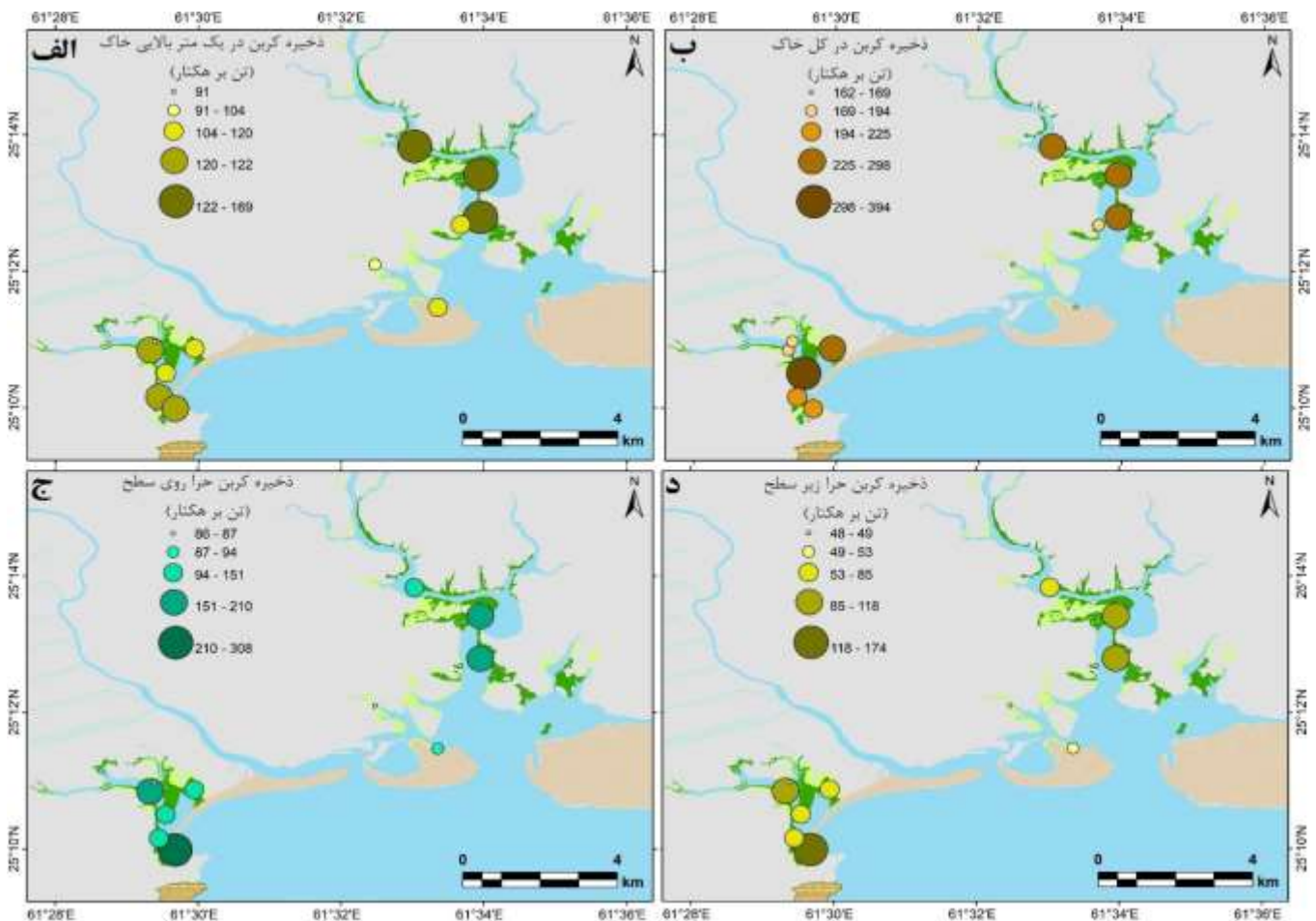


شکل ۲: نمودار تغییرات درصد کربن آبی (محدوده خاکستری رنگ) و چگالی رسوب (نمودار سیاه) در امتداد مغزه‌های رسوبی. جهت مقایسه تغییرات طول مغزه و محدوده تغییرات کربن و چگالی رسوب در تمامی نمودارها یکسان رسم شده است. برای شناخت میزان همبستگی منفی بین کربن و چگالی خاک، جهت افزایش میزان کربن از چپ به راست و جهت افزایش میزان چگالی از راست به چپ رسم شده است.

