



العواصف الغبارية:
مصادرها ومساراتها وتكرار حدوثها وانتشارها على سلطنة عمان
في الفترة من (٢٠٠٠م الى ٢٠١٤م)

سالم بن مبارك الحتروشي

أستاذ مشارك
قسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الاجتماعية
جامعة السلطان قابوس
hatrushis@squ.edu.om

عبدالله بن سيف بن محمد الهاشمي

معلم جغرافيا
وزارة التربية والتعليم
سلطنة عمان
a.2004abdullah@hotmail.com

ياسين الشرعبي

أستاذ مشارك
قسم الجغرافيا - كلية الآداب والعلوم الاجتماعية
جامعة السلطان قابوس
yassine.charabi@gmail.com

العواصف الغبارية: مصادرها ومساراتها وتكرار حدوثها وانتشارها على سلطنة عمان في الفترة من (٢٠٠٠م الى ٢٠١٤م)

عبدالله بن سيف الهاشمي، سالم بن مبارك الحتروشي، وياسين الشرعبي

الملخص

تعرضت سلطنة عمان لحوالي ٧٠ عاصفة غبارية خلال الفترة من ٢٠٠٠ الى ٢٠١٤م. وقد تم تصنيف هذه العواصف الغبارية حسب مصدرها إلى عواصف من مصادر شمالية، وشمالية شرقية، وعواصف من مصادر غربية، وشمالية غربية. فقد توالى على سلطنة عمان خلال فترة الخمسة عشر عاما الماضية من المصادر الشمالية والشمالية الشرقية ما يقارب ١٨ عاصفة غبارية، بينما استقبلت أجواء السلطنة ما يقارب ٥٢ عاصفة غبارية من المصادر الواقعة على الجانب الغربي والشمالي الغربي. وكانت أغلب هذه العواصف الغبارية في شهر مارس بعدد ١٤ عاصفة، بينما لم تسجل أي عواصف غبارية في شهر نوفمبر. العمليات التحليلية على المرئيات الفضائية (Meteosat-9) و (Meteosat-7) أظهرت أن المصادر الخارجية للغبار القادم، على سلطنة عمان من الجهة الشمالية والشمالية الشرقية، هي صحراء ثار الهندية وصحراء راجستان الأفغانية وإقليم بلوشستان الباكستاني وإقليم السستان الإيراني. أما من الجهة الغربية والشمالية الغربية فإن مصدرها السهل الفيضي الجاف في جنوب العراق، والسهل الفيضي الجاف وبادية الشام في سوريا، وصحراء النفوذ وكتبان الدهناء في السعودية، وصحراء الربع الخالي. كما استخدمت الدراسة تقنية نظم المعلومات الجغرافية في إخراج الخرائط النهائية لمستويات العمق النظري للأهباء، وخلصت إلى تركيز أغلب مستويات الغبار على الأجزاء الغربية من محافظة الوسطى وعلى الأجزاء الشمالية الغربية من محافظة ظفار. بينما شهدت المناطق الواقعة بين محافظات البريمي والباطنة شمال والظاهرة انخفاضاً في مستويات الغبار في أغلب أشهر فصول السنة.

كلمات مفتاحية: العواصف الغبارية، سلطنة عمان، نظم المعلومات الجغرافية، مستويات الغبار، المرئيات الفضائية.

Sources, frequency, trajectories, and pattern of dust storms in the Sultanate of Oman from 2000 to 2014

Abdullah Saif Al Hashmi, Salim Mubarak Al-Hatrusi and Yassine Charabi

Abstract:

During the period from 2000 to 2014, Sultanate of Oman has experienced about 70 dust storms, eighteen 18 of them were from the north and the northeast, and 52 dust storms originate from the west and the northwest. Most of the dust storms were recorded in March with 14 cases, while in November zero cases were recorded. Remote sensing data obtained from (Meteosat9-) and (Meteosat7-) revealed that the main outer sources of dust in the Sultanate are from the north and north East, especially from Thar Desert in Indian, Rajasthan Desert in Afganistan, Balushistan region in Pakistan, and the Sastan region in Iran. The dry flood plain in southern Iraq, the deserts of Syria, the Al Nufoth, Al Rub Al Khali and Al Dhana dune in Saudi Arabia, were the sources of dust storms from the west and northwest. Geographical Information Systems (GIS) were applied to produce dust levels maps form. The Satellites Images (Multi-angle Spectroradiometer) (MISR Level 3) show that dust levels were concentrating on the Western parts of Al-Wasta Governorate and on the North West of Dhofar Governorate. The areas between the North Al Batina, Al Burami, and Al Dahira Governorates, experienced less dust levels most of the year.

Keywords: Dust Storms; Sultanate of Oman; Geographical Information Systems; Satellite images; Dust levels.

المقدمة:

تحدث العواصف الغبارية نتيجة شدة الرياح والتيارات الهوائية الهابطة على المصادر الرملية والصحراوية من العالم، حيث تعمل الرياح على إثارة الأتربة والرمال وحملها في طبقات الغلاف الجوي لتشكل غبارا متطايرا في الأجواء تسوقه الرياح إلى أماكن بعيدة أحيانا وتتأثر به في الغالب المناطق المحيطة بالمصادر. العواصف الغبارية تشكل خطرا شديدا على حياة الإنسان من الناحية الصحية فهي تسبب الكثير من الأمراض مثل أمراض الربو وضيق التنفس والحساسية وأمراض العين بالإضافة إلى أضرارها على البيئة والنشاط الاقتصادي بصفة عامة.

تساهم صحاري العالم بحوالي (٥٠٠ مليون) طنا من الغبار الهوائي في طبقة التروبوسفير. هذه الكمية من الغبار في طبقة التروبوسفير كفيلة بأن تؤثر ليس فقط على المناخ السائد والبيئة المحيطة فحسب بل ينتقل الغبار أحيانا لمسافات بعيدة ويقطع آلاف الكيلو مترات عبر الرياح السائدة والرياح الموسمية. ومن هنا جاء تأثير العواصف الغبارية على الكثير من المجتمعات والبيئات، فقد أهتم الباحثون المناخيون كثيرا بهذه الظاهرة وصنفوها كظاهرة مناخية سائدة في الكثير من مناطق العالم وبالأخص المناطق الصحراوية. ويعرف الباحثون هذه الظاهرة بأنها عبارة عن رياح عاصفة محملة بذرات ترابية منقولة من قشرة الأرض السطحية المفككة. (Notaro et al., 2012).

وصنفت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO, 2013) العواصف الغبارية كواحدة من الظواهر المناخية المتكررة على طبقة التروبوسفير ويتم رصدها بواسطة محطات الأرصاد الجوية وذلك لتعلق الظاهرة بما يحدث من تقلبات في الغلاف الجوي. كما اعتبرتها المنظمة من الكوارث الطبيعية التي نتج عنها الكثير من الحوادث والتلفيات على كافة مستويات النشاط البشري. وعليه فإن دراسة العواصف الغبارية تنهج منهج المناخ التطبيقي التفصيلي وذلك لارتباط الظاهرة بالعناصر المناخية الأخرى مثل الحرارة والأمطار والرياح والرطوبة الجوية وهو ما يساهم في تفاقم ظاهرة العواصف الغبارية وانخفاض وتيرتها.

