الخلاصة (عربي)

تأثير الانماط المناخية العظمى علي منسوب سطح البحر ودرجة الحرارة السطحية في البحر الحمر وخليج عدن

بواسطة

كمال الدين ابراهيم العوض

تحت اشراف

د. عبد الله محمد الصبحي

يعد الاتصال عن بعد في المحيطات والغلاف الجوي عبر الظواهر واسعة النطاق الأكثر تاثيرا فى المناخ لارتباطه بظاهره الاحترار العالمي. بدءاً من الجزء الثاني من القرن العشرين، أظهرت الأدلة بأن الاحتباس الحراري يتسبب في ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر العالمي، ومعدل هذا الارتفاع يتسارع مع مرور الوقت حتى نهاية القرن الحادي والعشرون مما يهدد سكان المناطق الساحلية. التمدد الحراري للمياه وذوبان الجليد غير الساحلي هما المساهمان الرئيسيان في هذا الارتفاع. ومع ذلك ، يمكن أن يختلف مستوى سطح البحر الإقليمي عن إتجاه ونمط الارتفاع عن مستويات التغير العالمي. لذا،فان دراسة تقلبات مستوى سطح البحر في بعض المناطق قد تتطلب التركيز على عوامل تؤثر على النطاق الإقليمي والمحلى لتلك المناطق.

بشكل عام، فإن الأسباب الرئيسية للتغيرات في مستوى سطح البحر هي أسباب جيولوجية، أسباب إقليميه و أسباب على نطاق واسع. عالميا، تقلبات مستوى سطح البحر في المحيطات العالمية تتحكم فيها بشكل بارز الظواهر واسعة النطاق. في الوقت ذاته، في الأحواض شبه المغلقة، يرتبط تقلب مستوى سطح البحر بصلات قوية بالمناخ العالمي والذي يتحكم فى النمط المكاني والزماني طويل الأجل.

في البحر الأحمر، تناولت الدراسات السابقه العوامل المؤثرة على مستوى سطح البحر، ولكن أغلبها من وجهة نظر محلية وركزت على التغير الموسمي باستخدام بيانات قصيرة الأجل. توافقت هذه الدراسات على أن الرياح السطحية المحلية والتأثير المشترك بين التبخر وتبادل المياه مع خليج عدن هو المتحكم بتغيرات مستوى سطح البحر. بالإضافه إلى ذلك، فإنه يزداد في فصل الشتاء ويتناقص في الصيف. وبرغم صحة هذه الاستنتاجات، فإنه، لا توجد دراسات طويلة الأجل ربطت بين مستوى سطح البحر والظواهر واسعة النطاق حتى الآن ؛ وذلك لعده اسباب ا أولها عدم توفر البيانات طويلة الأجل مع ضعف التغطية المكانيه. لذلك ، استخدمت دراسات قليلة (reanalysis data) للتحقيق في هذه العلاقة أغلبها باستخدام نظائر الاوكسجين؛ ومع ذلك ، لا تزال الآليات المس~وولة عن هذه العلاقة غير واضحة ولم يتم استكشافها بعد.

من النتائج المذكورة أعلاه ، فإننا نتوقع أن الظواهر واسعة النطاق لها تأثير كبير على تقلبات مستوى سطح البحر في البحر الاحمر وخليج عدن، مع تقلبات موسمية وبين السنوات والتي يمكن أن تكون احد نواتج هذه الظواهر. ولذلك فإن أهداف هذه الدراسة تشمل:

(1)دراسة ال (multi-scale interaction) الذى يصل لمستوى سطح البحر في شكل إشارات (signals) والتي تمثل بصمة هذه الظواهر واسعة النطاق (large-scale climate modes).

(2)تحديد النمط السائد والتحقيق من الطريقه أوالآلية (physical mechanism) التى تنتقل بها هذه التاثيرات والتي تفسر كيفيه نقل هذه الإشارات الى مستوى سطح البحر فى البحر الاحمر وخليج عدن.

الفصل الأول: يحتوى على مقدمة عامة لمنطقة الدراسة التي تشمل الجغرافيا، المناخ، الخصائص الهيدروغرافية والدورات المحيطية العامة.

الفصل الثاني: يتناول الأعمال السابقة لدراسة مستوى سطح البحر في منطقة الدراسة ، يليه تأثير ال (large-scale climate modes) على البحر الأحمر وخليج عدن كما أثبت فى عوامل أخرى. أيضا تناولنا تعريف مختصر عن هذه الظواهر كلاً على حده.

الفصل الثالث: يصف البيانات والطريقة المتبعة في العمل؛ حيث أستخدمت مصادر مختلفة للبيانات في هذه الدراسة. نوعان من مستوى سطح البحر(SODA from 1958-2010) و(AVISO from 1993-2017). علاوة على ذلك، تم استخدام بيانات أخرى للتحقق من الآلية الفيزيائية (physical mechanism) التي تشمل EST-EST المؤقتة ، ودرجة حرارة الهواء (2m air temperature)، SLP، 10m zonal and meridional wind from ECMWF، وأيضا عمق ال (20° isotherm) من GODAS الممتدة من ١٩٩٣-٢٠١٧ ، و(climate modes indices). وكذلك تحليل المويجات الأساليب الإحصائية (wavelet analysis)، EOF، وتحليل الارتباط والانحدار (correlation and regression analysis).