میزان چگالی خشک و درصد کربن در منطقه به ترتیب بین ۱/۰۹ تا ۱/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و ۱/۹ تا ۳/۸ درصد در نوسان است. میانگین چگالی خاک در خور باهو ۱/۵۳ گرم بر سانتیمتر مکعب است که ۴٪ بیش از خور گواتر است (جدول ۱، شکل ۲). چگالی خاک در منطقه تغییرات معناداری ندارد، اما میانگین درصد کربن کمی به سمت بالادست خورها افزایش نشان می‌دهد ( $t$ -test,  $P > 0.05$ ). این میزان در خور باهوکلالت (۲/۶۸٪) و خور گواتر (۲/۵۷٪) تقریباً برابر است. بیشترین میزان کربن در بخش‌های داخلی خور باهو (Gw11) با میانگین کربن ۳/۰۲٪ مشاهده شد. میانگین کربن در خاک جنگل‌های با تراکم زیاد و کم تغییرات چندانی نشان نداد ( $t$ -test,  $P > 0.05$ ). تغییرات عمقی میزان کربن خاک در مغزه‌ها اغلب ناچیز است و روند خاصی را نشان نمی‌دهد. باین‌حال، در ایستگاه Gw11 میزان کربن لایه‌های سطحی افزایش حدود ۲۰ درصدی بالاتر از میانگین را نشان می‌دهد. میزان چگالی خاک و درصد کربن در هر دو رویشگاه باهو و گواتر همبستگی منفی ضعیفی دارد نشان داد (برای خور گواتر  $r = -0.2$  و برای خور باهو  $r = -0.3$ ). در طول مغزه همبستگی منفی بین این دو پارامتر تا حدودی مشهود است (شکل ۲).

باهو حدود ۱۶٪ بیشتر از جنگل‌های کم‌تراکم است. با توجه به مساحت بیشتر جنگل‌های متراکم در هر دو خور مورد بررسی، میزان غنی‌شدگی کربن کل در یک متر فوقانی خاک جنگل‌های متراکم به نسبت جنگل‌های با تراکم کم در خور گواتر ۱۰۰٪ و باهو ۲۲۰٪ است. در نهایت میزان کل کربن در یک متر فوقانی خاک ۵۶۵۰۰ تن کربن است که ۷۰ درصد آن در مانگروهای خور باهو تثبیت شده است. میانگین کربن در کل خاک در مانگروهای خور گواتر و باهو ۱۱۵ و ۲۱۸ تن بر هکتار است

کربن آبی ذخیره‌شده در یک متر فوقانی خاک: میزان کربن در یک متر فوقانی خاک در خور باهو از سمت دهانه خور به سمت بخش‌های رو به خشکی افزایش می‌یابد (از ۱۰۴ تا ۱۶۹ تن بر هکتار). اما میزان کربن در یک متر بالایی خاک خور گواتر تغییرات چندانی نشان نمی‌دهد (شکل ۳ الف). بیشترین مقدار در ایستگاه‌های Gw10، Gw11 و Gw12 در خور باهوکلالت با میزان کربن ۱۴۹، ۱۶۹ و ۱۵۶ تن بر هکتار ذخیره‌شده است. میزان کربن در جنگل‌های متراکم خور



شکل ۳: نقشه تغییرات میزان ذخیره کربن در خاک (در یک متر بالایی خاک (الف) و کل عمق خاک (ب)) و روی سطح (ج) و زیر سطح (د) درختان حرا در خور گواتر و باهو

باهو است. میزان کربن کل افق خاک در جنگل‌های متراکم خور گواتر (۲۶۳ تن بر هکتار) حدود ۴۴٪ بیشتر از جنگل‌های کم‌تراکم است (۱۸۳ تن بر هکتار). این تفاوت در جنگل‌های خور باهو به حدود ۵۵٪ می‌رسد. میزان کل کربن خاک در خورهای گواتر و باهو به ترتیب ۳۹۰۵۰ و ۶۴۱۱۸ تن است که حاکی از غنی‌شدگی ۷۳ درصدی در خور باهو به نسبت خور گواتر است.