وبحكم موقع سلطنة عمان في جنوب شرق شبه الجزيرة العربية بين دائرتي عرض ٤٠° و ١٦° و ٢٠° و ٢٦° شمالا وبين خطي طول ٥٠° و ٥١° شرقا، حيث يحدها شرقا بحر العرب وبحر عمان وغربا المملكة العربية السعودية ومن الجنوب الغربي الجمهورية اليمنية وشمالا مضيق هرمز والجمهورية الإسلامية الإيرانية، ومن الجانب الشمالي الغربي يحدها الخليج العربي. هذا الموقع الجغرافي لسلطنة عمان جعلها مجاوره للعديد من مصادر العواصف الغبارية كما جعلها محطة عبور لهذه العواصف. سلطنة عمان محاطة من الجانب الشمالي والشمال الشرقي بإقليم السستان الإيراني و صحراء لوط الإيرانية و صحراء نثار الهندية وإقليم لاهور الباكستاني الجاف وعلى الجانب الغربي تحيط بها صحراء الربع الخالي و صحراء النفوذ وكتبان الدهناء، بالإضافة إلى وجود مصادر داخلية للعواصف الغبارية في سلطنة عمان مثل رمال الشرقية ورمال الربع الخالي.

مشكلة البحث:

لقد تمت الإشارة إلى أن الموقع الجغرافي لسلطنة عمان جعلها محاطة بالعديد من مصادر العواصف الغبارية. ففي الغرب صحراء الربع الخالي الشاسعة. أما في الشمال والشمال الشرقي فتوجد مصادر أخرى للعواصف الغبارية وتتمثل في صحراء لوط الإيرانية وإقليم السستان الإيراني وإقليم لاهور الباكستاني الجاف و صحراء نثار الهندية. لذلك فإن سلطنة عمان معرضة لهذه العواصف الغبارية بين فترة وأخرى. تعرض سلطنة عمان لتأثير العواصف الغبارية تكشفه بيانات التي تم الحصول عليها من الموقع الإلكتروني للمركز الوطني للملاحة الجوية وإدارة الفضاء (NASA) ومن المركز الوطني للأرصاد الجوية والزلازل بدولة الإمارات العربية المتحدة مطابقا لبيانات الموقع الإلكتروني الخاص برصد الظواهر المناخية (Eumetsat) والتي تشير إلى أن سلطنة عمان قد تعرضت لحوالي (٢٠٠) حالة غبارية في الفترة ما بين عام ٢٠٠١ إلى ٢٠١٤م. ونظرا لندرة الدراسات التي تناولت موضوع العواصف الغبارية في سلطنة عمان من حيث المسارات وتكرارها والتوزيع المكاني للغبار على سلطنة عمان، فإن هذه الدراسة تسعى إلى تحديد المصادر الخارجية للعواصف الغبارية وتتبع مساراتها و تكرارها على سلطنة عمان مع تحديد مناطق التوزيع المكاني للغبار وتقييم أسبابه خلال الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٤ م. وبما أن وسائل التقييم وتقنياته قد تعددت فإن الدراسة سوف تستخدم تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، بهدف حصر المسارات الرئيسية للعواصف الغبارية على السلطنة وتحديد مصادرهما الخارجية وتحديد مناطق التوزيع المكاني للغبار.

أهداف الدراسة:

الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو دراسة العواصف الغبارية وتحديد مصادرهما الخارجية وتتبع مساراتها وتكرارها على سلطنة عمان بالإضافة إلى تحديد مناطق التوزيع المكاني للغبار ومستوياته في سلطنة عمان باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

منهجية الدراسة:

يعتمد أسلوب الدراسة على استخلاص الحالات الغبارية في سلطنة عمان في الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م) باستخدام المرئيات الفضائية من القمر الصناعي (Meteosat-7) ومن القمر الصناعي (Meteosat-9)، ذلك بتتبع حركة صور الأقمار الصناعية (Animation) خلال الفترة المذكورة على برنامج (MACIDAS)، كما تقوم الدراسة بتحليل بيانات الأقمار الصناعية من نوع (MISR) Level 3 عن انتشار الغبار في الغلاف الجوي من السلطنة في نفس الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م)، من خلال تحديد مستويات الغبار باستخدام برنامج (GIS) وربط هذه النتائج بالعناصر المناخية في تلك الفترة.

أولاً: مصادر البيانات:

اعتمد البحث على نوعين من المصادر، مصادر أولية ومصادر ثانوية، بالنسبة للمصادر الأولية سوف تقتصر الدراسة على استخلاص بيانات من المرئيات الفضائية (7-Meteosat) ومن القمر الصناعي (9-Meteosat) عن الحالات الغبارية في سلطنة عمان بالإضافة إلى بيانات الأقمار الصناعية من نوع (MISR Level 3) عن انتشار الغبار في الغلاف الجوي من السلطنة في الفترة ما بين ٢٠٠٠ - ٢٠١٤م. وستقتصر المصادر الثانوية للبحث على بيانات (Eumetsat) لحالات العواصف الغبارية على سلطنة عمان في الفترة ما بين ٢٠٠٠ - ٢٠١٤م.

ثانياً: معالجة البيانات:

يقوم البحث على المنهج الاستقرائي والتحليلي والاستدلالي، القائم على قراءة وتحليل البيانات المناخية و تتبع حركة صور الأقمار الصناعية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لإخراج الخرائط النهائية ، وذلك حسب التالي:

١- برامج الاستشعار عن بعد مثل:

أ - برنامج (MACIDAS - V 1.5) لاستخلاص بيانات من صور الأقمار الصناعية (9-Meteosat) وصور الأقمار الصناعية (7-Meteosat) من خلال تتبع الحالات الغبارية في الفترة من ٢٠٠٠ - ٢٠١٤ م والتي تتضمن مصادر العواصف الغبارية ومسارها إلى سلطنة عمان، بالإضافة إلى استخلاص عدد مرات تكرار العواصف الغبارية على السلطنة خلال الفترة من ٢٠٠٠ - ٢٠١٤م.

ب - نموذج (Hysplit) والخاص بتتبع مسارات الكتل الهوائية، تم عمل سيناريوهات في (NOAA HYSPLIT MODEL) عن مسارات العواصف الغبارية إلى السلطنة خلال الفترة من ٢٠٠٠ - ٢٠١٤م، للوصول إلى المسارات الرئيسية للعواصف الغبارية على سلطنة عمان.

٢- استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ARC GIS - ARC MAP 10) تم تحليل بيانات الأقمار الصناعية والتي من نوع (MISR Level 3) لاستخلاص مستويات ومناطق التوزيع المكاني للغبار على سلطنة عمان خلال الفترة من ٢٠٠٠ - ٢٠١٤م.

٣- استخدام برنامج (MICROSOFT EXCEL) لعمل أشكال بيانية وهندسية لبيانات تكرار العواصف الغبارية السنوي والشهري.

الدراسات السابقة:

ومن الجدير بالذكر أن هناك العديد من الدراسات التي تناولت موضوع العواصف الغبارية من جوانب مختلفة وبأدوات ومنهجيات متنوعة توافقا مع الأهداف التي يود الباحثون الوصول إليها في دراساتهم. فعلى المستوى العالمي مثلا تناول (Rheis & Urban, 2011) الإدارة المناخية والإقليمية على ترسيب

الغبار الموسمي في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية، مستخدما التحليل الإحصائي لبرنامج (SPSS) وتحليل بيانات القمر الصناعي (NOA). كما استخدم (Retalis & Nikitopoulou, 2008) تقنية الاستشعار عن بعد في دراسة تركيزات غبار الصحراء الكبرى على دولة اليونان والمتمثلة في الأقمار الصناعية، NOAA AQUA, TERA. وكذلك صنف (Tsolmon et al., 2008) مناطق تركيزات الغبار على منغوليا لشهر مارس عام ٢٠٠٦ مستخدمين مرئيات MODIS\TERAA و AVRRR\NOAA.