الفصل الرابع: تفاصيل التحقيق من ال (multi-scale interaction) لمستوى سطح البحر مع ال (large-scale climate modes) في المحيط الهادي والمحيط الهندي ، وهي تحديدا مؤشرات Nino 3.4 ، SOI و IOD. في هذا التحليل، استخدمنا بيانات مستوى سطح البحر من SODA التي امتدت من يناير ١٩٥٨ إلى ديسمبر ٢٠١٠ ، وهي أفضل مجموعة بيانات متاحة على المدى الطويل. كشفت الدراسة أن ال (positive phase) لكل من Nino3.4 وال (Nino3.4 + IOD) تسهم في ارتفاع مستوى سطح البحر في البحر الأحمر وخليج عدن. أيضا وجدنا أن ال (maximum positive SLA) يحدث بشكل رئيسي في العام التالي خلال فبراير إلى مايو والعكس صحيح لل (negative phase).

أظهر تحليل ال (wavelet analysis) دورات مختلفة شملت نصف سنوية ، سنوية ، من ٢ - ٧ سنه و ١١-١٨ سنة. إن Nino3.4 متوافق تمام مع الدوره نصف السنوية، ويسبق الدورة السنوية من ٩ إلى ١٠ أشهر ، في حين أن مساهمة SIO و IOD في كلا الدورتين ضعيفة مقارنة بـ Nino3.4. بالاضافه إلى ذلك، أن Nino3.4 و SIO يسبقان دورة ٢ - ٧ سنه أن SOI بمقدار ٣ أشهر في خليج عدن و٤ أشهر في شمال البحر الأحمر. والنتيجة المثيرة للاهتمام في هذا الفصل هي التحول الملحوظ لدورة ٢-٧ سنوات إلى ٥-٧ سنوات في جنوب البحر الاحمر خلال الفترة ١٩٩٠-٢٠٠٠.

الفصل الخامس: يتناول الطريقه والآلية الفيزيائية المحتملة التي تنتقل بها هذه التأثيرات من المحيط الهادي والمحيط الهندي إلى البحر الحمر وخليج عدن. من أجل الحصول على نتائج دقيقة وواضحة، استخدمنا بيانات الأقمار الصناعية الشهرية والتي تم الحصول عليها من AVISO ، بالإضافة إلى ذلك، إستخدمنا بيانات ال SST ، درجة حرارة الهواء، SLP ورياح سطحيه من ECMWF، وايضا بيانات درجة حرارة الأعماق (D20) من GODAS. جميع البيانات تمتد من يناير ١٩٩٣ إلى ديسمبر ٢٠١٧.

كشفت الدراسة تزايد منسوب مستوى سطح البحر مع الزمن بنحو ٠,٠٠٢٨ متر/السنه مقارنة بـ ٠,٠٠٣٢ متر/السنه مستوى سطح البحار العالمي من ١٩٩٣-٢٠١٠. أوضح الجزء الأول والثانى لل EOF ما بين ٤٥ ٪ -٥٥ ٪ من التباين الكلي فى كل الفصول. عكست ال PCs المرتبطة بـ EOF الأحداث الكبرى بوضوح خلال فترة الدراسة. أظهر (PC1 of SLA) علاقة إيجابية قوية مع ENSO و IOD بينما أظهر PC2 علاقة سلبية ضعيفة مع LaNina و IOD مما يفسر تأثره بالعوامل المحلية أكثر، وعلاقة سلبية قوية مع EAWR خلال فصلي الشتاء والربيع.

الطريقه والآلية الفيزيائية هي كالاتى: الرياح الشرقية القوية غير العادية في شمال خط الإستواء تدفع المياه الدافئة من سواحل سومطرة غربًا إلى خليج عدن ثم البحر الاحمر. كنتيجة لذلك، تزداد درجة الحرارة السطحية والتمدد الحراري للمياه، مما يؤدي إلى إرتفاع مستوى سطح البحر.

الفصل السادس: يغطي هذا القسم الملخص والاستنتاجات الرئيسية لهذه الدراسة وكذلك التوصيات للدراسات المستقبلية.

Abstract (English)

Impact of Large-Scale Climate Modes on the Sea Level and Surface Temperature in the Red Sea and Gulf of Aden

By

Kamal Aldien Alawad

Supervised by
Dr. Abdullah M. Al-Subhi

Oceanic and atmospheric teleconnection through the large-scale modes is the most striking phenomenon associated with the recent global warming. From the second part of the 20th century, there is strong observational evidence that the global warming causes the global mean sea level to rise, with concern that the rise rate will accelerate with time through the end of 21st century threatening coastal populations. Thermal expansion of the water and melting of land-locked ice are the major contributors of this rise. However, the regional sea level can differed in the trend and pattern of variability from those of global means. For that, investigating the sea-level variability in some regions requires to concentrate on the expected individual driving factors for those regions.