کربن آبی ذخیره‌شده در کل خاک: ذخیره کربن در کل خاک منطقه از سمت دهانه خورها به سمت بخش‌های میانی افزایش کمی نشان داد. به دلیل افزایش ضخامت خاک در خور گواتر به نسبت خور باهو، غنی‌شدگی ۱۲ درصدی کربن یک متر فوقانی در خور باهو به نسبت خور گواتر در بخش کربن کل افق‌های خاک برعکس می‌گردد. به این ترتیب، میزان کربن کل خاک در خور گواتر ۳۴٪ بیشتر از خور

## ۲. کربن آبی ذخیره‌شده در درخت حرا

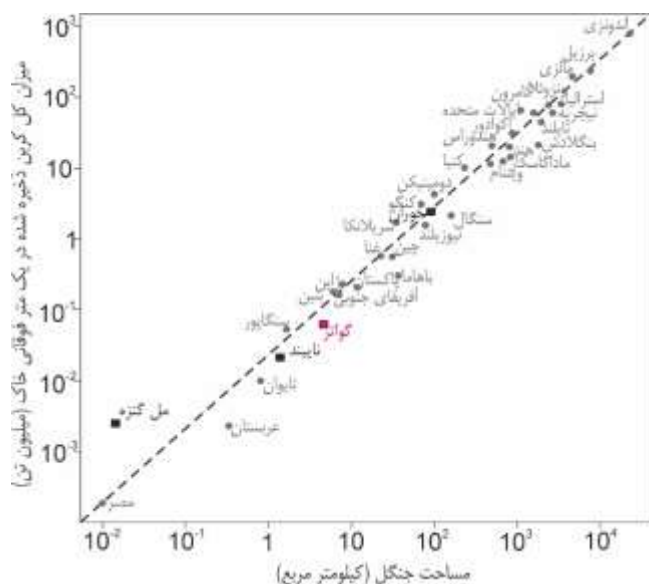
در درختان حرای خلیج گواتر ذخیره‌شده است که ۶۴٪ آن مرتبط با خور باهو است. به دلیل تعداد بیشتر درختان و به‌خصوص قطر بیشتر تنه، میانگین کربن موجود در درختان حرا (تن بر هکتار) در نواحی متراکم خور گواتر ۲/۱ برابر بیش از نواحی کم تراکم است. این میزان برای حرای خور باهو ۱/۸ برابر است. با در نظر گرفتن مساحت این نواحی، ۸۰ و ۲۰ درصد کربن ذخیره‌شده در درختان مانگرو خلیج گواتر به ترتیب در نواحی متراکم و کم تراکم تجمع یافته است. از آنجاکه میزان کربن زیر سطح ضریبی از این میزان در روی سطح است بنابراین روند تغییرات این دو عامل یکسان است. در کل بیش از ۱۰۰۳۵۰ تن کربن درختان حرا منطقه ذخیره‌شده (شامل بخش بالای سطح و زیر سطح) که تقریباً مشابه ذخیره کربن کل خاک در خلیج گواتر است.

ذخیره شدن کربن در درختان مانگرو (حرا) وابسته به میزان تراکم جنگل مانگرو است. بنابراین میزان کربن روی سطح و زیر سطح موجود در درختان حرا در دو دسته جنگل‌های متراکم و کم تراکم بررسی گردید (جدول ۲). قطر تنه، میان نواحی متراکم و کم تراکم اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد (t-test,  $P > 0.05$ ). با این حال، ارتفاع درختان گونه حرا میان نواحی متراکم و کم تراکم اختلاف معنی‌داری دارد (t-test,  $P < 0.05$ ). بنابراین تنها تفاوت این دو گروه تعداد درختان و در نتیجه تعداد شاخه‌های درختان در واحد سطح است. تعداد تنه درختان در نواحی متراکم خور گواتر حدود ۷۰ درصد بیشتر از نواحی کم تراکم است. این میزان در خور باهو ۱۱۰ است. میانگین ذخیره کربن روی سطح درختان حرای خلیج گواتر در نواحی متراکم ۱۷۶ و در نواحی کم تراکم ۸۸ تن بر هکتار است. در کل ۶۴۱۳۲ تن کربن