وإقليمياً، درس (الجنابي، ٢٠١٠) تكرار العواصف الغبارية وآثارها البيئية والصحية في مدينة الرمادي العراقية، مستخدماً الطريقة التحليلية الكمية لعناصر المناخ وأعداد الأمراض، وركزت دراسة (Al-Marsoumi & Al-Asadi, 2009) على العواصف الغبارية وتأثيراتها البيئية على شمال غرب الخليج العربي بمنهجية التحليل النوعي. كما استخدم (Al-Sarraf, 2013) نموذج المحاكاة (WRF) لبيان أثر التغيرات المناخية على العواصف الغبارية. وتناول (Notaro et al., 2012) تحليل لمسارات العواصف الغبارية في المملكة العربية السعودية باستخدام المنهج الوصفي في تحليل صور الأقمار الصناعية (NASA). واستخدم (AL-Badi, 2006) تقنية الاستشعار عن بعد (الأقمار الصناعية) في دراسة العواصف الغبارية وتتبع مصادرها الداخلية والخارجية على دول شبه الجزيرة العربية.

أما على الصعيد المحلي فإنه من الواضح أن هناك شحاً في الدراسات التي تتناول موضوع العواصف الغبارية. حيث لم تتناول الموضوع إلا ثلاث دراسات فقط، الأولى دراسة (Charabi & Gastli, 2012) والتي كانت حول تقييم مخاطر الغبار على الطاقة الشمسية في سلطنة عمان، باستخدام بيانات الأقمار الصناعية (NASA)، والدراسة الثانية لـ (Al-Jahwari, 2012)، الذي تناول دراسة حالتين من العواصف الغبارية التي تعرضت لها سلطنة عمان، الأولى بتاريخ ١٩ مارس ٢٠١٢م والأخرى بتاريخ ١٢ أكتوبر ٢٠١١م، واستخدم فيهما نموذج التنبؤات العددية (NWP) والمرئيات الفضائية من (9-Meteosat). أما الدراسة الثالثة فكانت لـ (AL-Yahyai & Charabi, 2014) وتناولت تقدير وتنبؤ مسارات العواصف الغبارية على سلطنة عمان في شهر مارس عام ٢٠١٢م باستخدام تنبؤات الطقس العالمية (NWP) ونموذج (COSMO).

نتائج الدراسة:

١- المصادر والمسارات الخارجية للعواصف الغبارية على سلطنة عمان:

أوضحت نتائج حركة تتابع صور الأقمار الصناعية التي من نوع (9-Meteosat) والمرئيات الفضائية التي من نوع (7-Meteosat) إلى تعرض السلطنة إلى (٧٠) عاصفة غبارية خلال الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م). كما أوضحت حركة تتابع صور الأقمار الصناعية أيضاً إلى أن العواصف الغبارية كانت ترفد من مصدرين رئيسيين هما المصادر الشمالية والشمالية الشرقية، والمصادر

الغربية والشمالية الغربية من سلطنة عمان.

أ- المصادر والمسارات الشمالية والشمالية الشرقية على سلطنة عمان:

بعد تتبع حركة المريثات الفضائية، وحصر أعداد العواصف الغبارية التي تعرضت لها سلطنة عمان خلال الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م)، أظهرت النتائج إلى تلقي سلطنة عمان ما يقارب (١٨) عاصفة غبارية من المصادر الواقعة على الجانب الشمالي والشمالي الشرقي منها. حيث تركزت العواصف الغبارية من أربعة مصادر وهي إقليم بلوشستان الباكستاني و صحراء ثار الهندية و صحراء راجستان الأفغانية وإقليم السستان الإيراني، ذلك كما يوضحه الشكل (١): خلال الانتداب البريطاني حتى عام ١٩٤٨ (دراسة) تاريخ الإسترجاع http://www.wafa.ps/ar_page.aspx?id=deQ8gWa694802532072adeQ8gW

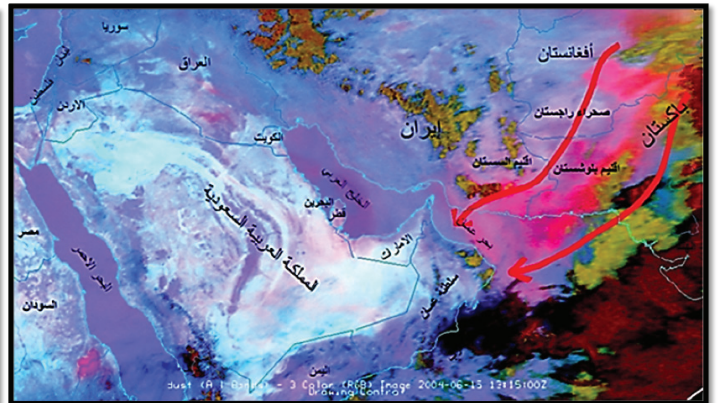
ب- المصادر والمسارات الغربية والشمالية الغربية من سلطنة عمان:

أوضحت نتائج تتبع حركة المريثات الفضائية التي من نوع (Meteosat-9) و مريثات (Meteosat-7) أن المصادر الواقعة على الجانب الغربي والشمالي الغربي مدت السلطنة بما يقارب (٥٢) عاصفة غبارية خلال فترة الخمسة عشر عاما (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م)، كما أظهرت نتائج حركة المريثات الفضائية إلى أن العواصف الغبارية تركزت على خمسة مصادر ومسارات من هذا الجانب وهي السهول الفيضية الجافة في جنوب العراق (منطقة الاهوار) كمصدر ومسار أول و صحراء الربع الخالي كمصدر ثان، الشكل (٢).

وتعتبر صحراء النفوذ السعودية المصدر والمسار الثالث، وشكلت كتبان رمال الدهناء السعودية أيضا المصدر والمسار الرابع للعواصف الغبارية إلى السلطنة. كما يوضحه الشكل (٣).

بالإضافة إلى ذلك مثلت السهول الفيضية الجافة وبادية الشام في جنوب شرق سوريا المصدر والمسار الخامس للعواصف الغبارية على سلطنة عمان، أنظر الشكل (٤).

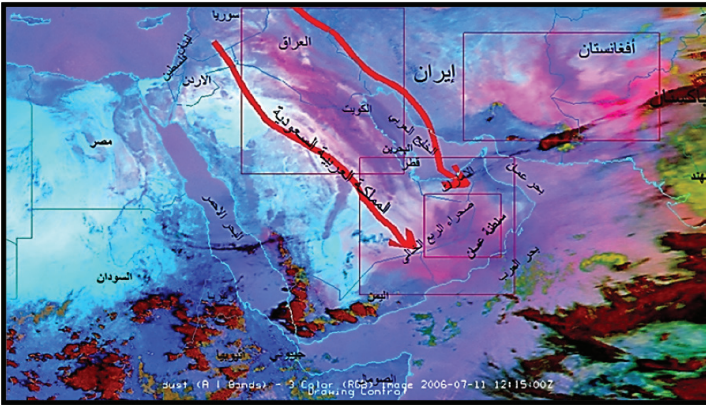
لشكل (١) مرئية فضائية توضح مصادر الغبار ومساره (إقليم بلوشستان وإقليم السستان الإيراني و صحراء راجستان).