In general, the main reasons for sea level variations are the geological drivers, regional drivers and the large-scale drivers. Globally, the sea level climatology prominently modulated by the large-scale modes in the global oceans. At the same time, in semi-enclosed basins, the sea level variability has strong links with the global climate that governs the long-term spatial pattern and temporal variability in trends.

In the Red Sea (RS), a number of studies carry out the controlling factors of the sea level, but mainly from the local view and look for the seasonal variability using short-term data. It agrees that the local surface wind and the combine effect of evaporations and water exchange with GA govern the sea level variability. However, the SL increases in winter and decreases in summer. While this is true, there are no long-term studies on this topic associated with physical mechanisms so far; primarily because of non-availability of long-term in situ data combine with poor coverage. For that, few studies used reanalysis data to investigate this relation; nevertheless, the responsible physical mechanisms are still unclear and not yet explored. In addition, other studies used proxy data constructed from paleoclimate sources.

Motivated by the above findings we speculate that the climate variability has a significant impact on the sea level variability in the RS and GA, with seasonal and inter–annual fluctuations that can be correlated with large-scale climate modes. Taking this in our consideration, the objectives of this study includes:

(1) To investigate the multi-scale interaction in term of dominant signals that represent the footprint of large-scale climate modes on the sea level.

(2) To investigate the dominant modes and pattern of variability of sea level and the possible physical mechanism that explain the signal transferring.

Chapter 1: Focus on general introduction of study area that include geography, climatology, hydrographic feature and general ocean circulations.

Chapter 2: Deals with previous work of the sea level in the study area, followed by the impact of the large-scale climate modes on the Red Sea and Gulf of Aden as it observed on other parameters. A number of studies carry out the controlling factors of the sea level, but mainly from

the local view and look for the seasonal variability using short-term data. Due to non-availability of long-term in-situ data combine with poor coverage many studies used proxy data constructed from paleoclimate sources.

Chapter 3: Describes the data and methodology followed in the work. Various sources of dataset have been used in the study. Two type of sea level SODA from 1958 to 2010 and AVISO sea level anomaly from 1993-2017. Furthermore, different reanalysis data are used to investigate the physical mechanism that includes ERA-interim SST, 2m air temperature, SLP and 10m zonal and meridional wind from ECMWF, the depth of 20° isotherm from GODAS spanning from 1993-2017, and climate modes indices. As well as the statistical methods wavelet analysis, EOF, correlation and regression analysis.

Chapter 4: Details the investigation the multi-scale interaction between the sea level in the RS and GA with the tropical large-scale climate modes in Pacific and Indian Oceans, namely Nino 3.4, SOI and IOD indices. In this analysis, we used SODA sea level data that spanning from January 1958-December 2010, which is the best available long-term gridded dataset. Study reveals the positive phase of both Nino3.4 and combine events (Nino3.4+IOD) contribute to rising the sea level in the Red Sea and Gulf of Aden. The maximum positive SLA mainly occurs in the following year during February to May and vice versa for the negative phase.

The wavelet analysis extract different periodicities semi-annual, annual, 2-7 and 11-18 years band of sea level. The Nino3.4 is in phase with semi-annual band, and it leads the annual band by 9-10 months, while the contribution of SIO and IOD in both bands are weak compared to Nino3.4. The 2-7 year band reveals that Nino3.4 and SOI lead sea level by 3 months in the Gulf of Aden, but 4 months was observed in the northern Red Sea, while 11-18 year band of both modes lead it by 3-4 months in the southern Red Sea only around 1980. The interesting result in this

chapter is the observed shift of 2-7 year band to 5-7 year in the southern RS during 1990-2000, but it appears in the north by the same phase angle in the same period.

Chapter 5: Deals with the possible physical mechanism that explain the signal transferring from Pacific and Indian Oceans to the basins. In order to have precise and clear results, we used monthly mean gridded satellite altimetry SLA data obtained from AVISO, as well as ERA-interim SST, 2m air temperature, SLP and 10m zonal and meridional wind from ECMWF and profile temperature data for the thermocline depth (D20) from the GODAS. All the data spanning from January 1993-December 2017.

The time series of the SLA reveals an increasing trend about 0.0028 my-1 during the study period comparing to 0.0032 my-1 as the global mean sea level trend from 1993-2010. The first and second EOF modes together explained between 45%-55% throughout the seasons, while during winter season, they contribute equally to explain about 50% of the total variance. The PCs that associated to EOF are clearly reflects the mega events during the study period. The PC1 of SLA showed strong relation with ENSO and positive IOD while the PC2 showed weak relation to LaNina and negative IOD and seems to be modulated locally. The row SLA showed strong positive relation with ENSO and IOD during all season and strong negative relation with EAWR during winter and spring.

The unusual stronger easterlies wind that displaced north of the equator generate upwelling area of cold water near the coast of Sumatra and drive both warm surface and deep water westward. As the results of that, the SST and thermal expansion increase toward west IO and AS, rising SLA over the RS and GA. This process could explain the increasing of SLA in the basin during positive phase of MEI and IOD.

Chapter 6: Summary and conclusions that covers the entire summary of work and the main conclusions of the present study as well as a scope for future work.