جدول ۲. مساحت جنگل‌های حرا، بایومتری درختان حرا و میزان کربن آبی ذخیره‌شده در درختان حرا در هر بخش از حرای خلیج گواتر. اعدادی که با خط فاصله جدا شده‌اند حداقل و حداکثر و اعداد داخل پرانتز میانگین را نشان می‌دهند.

موقعیت	زیستگاه‌ها	مساحت (هکتار)	ارتفاع درختان (متر)	تعداد تنه درختان در هر هکتار	قطر تنه درختان (سانتی‌متر)	میانگین کربن روی سطح حرا (تن بر هکتار)	میانگین کربن زیر سطح حرا (تن بر هکتار)	کل کربن روی سطح درختان حرا (تن)	کل کربن زیر سطح درختان حرا (تن)	کل کربن موجود درختان حرا (تن)
خور گواتر	تراکم کم	۶۱/۶	۴/۰±۴/۵۴	۱۱۰۳	۲۹/۱۳±۲۹/۱۸	۸۷/۳	۴۹/۳	۵۳۷۶	۳۰۳۶	۸۴۱۱
	تراکم زیاد	۹۴/۷	۲/۱±۹۸/۳۵	۱۴۴۲	۳۶/۲۰±۷۳/۱۴	۱۸۴/۷۷±۳۲/۱۵	۱۰۴/۰۹±۴۳/۵۷	۱۷۴۵۷	۹۸۵۸	۲۷۳۱۵
	کل	۱۵۶/۳	۳/۱±۰۹/۳۵	۱۴۹۴	۳۳/۱۷±۸۹/۴۴	۱۶۸/۷۹±۱/۵۷	۹۵/۰±۴۳/۵۷	۲۶۲۸۰	۱۴۸۴۱	۴۱۱۲۱
خور باهو	تراکم کم	۸۸/۰	۴/۰±۴۸/۹۴	۸۸۷	۳۴/۱۲±۳۹/۸۳	۸۸/۵±۶۱/۱۳	۵۰/۰۴±۲/۸۹	۷۸۰۱	۴۴۰۶	۱۲۲۰۷
	تراکم زیاد	۲۰۵/۹	۳/۱±۸۸/۳۵	۱۷۹۷	۳۰/۱۵±۵۱/۱۲	۹۱/۸۳±۲۲/۷۵	۹۱/۸۳±۲۲/۷۵	۳۳۴۹۳	۱۸۹۱۴	۵۲۴۰۷
	کل	۲۹۴/۰	۴/۱±۰۹/۱۷	۱۳۴۲	۳۱/۱۴±۷۳/۵۰	۱۲۵/۴۷±۶۱/۹۹	۷۰/۹±۲۷/۱	۳۶۹۳۱	۲۰۸۵۶	۵۷۷۸۷
خلیج گواتر	تراکم کم	۱۴۹/۶	۳/۱±۶۱/۴۸	۱۱۰۳	۲۷/۱۷±۹۲/۰۴	۸۸/۴±۳/۲۴	۴۹/۹±۲/۳۹	۱۳۲۰۹	۷۴۶۰	۲۰۶۶۹
	تراکم زیاد	۳۰۰/۷	۳/۱±۴۲/۳۴	۱۶۵۵	۳۷/۱۹±۷۴/۶۸	۱۷۶/۶۳±۱۸/۱۸	۹۹/۵±۳۵/۷	۵۲۹۷۲	۲۹۹۱۴	۸۲۸۸۶
	کل	۴۵۰/۳	۳/۱±۴۷/۳۷	۱۴۱۸	۳۵/۱۹±۸۱/۵۳	۱۴۶/۶۶±۸۸/۴۷	۷۹/۳±۳۸/۲	۶۶۱۴۰	۳۷۳۵۱	۱۰۳۴۹۱





شکل ۴: نمودار ارتباط بین میزان کربن ذخیره‌شده در یک متر فوقانی خاک و مساحت جنگل‌های مانگرو در کشورهای مختلف [۸] از جمله حرای تنگه خوران [۹] و بوشهر (نابیند و مل\_گنزَه) [۲۷].

به‌طور کلی ۱۵۹۹۰۰ تن کربن (معادل ۵۸۶،۰۰۰ تن دی‌اکسید کربن) در یک متر فوقانی خاک و درختان جنگل حرای گواتر تثبیت‌شده که ۳۷٪ آن در خاک و مابقی در درختان (زیر و روی سطح خاک) تجمع یافته است. با توجه به مطالعات Atwood و همکاران (۲۰۱۷) تخریب زیست‌بوم حرا حدود ۴۳٪ کربن موجود در خاک را بعلاوه کربن درختان به‌صورت دی‌اکسید کربن وارد جو می‌کند. بر این اساس تخریب کامل جنگل‌های حرای گواتر بیش از ۴۶۱،۸۰۰ تن دی‌اکسید کربن وارد جو می‌سازد. با در نظر گرفتن میزان کربن کل خاک ۲۰۶،۰۰۰ تن کربن (معادل ۷۵۵،۰۰۰ تن دی‌اکسید کربن) در جنگل حرای گواتر تثبیت‌شده که ۴۹٪ آن در درختان تجمع یافته است.

### مشارکت نویسندگان

تنها نویسنده این مقاله مسئولیت کلیه مطالب علمی مقاله را بر عهده دارد.

### تشکر و قدردانی (اختیاری)

شایسته است مراتب قدردانی خود را از سردبیر و مدیر داخلی محترم نشریه اقیانوس‌شناسی اعلام دارم. مطالعه حاضر برگرفته از طرح پژوهشی بین صندوق ملی محیط‌زیست (کارفرما) و پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم

### نتیجه‌گیری

رویشگاه‌های حرا به خاطر سیستم پیچیده ریشه‌های هوایی تأثیر بسیار مهمی در به دام انداختن ذرات معلق رسوب و مواد آلی و در نتیجه افزایش نرخ رسوب‌گذاری دارند [۲۵]. رسوبات معلق که در اثر جریان مد وارد بستر جنگل می‌گردند درون شبکه ریشه‌ها به دام می‌افتند و جریان برگشتی جزر آب کمتر می‌تواند آن‌ها به سمت دریا برگرداند [۳]. ذرات رسوبی به دام افتاده به دلیل حضور مواد آلی نسبتاً بالا درون خود دارای سطح تماس بالا و قابلیت جذب زیاد هستند [۲۶]. بر این اساس جنگل‌های حرای واقع در محدوده میانگین جزر و مد یعنی مرز بین جنگل و دریا به نسبت نواحی زیر جزر و مد و بالای جزر و مد قابلیت زیادتری برای رسوب‌گذاری رسوبات غنی از کربن دارند. با تغییر تراز آب جنگل‌های مانگرو با تراکم‌های مختلف جایگزین یکدیگر می‌گردند. به‌طور مثال با کاهش تراز آب، جنگل‌های متراکم حاشیه‌ای به بخش‌های پایین‌تر حرکت می‌کنند و جای خود را به جنگل‌های کم تراکم‌تر می‌دهند و بالعکس. از این‌رو، خاک بستری که از محیط جنگل با تراکم خاص برداشته می‌شود ممکن است در محیطی کم‌تراکم‌تر یا پرتراکم‌تر ته‌نشین شده باشد [۲۵].

میزان کربن ذخیره‌شده در ۹۰ درصد نمونه‌های خاک حرای گواتر بین ۲٪-۱/۵ است که در بخش پایینی محدوده میانگین جهانی آن (>۴۰٪- <۱۰٪) با میزان میانه ۲،۲٪ است [۲۶]. میانگین کربن خاک در واحد سطح در حراهای عربستان سعودی ۷۲ تن بر هکتار گزارش شده است (کمترین میزان در جهان) که حدوداً نصف این میزان در محدوده خلیج گواتر (مطالعه حاضر) (۱۲۶ تن بر هکتار) است (شکل ۴). Atwood و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که مانگروهای عرض‌های بین ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی دارای کمترین میزان کربن در واحد سطح هستند (۳۷۰-۷۰) تن کربن بر هکتار). نتایج آن‌ها همچنین مشخص نمود که میزان کربن خاک جنگل‌های مانگرو با چندگونه درخت ۲۰٪ بیش از جنگل‌های با یک گونه درخت است. با این حال، میانگین کربن یک متر فوقانی خاک حرای خلیج گواتر (۱۲۶ تن بر هکتار) در محدوده میانگین جهانی در مانگروهای نواحی خشک آن است.

- IPCC Switzerland; 2013.  
<https://www.ipcc.ch/publication/2013-supplement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories-wetlands/>
- [8]. Atwood TB, Connolly, RM, Almahasheer, H, Carnell, PE, Duarte, CM, Lewis, CJE, Irigoien, X, Kelleway, JJ, Lavery, PS, Macreadie, PI, and Serrano O. Global patterns in mangrove soil carbon stocks and losses. *Nature Climate Change*; 2017. 7 (7): 523–528. <https://www.nature.com/articles/nclimate3326>
- [9]. Hamzeh MA, and Lahijani HAK. Soil and Vegetative Carbon Sequestration in Khuran Estuary Mangroves, Strait of Hormoz, During the Last 18 Centuries. *Estuaries and Coasts*; 2022. 1-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12237-021-01037-7>
- [10]. Askari M, Homaei A, Kamrani E, Zeinali F, and Andreetta A. Estimation of carbon pools in the biomass and soil of mangrove forests in Sirik Azini creek, Hormozgan province (Iran). *Environmental Science and Pollution Research*; 2021. 1-9. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-17512-4>
- [11]. Mahmoudi M, Pourebrahim S, Khorasani N, Danehkar A, Etemadi H, Tanha Ziyarati M, and Moeinaddini M. Carbon stock in three mangrove forests in north Persian Gulf. *Environmental Earth Sciences*; 2022. 81(1), 1-14. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-021-10132-8>
- [12]. Danehkar A, Erfani M, Nori GR, Aghighi H, Marvi Mohajer MR, Ardakani T. Detection of mangrove vegetation area changes at Govater Creek in Sistan & Baluchestan province. *Iranian Journal of Forest*; 2012. 4 (3), 197-207 (in Persian).  
<https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=273106>
- [13]. Erfani M, Nouri G, Danekar A, Marvi Mohajer MR, and Mahmoudi B. Vegetative parameters of mangrove forest on the Govater bay in southeast of Iran. *Taxonomy and Biosystematics*; 2009. 1(1), 33-46 (in Persian).  
<https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=177112>
- [14]. Zahedi A, Jamshid Gorji R, Azar NavidF. *Mangrove Forests of Iran and the World: An Overview of Govatr Bay Mangrove Forests*; 2001. Kalam Shabda. 184p. ISBN: 9648447004.
- جوی (مجری) با عنوان "ارزیابی سلامت جنگل‌های مانگرو خلیج فارس و دریای عمان" به شماره ۱۰۲۰۵۷۱/۱۰۳۱۰/صم به تاریخ ۱۳۹۹/۱۲/۱۴ است.
- تعارض منافع**
- هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.
- منابع**
- [1]. Feller IC, FriessDA, KraussKW, and Lewis RR. The state of the world's mangroves in the 21st century under climate change. *Hydrobiologia*; 2017. 803(1), 1-12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-017-3331-z>
- [2]. Giri, C., E. Ochieng, L.L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek, and N. Duke. 2011. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography* 20 (1): 154–159. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- [3]. Alongi, D.M., 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, 3(3), pp.313-322. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4155/cmt.12.20>
- [4]. Erfani, M. 2007. Study of structure and comparison of changes and extent of mangrove habitat in Govatr Bay and Bahu Estuary international wetlands in Sistan and Baluchestan province in order to select a protection zone. Master Thesis. University of Tehran, Faculty of Natural Resources (in Persian).
- [5]. Alongi D M. Present state and future of the worlds mangrove forests. *Environmental Conservation*; 2002. 29: 331–349.  
<https://www.sciencebase.gov/catalog/item/50579125e4b01ad7e028358d>
- [6]. Alongi D M, Murdiyarso D, Fourqurean JW, Kauffman JB, Hutahaean A, Crooks S, Lovelock CE, Howard J, Herr D, Fortes M, and Pidgeon E. Indonesia's blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon. *Wetlands Ecology and Management*; 2016. 24(1), pp.3-13. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11273-015-9446-y>
- [7]. IPCC. Coastal Wetlands; In: Alongi D, Karim A, Kennedy H, Chen G, Chmura G, Crooks S, (eds). Supplement to the 2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