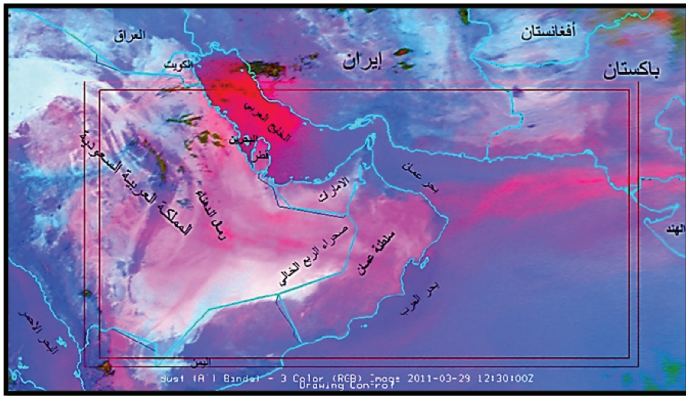
٢- تكرار العواصف الغبارية على سلطنة عمان:

عند رصد وتتبع تكرار العواصف الغبارية التي تعرضت لها سلطنة عمان في الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م) عن طريق تتبع جميع حركة صور الأقمار الصناعية (Meteosat-9) و صور الأقمار الصناعية (Meteosat-7)، فإن نتائج التحليل أظهرت تعرض السلطنة إلى (٧٠) عاصفة غبارية خلال الخمسة عشر عاما الماضية. وتم تصنيف تكرار العواصف الغبارية التي تعرضت لها السلطنة خلال فترة الدراسة إلى قسمين وهما التكرار السنوي والتكرار الشهري. وذلك على النحو الآتي:

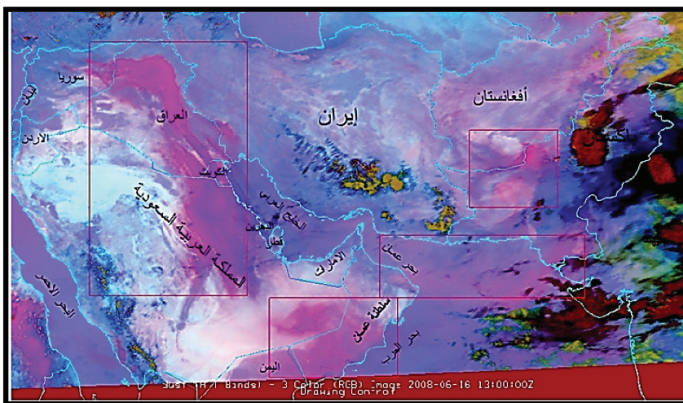
الشكل (٢) مرئية فضائية توضح مصادر الغبار ومساره من (السهول الفيضية الجافة في جنوب العراق (الاهوار) و صحراء الربع الخالي).



الشكل (٣): مرئية فضائية توضح انبعاث الغبار ومساره من كتبان الدهناء في المملكة العربية السعودية.



الشكل (٤): مرئية فضائية توضح مصدر الغبار ومساره من (السهول الفيضية الجافة وبادية الشام في سوريا).



١- التكرار السنوي للعواصف الغبارية:

التوالي في تكرار العواصف الغبارية. أما أقل شهرين تكرارا لعدد العواصف الغبارية هما شهرا أكتوبر وديسمبر، ذلك لكون شهر أكتوبر من الأشهر الانتقالية الذي تستقر فيه حركة الرياح في أغلب الأحيان ، حيث لم يتجاوز عدد التكرار عن (مرة واحدة) لكل منهما. وقد تلقى كل من شهر يناير وشهر فبراير وشهر اغسطس وشهر سبتمبر عدد (٢، ٣، ٤، ٢) على التوالي من تكرار العواصف الغبارية. أما شهر نوفمبر فلم ترصد مرئيات الأقمار الصناعية بنوعيتها أي عاصفة غبارية له ، ومن الممكن أن يعزى ذلك إلى انخفاض في شدة الرياح وخاصة القادمة من الجانب الغربي على السلطنة، كما يعتبر هذا الشهر من الأشهر الانتقالية والذي يتميز بالهدوء وتحول الرياح إلى رياح شمالية شرقية على السلطنة. أنظر الشكل (٦).

٣- التوزيع المكاني لمستويات الغبار في الطبقات الدنيا (٠ - ٢٠٠ مترا) من الغلاف الجوي على سلطنة عمان:

أظهرت نتائج تحليل بيانات الأقمار الصناعية (NASA) والتي من نوع (MISR Level 3) باستخدام القناة الطيفية (Blue) خلال فصل الشتاء أن مستويات الغبار الدقيقة والذي بحجم يتراوح بين (٠ - ١) ميكرون تراوحت بين القصى والعالية على الأجزاء الغربية من محافظة الوسطى وعلى الأجزاء الشمالية الغربية من محافظة ظفار، كما تظهر النتائج أيضا ارتفاعا عاليا في مستويات الغبار على بعض الأجزاء الجنوبية من محافظة الداخلية وعلى الأجزاء الشمالية الشرقية والجنوبية من محافظة الشرقية

جنوب، وترتفع أيضا هذه المستويات من الغبار على الأجزاء الغربية لمحافظة الظاهرة، ويعزى هذا الارتفاع إلى وجود مساحات شاسعة من الأراضي الخالية الجافة. أما المناطق الحدودية بين محافظات الباطنة شمالا والبريمي والظاهرة وهي المناطق المتاخمة لجبال الحجر الغربي تجد دائما انخفاضا في مستويات الغبار، خلال أشهر فصل الشتاء نظرا لحجب القمم الجبلية لهذه المستويات من الغبار. أنظر الشكل (٧):

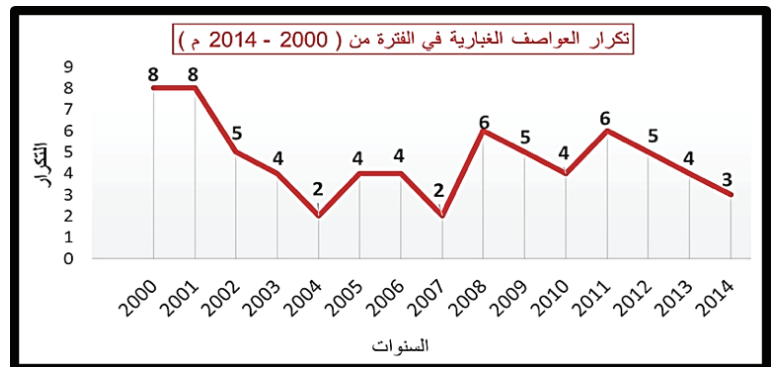
أما خلال فترة أشهر الربيع (مارس وأبريل) فقد بلغت مستويات الغبار أقصاها على الأجزاء الشمالية الغربية من محافظة الوسطى، وعلى الأجزاء الغربية والشمالية الغربية من محافظة ظفار. وارتفعت مستويات الغبار بدرجات عالية على الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من محافظة الشرقية جنوب، وعلى الأجزاء الجنوبية من محافظات الداخلية والشرقية جنوب والشرقية شمال، كما شهدت محافظة مسندم والأجزاء الغربية من محافظة الظاهرة ارتفاعا عاليا في مستويات الغبار خلال فترة هذا الموسم ، ويعزى هذا الارتفاع في مستويات الغبار على هذه الاجزاء من السلطنة إلى قربها من مساحات رملية خالية . بينما كان منخفضا في المستوى على المناطق الواقعة بين شمال محافظة الداخلية وجنوب الباطنة، وأيضا على

تشير النتائج إلى أن عامي ٢٠٠٠ و ٢٠٠١ م هما العامان الأكثر تكرارا في العواصف الغبارية في السلطنة، حيث بلغا في التكرار (٨) مرات. بينما تبين نتائج الدراسة أن عامي ٢٠٠٤ و ٢٠٠٧ م هما العامان الأقل تكرارا للعواصف الغبارية في السلطنة، حيث لم يتجاوزا (مرتين) لكل منهما. وتوصلت الدراسة أيضا إلى أن عامي ٢٠٠٨ و ٢٠١١ م شهدا تكرارا للعواصف الغبارية بعدد (٦) مرات، في حين لم يتجاوز تكرار العواصف الغبارية أكثر من (٣) مرات في عام ٢٠١٤ م. كما بلغ تكرار العواصف الغبارية (خمس مرات) في أعوام (٢٠٠٢ و ٢٠٠٩ و ٢٠١٢)، وتكررت العواصف الغبارية بعدد (أربع مرات) في خمس سنوات متفرقة وهي (٢٠٠٣ و ٢٠٠٥ و ٢٠٠٦ و ٢٠١٠ و ٢٠١٣ م). أنظر الشكل (٥).

٢- التكرار الشهري للعواصف الغبارية:

توضح نتائج تتبع حركة الأقمار الصناعية أن شهر مارس هو أكثر الشهور تكرارا في عدد مرات العواصف الغبارية، ذلك لبداية حركة تدفق الرياح الغربية والشمالية الغربية في دول شبه الجزيرة العربية ، حيث بلغ التكرار (١٤) مرة في هذا الشهر خلال فترة خمسة عشر عاما الماضية. كما تشير النتائج أيضا إلى أن شهري مايو ويوليو يحتلان المرتبة الثانية في أعداد تكرار العواصف الغبارية، حيث بلغ نصيبهما من التكرار (١٢) مرة. في حين شهد شهري أبريل ويونيو عدد (٩ ، ١٠) مرات على

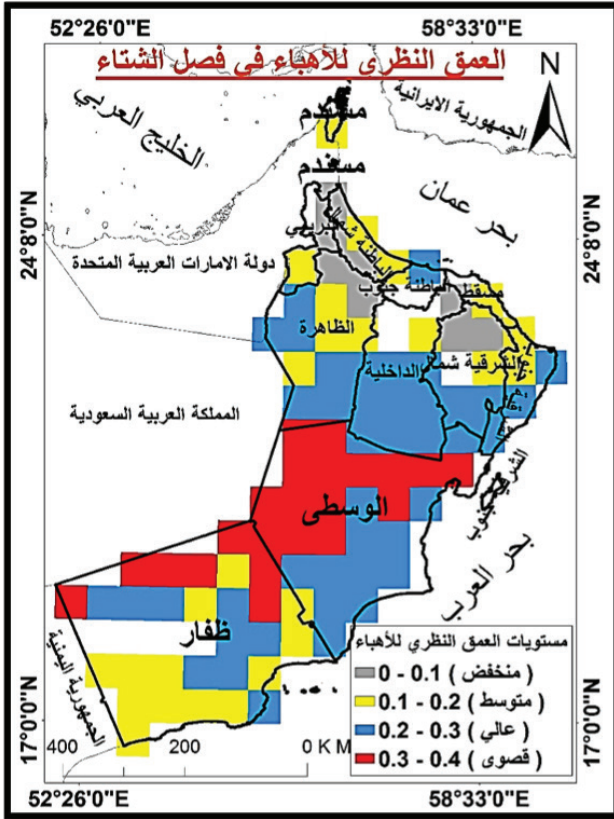
الشكل (٥): يوضح تكرار العواصف الغبارية على سلطنة عمان لكل سنة خلال الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤ م).



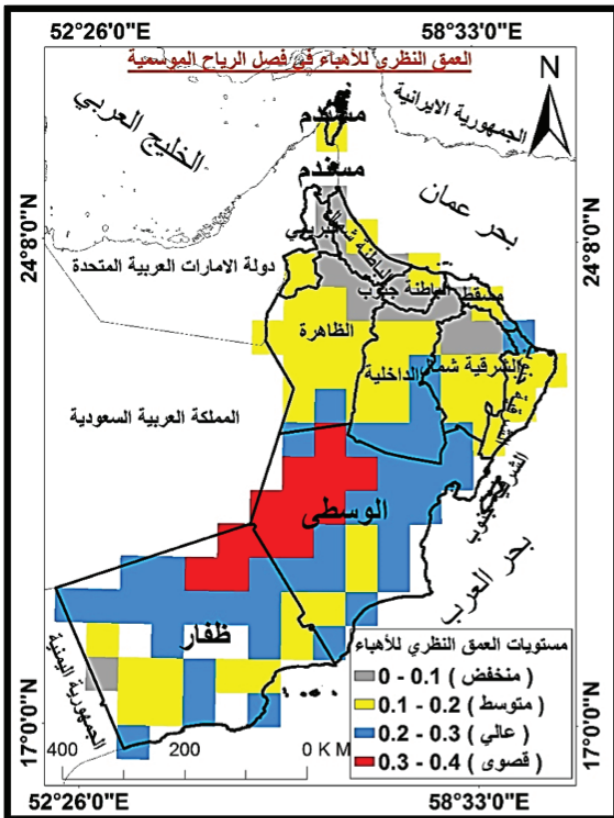
الشكل (٦): يوضح تكرار العواصف الغبارية على سلطنة عمان لكل شهر خلال الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤ م).



الشكل (٨): يوضح المتوسط الشهري لمستويات الغبار على محافظات سلطنة عمان في فصل الربيع



الشكل (٩): يوضح المتوسط الشهري لمستويات الغبار على محافظات سلطنة عمان في فصل الصيف

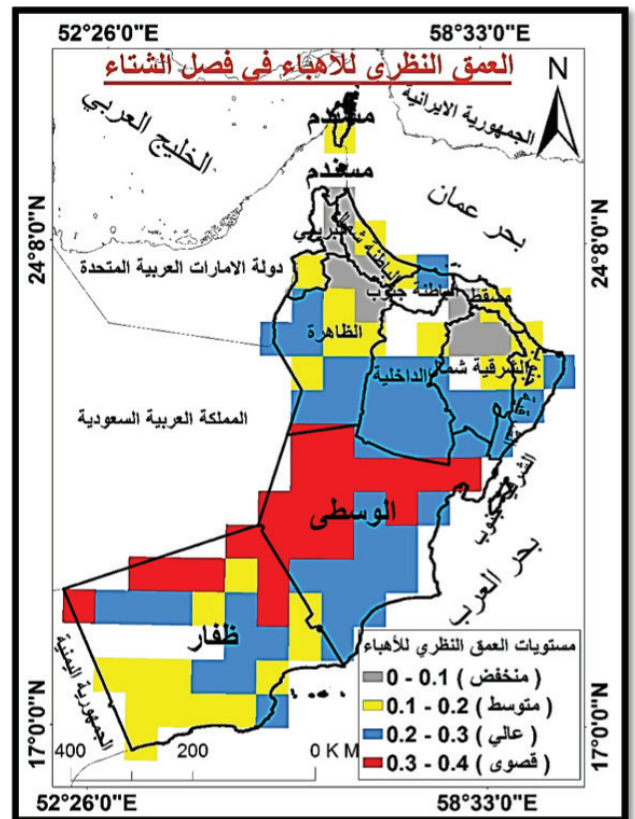


المناطق الواقعة بين محافظة البريمي والظاهرة وشمال الباطنة وهي المناطق المتاخمة لجبال الحجر الغربي، والتي تعيق هذه المستويات من الغبار. أنظر الشكل (٨).