- [21]. Komiyama A, Pongpam S. and Kato S. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*; 2005. 21, 471–477. <https://www.nature.com/articles/ngeo1123>
- [22]. Heiri O, Lotter AF, and Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*; 2001. 25: 101–110. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008119611481>
- [23]. Kauffman JB, Heider C, Cole TG, Dwire KA, and Donato DC. Ecosystem carbon stocks of Micronesian mangrove forests. *Wetlands*; 2011. 31: 343–352. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13157-011-0148-9>
- [24]. Ouyang X. and Lee S.Y., 2020. Improved estimates on global carbon stock and carbon pools in tidal wetlands. *Nature communications* 11(1), 1-7. <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14120-2>
- [25]. Dalrymple RW, and Choi KJE-SR. Morphologic and facies trends through the fluvial–marine transition in tide dominated depositional systems: A schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth Science Review*; 2007. 81: 135–174. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825206001413>.
- [26]. Kristensen E, Bouillon S, Dittmar T, and Marchand C. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany*; 2008. 89 (2): 201–219. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304377007001817>
- [27]. Hamzeh MA. Assessing the blue carbon sequestration in the mangrove forests of Bushehr province (Nayband and Melgonze): Regional studies in marine science; 2023. (in press)
- [15]. Zahed MA, Rouhani F, Mohajeri S, Bateni F, and Mohajeri L. An overview of Iranian mangrove ecosystems, northern part of the Persian Gulf and Oman Sea. *Acta Ecologica Sinica*; 2010. 30(4), 240–244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1872203210000302>
- [16]. Elijah W, Ramsey III, and Jensen JR. Remote sensing of mangrove wetlands: Relating canopy spectra to site-specific data. *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*; 1996. 62 (8): 939–948. <https://www.usgs.gov/publications/remote-sensing-mangrove-wetlands-relating-canopy-spectra-site-specific-data>
- [17]. Heumann BW. Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities. *Progress in Physical Geography*; 2011. 35 (1): 87–108. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309133310385371>
- [18]. Kauffman JB, and Donato DC. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Working Paper 86; 2012. CIFOR, Bogor, Indonesia. 40p. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/WPapers/WP86CIFOR.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP86CIFOR.pdf)
- [19]. Howard J, Hoyt S, Isensee K, Telszewski M, and Pidgeon E. (eds.). Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature; 2014. Arlington, Virginia, USA. 180p. <https://www.cifor.org/knowledge/publication/5095/>
- [20]. Donato DC, Kauffman JB, Murdiyarto D, Kurnianto S, Stidham M, and Kanninen M. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*; 2011. 4 (5): 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>.

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Koochaknejad, E.**, Assistant Professor Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran.

✉ [emad.koochaknejad@inio.ac.ir](mailto:emad.koochaknejad@inio.ac.ir)



**Hamzeh, M.A.** Ph.D. in sedimentology (Assistant Professor), Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran

✉ [Hamzeh@inio.ac.ir](mailto:Hamzeh@inio.ac.ir)

0000-0002-0868-3366

**Hamzei, S.**, Assistant Professor Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran

✉ [s\\_hamzei@inio.ac.ir](mailto:s_hamzei@inio.ac.ir)

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



## HOW TO CITE THIS ARTICLE

## Citation (Vancouver)

<http://doi.org/10.52547/joc.14.53.2>

<http://joc.inio.ac.ir/article-1-1718-fa.html>

<https://orcid.org/0000-0002-0868-3366>

## COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