أما في فترة فصل الصيف فقد بلغت مستويات الغبار القصوى والعالية في شهر يوليو تحديداً على معظم أجواء السلطنة، والتي تشهد هبوب الرياح الغربية والشمالية الغربية على المسطحات الرملية الغربية خاصة، عدا الأجزاء الجنوبية من محافظة ظفار والأجزاء الشمالية من محافظة مسندم والتي بلغ الغبار على أجوائها بمستويات متوسطة خلال شهر يوليو. أما في شهري أغسطس وسبتمبر فكان مستوى الغبار يتراوح بين العالية والقصوى على الأجزاء الوسطى والغربية من محافظة الوسطى، وبمستويات عالية أيضاً على الأجزاء الشمالية من محافظة مسندم والأجزاء الغربية من محافظة الظاهرة خلال شهر أغسطس تحديداً، ذلك لنشاط الرياح الغربية والشمالية الغربية خلال هذه الفترة. بينما تراوحت مستويات الغبار بين المتوسطة والمنخفضة على محافظات السلطنة الشمالية والمحاذية لجبال الحجر الغربي خاصة. أنظر الشكل (٩).

ومن خلال نتائج أخرى للدراسة كما في الشكل (١٠)، تتضح أن مستويات الغبار خلال الفترة الانتقالية لشهري أكتوبر ونوفمبر (فصل الخريف) تتراوح بين العالية والقصوى على الأجزاء الوسطى والغربية من محافظة الوسطى وعلى الأجزاء الشمالية الغربية من محافظة ظفار، كما بلغ الغبار مستوياته العالية والقصوى على الأجزاء الجنوبية من محافظتي الداخلية والشرقية

الشكل (٧) المتوسط الشهري لمستويات الغبار على محافظات سلطنة عمان في فصل الشتاء.



تناولت هذه الدراسة بالبحث والتحليل تتبع مصادر ومسارات العواصف الغبارية في سلطنة عمان ودراسة تكرار وتيرتها مع تحديد مناطق التوزيع المكاني للغبار خلال الفترة من ٢٠٠٠ الى ٢٠١٤ باستخدام المنهج الاستقرائي والتحليلي والاستدلالي، القائم على قراءة وتحليل البيانات المناخية وتتبع حركة صور الأقمار الصناعية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لإخراج الخرائط النهائية. وقد ساعدت منهجية البحث على وضع آلية واضحة لتحديد مصادر العواصف الغبارية الخارجية وتتبع مساراتها على السلطنة، كما ساعدت منهجية البحث على تقصي مدى تكرار العواصف الغبارية التي تعرضت لها سلطنة عمان وتصنيفها على المدى السنوي والمدى الشهري. كما اختبر الباحث إمكانية استخدام مرئيات فضائية (9-Meteosat) ومن المرئية الفضائية (7-Meteosat)، والتي استخدمت في تتبع المصادر الخارجية للعواصف الغبارية على السلطنة وتتبع مساراتها ودراسة مدى تكرار العواصف الغبارية على السلطنة، كما استخدم الباحث بيانات القمر الصناعي (3 MISR Level) في دراسة مستويات الغبار على الغلاف الجوي للسلطنة خلال الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م).

وكشفت الدراسة إلى تعرض سلطنة عمان إلى (٧٠) عاصفة غبارية، تم تصنيفها من حيث المصادر إلى (١٨) عاصفة غبارية، أي ما نسبته (٢٦ %) من إجمالي العواصف الغبارية كانت ترفد من المصادر الشمالية والشمالية الشرقية من السلطنة، في حين كان النصيب الأكبر من العواصف الغبارية يرفد من الجهة الغربية والشمالية الغربية من السلطنة بمقدار (٥٢) عاصفة غبارية، بنسبة (٧٤ %) خلال الفترة من (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م). كما كشف تحليل المرئيات الفضائية عن المصادر الخارجية الرئيسية التي تمد سلطنة عمان بالعواصف الغبارية، حيث كانت تجتاح أجواء السلطنة عواصف غبارية من المصادر الشمالية والشمالية الشرقية وتم تحديد تلك المصادر وهي صحراء نثار الهندية وصحراء راجستان الأفغانية بالإضافة إلى إقليم بلوشستان الواقع بين باكستان وإيران وإقليم السستان الإيراني. كما كشفت نتائج الدراسة أيضا وجود مصادر غربية وشمالية غربية كانت تمد أجواء السلطنة بالعواصف الغبارية، وهي السهول الفيضية الجافة في جنوب العراق والسهول الفيضية الجافة وبادية الشام في جنوب شرق سوريا بالإضافة إلى صحراء النفوذ وكثبان رمال الدهناء وصحراء الربع الخالي.

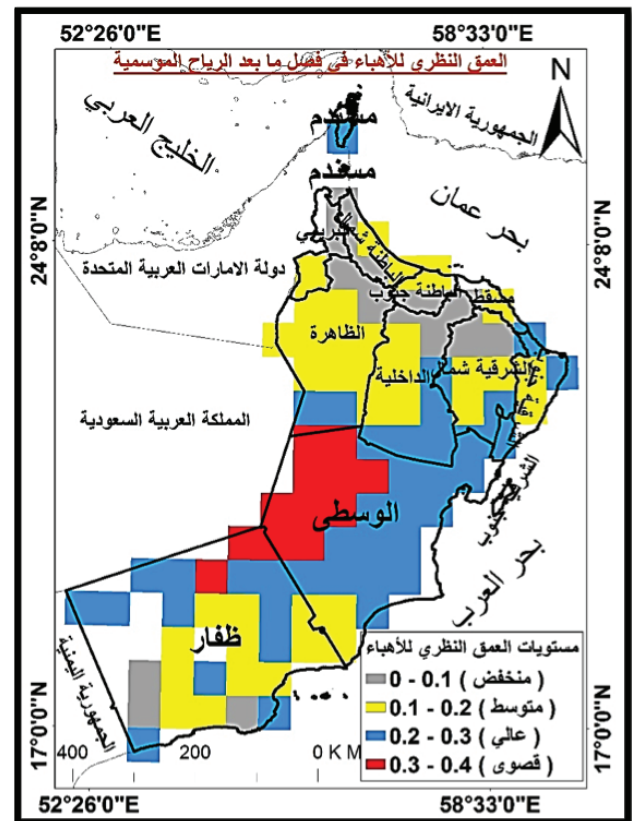
نتائج تحليل بيانات الأقمار الصناعية (3 MISR level) حددت مناطق تركيزات وانتشار الغبار على بعض الأجزاء من محافظات السلطنة، حيث كانت أغلب المستويات العالية والقصى تتركز على الأجزاء الغربية من محافظة الوسطى وعلى الأجزاء الشمالية الغربية من محافظة ظفار. بينما كانت المناطق الواقعة بين محافظات الباطنة شمال والبريمي والظاهرة المتاخمة لجبال الحجر الغربي بالإضافة إلى بعض المناطق المتاخمة لجبال الحجر الشرقي تشهد مستويات منخفضة من الغبار خلال فترة الدراسة (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م).

شمال وعلى الأجزاء الشمالية الشرقية من محافظة الشرقية جنوب، ويعزى ذلك الارتفاع إلى نشاط الرياح المحلية على المصادر الرملية الداخلية. والانخفاض في مستويات الغبار يتضح أيضا على المناطق الحدودية بين محافظات الباطنة شمالا والبريمي والظاهرة (المناطق المتاخمة لجبال الحجر الغربي).

الخاتمة:

إن المناخ الذي تتميز به سلطنة عمان يشكل عاملا مهما في نشاط الكثير من الظواهر المناخية على الغلاف الجوي الذي تحيط به السلطنة، وخاصة تلك التي ترتبط بمعدلات درجات الحرارة ودرجات الرطوبة الجوية ومعدلات الأمطار الساقطة. الغلاف الجوي لسلطنة عمان يحوي العديد من الظواهر التي تقود الكثير من الباحثين في تقصي ودراسة الظواهر العلمية الجديدة الذي تتميز بها سلطنة عمان عن بقية مناطق دول العالم. على الرغم من الظروف المناخية السائدة في منطقة شبه الجزيرة العربية بصفة عامة إلا أن دراسة ظاهرة الغبار على أجواء سلطنة عمان باتت شيئا مهما للكثير من المناخيين، وذلك لما تحويه السلطنة من بيئات مختلفة أثرت وبشكل فعال على تنوع المناخ بها. كما أن انبساط مساحة سلطنة عمان على رقعة مساحتها ٣٠٩,٥٠٠ كم^٢ وامتداد السلطنة على عشر درجات عرضية يفسح المجال لوجود تباين بين مناطق ومحافظات السلطنة مناخيا وتضاريسيا وبيئيا. (الحتروشي، ٢٠١٤، ٣٠). مما كان له الأثر الفعال في نشاط وعمل العديد من الظواهر البيئية التي أثرت وبشكل واضح على مناخ السلطنة.

الشكل (٩): يوضح المتوسط الشهري لمستويات الغبار على محافظات سلطنة عمان في فصل الخريف.



٢- تطوير نظام إقليمي متعدد الأبعاد للإنذار المبكر بالعواصف الغبارية.

المراجع

الجنابي، حميد (٢٠١٠). تكرار العواصف الغبارية وآثارها البيئية والصحية في مدينة الرمادي، المجلة العراقية لدراسات الصحراء، المجلد - ٣ (١)، رقم الصفحات.

الحتروشي، سالم (٢٠١٢). مناخ سلطنة عمان: الأسس العلمية ورصد لأهم مؤشرات التغيرات المناخية، المجلة المصرية للتغير البيئي، ٤، ٧-١٩.

الحتروشي، سالم (٢٠١٤). الجغرافيا الطبيعية لسلطنة عمان، الصفحة (٣٠)، دائرة النشر العلمي والمعلومات، جامعة السلطان قابوس، مسقط، سلطنة عمان.

الكتاب الإحصائي السنوي (٢٠١٥). جملة أعداد السكان حسب الجنسية (تقديرات منتصف العام)، العدد ٤٣، شهر أكتوبر ٢٠١٥، الصفحة ٦٤، المركز الوطني للإحصاء والمعلومات، مسقط، سلطنة عمان.

حسنين، أحمدعبدالسلام، (٢٠١٠). الصحاري العمانية: دراسة تحليلية للأشكال والعمليات الجيومورفولوجية، سلطنة عمان، مكتبة بيروت.

وزارة شؤون الرئاسة - المركز الوطني للأرصاد الجوية والزلازل، مراثيات فضائية عن العواصف الغبارية التي تعرضت لها دولة الامارات العربية المتحدة وسلطنة عمان خلال الفترة من (٢٠٠١ - ٢٠١١)، دولة الإمارات العربية المتحدة، ٢٠١١.

المراجع الأجنبية

AL-Badi, Humaid (2006). Remote Sensing of Dust Clouds and Determining their Main Sources that Affect the Arabian Peninsula, Master thesis, University of Dundee, Australia.

Al-Jahwar, Khalid (2012). Case studies of two Significant Dust Storms that Affected Oman: Synoptic and Mesoscale based Dust Storms, Public Authority for Civil Aviation, Oman National Meteorological Service, Sultanate of Oman.

Al-Marsoumi, Abdul-Mutalib, Al-Asadi, Maher (2009). Dust Storms and their Environmental, Impacts at the NorthWest part of Arabian Gulf, Journal of Iraqi Desert Studies, Vol. 2, No. 2, page No. .

Al-Sarraf, Hussain (2013). Investigating the Impact of

وفي الختام ومن خلال ما توصلت إليه الدراسة من نتائج، يمكن القول إن سلطنة عمان واحدة من الدول التي على موعد دائم بالعواصف الغبارية. الموقع الجغرافي والمناخ الذي تتميز به سلطنة عمان، عوامل رئيسية جعلت من السلطنة محطة عبور ورسو للعواصف الغبارية على أجوائها خلال فترة الخمسة عشر عاما الماضية. التوزيع المتباين لمستويات الغبار العالقة في الجو تدل على أثر المصادر المحلية للغبار بالإضافة إلى تأثير المصادر الخارجية على أجواء السلطنة خلال فترة الخمسة عشر عاما الماضية (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م).

التوصيات:

إن الدراسات التطبيقية في مجال دراسة العواصف الغبارية لها دور كبير في التعريف بالعواصف الغبارية والآثار الناتجة عنها، وذلك لمواكبة خطر العواصف الغبارية، وعمل الاحتياطات للتكيف والتخفيف من أخطار العواصف الغبارية. وعلى أمل أن تكون هذه الدراسة بمثابة نقطة البداية في سلسلة من الدراسات المستقبلية المعنية بالعواصف الغبارية والتعامل مع مخاطرها وآثارها الصحية والاقتصادية.

فإننا نضع هذه التوصيات الاتية لتكون محاور بحث للمهتمين في هذا المجال، وكذلك توصيات للمؤسسات الحكومية المعنية بالتعامل مع الحالات الغبارية بكل مستوياتها:

أولاً: توسيع النطاق المعرفي (البحث العلمي) وذلك من خلال:

١- إجراء أبحاث حول المصادر الرئيسية للعواصف الغبارية، وتولدها وانتقالها وترسبها وتأثيراتها على البيئة والصحة والاقتصاد.

٢- وضع برامج للتبادل العلمي من خلال الندوات والاجتماعات والمؤتمرات، وتطوير نظام معلومات متكامل لجمع وتقديم بيانات حول العواصف الغبارية والربط الشبكي مع نظم المعلومات الوطنية في دول المنطقة.

ثانياً: بناء القدرات البشرية والتقنية وذلك من خلال:

١- إن الكثير من الجمهور العام لا يدركون حجم الأخطار التي قد يتعرضون لها نتيجة هبوب العواصف الغبارية، ولا يدركون كيفية التعامل معها، لذا من الضروري العمل على إذكاء الوعي العام للجمهور عن كيفية التعامل مع خطر العواصف الغبارية، مع ضرورة أن يبدأ العمل بأطفال المدارس وطلاب الجامعات ثم يتوسع بعد ذلك ليشمل وسائل الإعلام المختلفة.

٢- تطوير برامج العمل الوطنية للتخفيف من تأثيرات العواصف الغبارية

ثالثاً: السياسات الحكومية:

١- إن تعرض السلطنة لتكرار العواصف الغبارية خلال فترة الخمسة عشر عاما الماضية، يعزز من دور وأهمية الأرصاد الجوية في متابعة ورصد الحالات الغبارية التي تتعرض لها السلطنة خلال الفترة القادمة، وذلك لرسم خطة عمل متكاملة للتكيف والتخفيف من أخطار العواصف الغبارية.

- Bangalath, H, (2014). The impact of dust storms on the Arabian Peninsula and the Red Sea, Division of Physical Sciences and Engineering, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia.
- Kunte, pravin, D,M.A,Aswini (2014). Detection and Monitoring of super Sandstorm and its impacts on Arabian Sea - Remote sensing approach , Council of Scientific and industrial Research ,National institute of Oeanography,Dona paula,Coa,403004,India.
- LAADS Web, level 1 and atmosphere Archive and Distribution System (2016). Retrieved January 10,2016 from NASA Flight Center. Website <https://ladsweb.nascom.nasa.gov/>.
- Mark, Lyles , B, Herbert, Fredrickson, L, Anthony, Bednar, J, Harry, Fannin, B, Dale, Griffin, W, Terrance, Sobecki, M, (2010). Medical Geology: Dust exposure and potential health risks in the Middle East, Center for Naval Warfare Studies, U.S. Naval War College, Newport, RI, 02841 USA.
- Meibodi, Ali Emami, Abdoli, Ghahreman, Taklif ,Atefeh, Morshedi, Behnam, (2015). Economic Modeling of the Regional Polices to Combat Dust Phenomenon by Using Game Theory Department of Energy Economics, Faculty of Economics , Allameh Tabataba'i University Tehran , Iran.
- Monitoring Weather and Climate from Space (2016). Retrieved January 7, 2016 from Eumetsat.Web Site : <http://www.eumetsat.int/website/home/search/index>.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA), (2016). Jet Propulsion Laboratory,California Inatitute of Technology, Retrieved 20 of January from NASA.Web site: <http://misr.jpl.nasa.gov/getData/accessData/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), (2016). Air Resources Laboratory, Advancing Atmospheric Science and Technology through Research, Retrieved 18 of April from NOAA. Website: <http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>
- Climate Change on Dust Storms Over Kuwait by the Middle of the Century Simulated by WRF Dynamical Downscaling, ProQuest LLC (2013), UMI 3605200.
- Al-Yahai , Sultan , Charabi , Yassine (2014). Trajectory Calculation as Forecasting Support Tool for Dust Storms , Hindawi Publishing Corporation , ID 698359 .
- Bull, Mike, Matthews, Jason, Mcdonald, Duncan, Moroney, Catherine, Paradise, Susan, Smyth, Mike (2009). Multi-angle Imaging spectro-Radiometer, Data Products Specifications, Incorporating the Science Data Processing Interface Control Document, JPL D-13963, Revision R, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA.
- Bureau of Meteorology (2016). Storm Spotter Handbook, Rising dust and Devils,Retrieved 16 of March from Australia Government.Websit: http://www.bom.gov.au/storm_spotters/handbook/dont_be_deceived.shtml
- Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing Tutorial, (2013), Fundamentals of Remote Sensing, Natural Resources, Canada.
- Charabi, Yassine, Gastli, Adel (2012). Spatio-temporal assessment of dust risk map for solar systems using proxy data, Renewable Energy 44 (2012) 23 – 31.
- Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, (2008), Global Environment Issues Division, Global Environment Bureau, Ministry of the Environment No.5 Godochosha, 1-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8975, Japan.
- Draxler, Roland, Stunder, Barbara, Rolph, Glenn, Stein, Ariel, Taylor, Albion, (2016). HYSPLIT4 USER's GUIDE, Version 4 - Last Revision,Air Resources Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).
- El-Ossta, Esam (2013). Automated Dust Storm Detection Using Satellite Images, Digital Imaging School of Computing, Informatics and Media University of Bradford. United Kingdom.
- Jish Prakash, P, Stenchikov, G, Kalenderski,S, Osipov ,S,

- Tsolmon, R, Ochirkhuyag, L, Sternberg, T, (2008). Monitoring the source of trans-national dust storms in north east Asia, *International Journal of Digital Earth*, 1:1, 119-129, DOI: 10.1080/17538940701782593.
- United Nations Environment Programme, (UNEP), (2013). Thematic focus: Harmful substances and hazardous waste, ecosystem management, Forecasting and early warning of dust storms, United Nations Environment Programme, environment for development.
- V, Mannava, Sivakumar,K,(2012). Impacts of Sand Storms/ Dust Storms on Agricultur, Department of Environment Sciences, Faculty of Environmental Studies, Universiti Putra Malaysia, Malaysia,Department of Environment Science, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Iran.
- What is Mcidas-v, (2013). Mcidas-V User's Guide, Retrieved 20 of December.web site : http://www.ssec.wisc.edu/mcidas/doc/mcv_guide/1.4/combine_all.php
- World Meteorological Organization, (WMO), United Nations Environment Programme, (UNEP), (2013). Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs, Technical Report,Chair,PublicationsBoardWorld Meteorological Organization (WMO) 7 bis, avenue de la Paix -1211 Geneva 2, Switzerland.
- World Meteorological Organization, (WMO), (2016). Global Atmosphere Watch (GAW), Retrieved 16 of March from (WMO). Web site: <http://www.wmo.int>
- Notaro, Michael, Alkolibi, Fahad, Fadda, Eyad, Bakhrjy, Fawzieh, (2013). Trajectory analysis of Saudi Arabian dust storms, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol.118,6028–6043, doi:10.1002/jgrd.50346, 2013.
- Ochirkhuyag, L, Tsolmon, R, (2008). Monitoring the Source of Trans-National Dust Storms In North East Asia, Wildlife Conservation Society Mongolia Program, Amar str-2, Internom bookstore building Rm#305, Ulaanbaatar, Mongolia, National University of Mongolia, School of Physics-Electronics, Laboratotay for Remote sensing/GIS Num-ltc-Unesco, Ulaanbaatar, Mongolia.
- Reheis, Marith, c, Urban, Frank E, (2011). Regional and climatic controls on seasonal dust deposition in the southwestern U.S, *Aeolian Research* 3 (2011) 3.21.
- Retalis, Adrianos, Nikitopoulou, Theodora, (2008). Use of Satellite Remote Sensing for Studying the Intense Saharan Dust Event of April 17, 2005, *Geocarto International*, 21:4, 29-35, DOI: 10.1080/10106040608542400 .
- S,Andrew,Goudie, (2013). Desert dust and human health disorders,Journal home page :www.elsevier.com/locate/envint, *Environment international*63,(2014), 101-113.
- Saalmüller, Joachim, Kerkmann, Jochen (2015). Introduction to RGB Composited Imagery, With contributions from: HP. Roesli(EUM), D. Rosenfeld (Israel), M. Setvak (CZ), M. König(EUM), G. Bridge (EUM), E. De Coning (RSA), J. Prieto (EUM), N. Moreira (Portugal), (g), A.Eronn(Sweden), K. Kollath& M. Putsay (Hungary), H. Kocak(Turkey), J. Schipper(Netherlands), V. Nietosvaara (Finland), S. Gallino(Italy), M. Pavolonis(USA), T. Lee (USA)
- Shalaby, A, B, Rappenglueck, Eltahir E. A. B, (2014). The climatology of dust aerosol over the arabian peninsula, The International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italy Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Houston, Texas 77004, USA Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA.