ISSN 2789-4843

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية فرع المنطقة الوسطى

المجلد الخامس، العدد الأول، يناير 2025

WWW.LFGS.LY

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة نصف سنوية

تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية – فرع المنطقة الوسطى

المجلد الخامس، العدد الأول، يناير 2025م

رئيس التحرير

أ. د. حسين مسعود أبومدينة

أعضاء هيئة التحرير

أ. د. عبدالسلام أحمد الحاج	الاكاديمية الليبية/ بني وليد - ليبيا
د. عمر امحمد علي عنيبه	جامعة مصراتة - ليبيا
د. سليمان يحيى السبيعي	جامعة سرت - ليبيا
د. محمود أحمد زاقوب	جامعة الجفرة - ليبيا
د. بشير عبدالله بشير	المركز الوطني للأرصاد الجوية - ليبيا
د. علي مصطفى سليم	جامعة مصراتة - ليبيا
د. نوح محمد علي الصبابحة	جامعة اليرموك - الاردن
د. محمد عبدالمعتمد عبدالرسول	جامعة الوادي الجديد - مصر

المراجعة اللغوية

د. فوزية أحمد عبدالحفيظ الواسع

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

مجلة علمية محكمة نصف سنوية

تصدر عن الجمعية الجغرافية الليبية – فرع المنطقة الوسطى.

المجلد الخامس، العدد الأول : يناير 2025م

الموقع الإلكتروني للمجلة:

https://journal.su.edu.ly/index.php/jlgs
www.lfgs.ly

البريد الالكتروني:

Email: research@lfgs.ly
Email: jlgs@su.edu.ly

الدعم الفني والالكتروني:
أ . د. جمال سالم النعاس
د. صلاح محمد اجبارة م . سفيان سالم الشعالي

الغلاف من تصميم : أ. د. جمال سالم النعاس/ جامعة عمر المختار

دار الكتب الوطنية بنغازي - ليبيا

رقم الإيداع القانوني 557 / 2021م

ISSN 2789 - 4843

العنوان: الجمعية الجغرافية الليبية / فرع المنطقة الوسطى

مدينة سرت – ليبيا

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

جميع البحوث والآراء التي تنشر في المجلة لا تعبر إلا عن وجهة نظر أصحابها ، ولا تعكس بالضرورة رأي هيئة تحرير المجلة.

أعضاء الهيئة الاستشارية للمجلة:

أ .د. منصور محمد الكيخيا	رئيس الجمعية الجغرافية الليبية
أ. د. مفتاح علي دخيل	نائب رئيس الجمعية الجغرافية الليبية
أ. د. أبوالقاسم محمد العزابي	جامعة طرابلس - ليبيا
أ. د. امحمد سيتي	جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا -الجزائر
أ. د. أنور فتح الله عبدالقادر اسماعيل	الاكاديمية الليبية/ درنة - ليبيا
أ. د. جمال سالم النعاس	جامعة عمر المختار - ليبيا
أ. د. جمعة رجب طنطيش	جامعة طرابلس - ليبيا
أ. د. جميل الحجري	جامعة منوبة - تونس
أ. د. حمزة علي أحمد خوالدة	الجامعة الأردنية - الأردن
أ. د. خالد محمد بن عمور	جامعة عمر المختار - ليبيا
أ. د. رشيدة نافع	جامعة الحسن الثاني - المغرب
أ. د. سميرة محمد العياطي	جامعة طرابلس - ليبيا
أ. د. عبدالحميد صالح بن خيال	جامعة بنغازي - ليبيا
أ. د. عبداللطيف حمود النافع	جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية-السعودية
أ. د. لطفي كمال عبده عزاز	جامعة المنوفية - مصر
أ. د. مازن عبدالرحمن جمعة الهيتي	جامعة الأنبار – العراق
أ. د. مجيد ملوك السامرائي	جامعة تكريت -العراق
أ. د. محمد حميميد محمد	الجامعة الاسمرية الإسلامية - ليبيا
أ. د. محمد مجدي مصطفى تراب	جامعة دمنهور - مصر
أ. د. مصطفى أحمد الفرجاني	جامعة الزاوية - ليبيا
أ. د. مصطفى منصور جهان	الاكاديمية الليبية/ مصراتة - ليبيا
أ. د. مفيدة أبوعجيلة بلق	الاكاديمية الليبية/ طرابلس - ليبيا
أ. د. ناجي عبدالله الزناتي	جامعة طرابلس - ليبيا
أ. د. نسرين علي السلامة	جامعة دمشق - سوريا
أ. د. الهادي البشير المغيربي	جامعة الزاوية - ليبيا
أ. د. الهادي عبدالسلام عليوان	جامعة المرقب - ليبيا

تحليل أثر تغير النطاقات المطرية في تباين الغطاء النباتي في وادي حضرموت/ اليمن
باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)

https://doi.org/10.37375/jlgs.v5i1.3117

أ. سالم عبيد أحمد بانوَّاس
مدرِّس بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية/كلية الآداب والعلوم الإنسانية
جامعة حضرموت/ الجمهورية اليمنية
s.banwas@hu.edu.ye

الملخص:

تُعَدُّ الأمطار أحد العناصر المناخية الرئيسة التي تتغير معدلاتها زمانيًّا ومكانيًّا؛ مما يؤثر هذا التغير في البيئة النباتية، وقد هدفت الدراسة إلى معرفة أثر تغير وتزحزح النطاقات المطرية في تباين مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت، ولإبراز هذا الأثر فقد اعتمدت الدراسة على تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) من خلال تطبيق مؤشر الغطاء النباتي (NDVI).

وقد توصلت الدراسة إلى أنَّ هناك تغير في كميات الأمطار في وادي حضرموت خلال المدة 1983 – 2022م، والذي أثر في تزحزح النطاقات المطرية عن مواقعها وتغير مساحتها، إذ أظهرت الدراسة أنَّ النطاقين الأكثر مطرًا الثالث (60 –90 ملم) والرابع (أكثر من 90 ملم) تناقصت مساحتهما خلال مُدتي الدراسة الثانية والثالثة بعدما كانت مرتفعة في المدة الأولى؛ مما يدل على اتجاه الأمطار نحو الانخفاض، بينما ارتفعت مساحتهما في المدة الرابعة، إلّا أنها أقل مساحةً مقارنةً بالمدة الأولى التي كانت أكثر مطرًا. وقد أثر هذا التناقص في تغيُّر مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت، إذ أُثبت من خلال تطبيق مؤشر (NDVI) أنَّ الغطاء النباتي في وادي حضرموت قليل جدًا يشغل مساحة لا تزيد عن 0.5% من إجمالي مساحة الوادي، وأن مساحة الغطاء النباتي الكثيف والمتوسط كانت مرتفعة في سنة (1990م)، ثم انخفضت في سنتي الدراسة الثانية والثالثة (2000م و2011م)؛ نتيجة لقلة الأمطار، بينما ارتفعت مساحته في سنة (2022م)، إلّا أنَّ هذه الزيادة تعد قليلة مقارنة بسنة الدراسة الأولى (1990م).

الكلمات المفتاحية: النطاقات المطرية، مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، وادي حضرموت.

Vol. 5, Issue.1, January 2025
ISSN 2789 - 4843
Journal of Libya for Geographical Studies
المجلد 5 العدد 1 ، يناير 2025م
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

Analysis of the Impact of Changing Rainfall Zones on Vegetation Cover Variation in Hadhramout Valley, Yemen, Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS)

Salem Obaid Ahmed Banawas
Lecturer at Department of Geography & Geographic Information Systems - Faculty of Arts and Humanities - Hadhramout University/ Yemen
s.banwas@hu.edu.ye

Abstract:

Rainfall is a major climatic element that varies over time and space, influencing the vegetation environment. This study aimed to analyse the effect of shifting rainfall zones on the variation in vegetation cover area in Hadhramout Valley. To highlight this impact, the study utilised Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) technologies by applying the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

The study identified a change in rainfall amounts in Hadhramout Valley from 1983 to 2022, which influenced shifts and changes in the size of rainfall zones. Specifically, the third (60 – 90 mm) and fourth zones (over 90 mm), which received the highest rainfall, experienced a reduction in area during the second and third study periods, following a high coverage in the first period, indicating a trend toward decreasing rainfall. In the fourth period, the area of these zones increased, although they were still smaller compared to the first, rainier period. This decrease affected the vegetation cover area in Hadhramout Valley. The NDVI indicated that dense and moderate vegetation cover occupied no more than 0.5% of the total valley area. Vegetation cover was highest in 1990 but decreased in the second and third study years (2000 and 2011) due to reduced rainfall, before increasing again in 2022, though still less than in 1990.

***Keywords*:** Rainfall Zones, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Hadhramout Valley**.**

مقدمة:

تعاني العديد من دول العالم من تبعات التغيرات المناخية، وتُعَدُّ الأمطار أحد العناصر المناخية التي يؤدي تذبذبها عن معدلاتها الطبيعية وتغير أنماطها إلى حدوث تأثيرات واضحة في النظم البيئية، بما في ذلك الغطاء النباتي والنشاط الزراعي.

وتُعَدُّ الأقاليم الجافة وشبه الجافة أكثر الأقاليم التي تتأثر بتغير معدلات الهطول المطري، خاصة عند انخفاضها عن معدلاتها العامة، مما يؤدي ذلك إلى بروز ظاهرة الجفاف وتفاقمها، هذا الجفاف يؤثر سلبًا على الغطاء النباتي الطبيعي والزراعي، بحيث يقلل من مساحة الغطاء النباتي وإنتاجية المحاصيل الزراعية، كما يؤدي إلى تدهور الأراضي الزراعية، وقد تصل إلى التصحر خاصة إذا استمر الجفاف لسنوات طويلة.

يقع وادي حضرموت ضمن المنطقة المدارية، ويمتاز بارتفاع درجات الحرارة، وزيادة معدلات التبخر، فضلًا عن قلة سقوط الأمطار على سطحه، وهذه العوامل تؤدي إلى تفاوت كثافة الغطاء النباتي، لذلك فإن هذا البحث خُصص لدراسة النطاقات المطرية في وادي حضرموت، ودراسة تغيراتها وزحزحتها عن مواقعها شمالًا وجنوبًا، ثم دراسة وحساب التغير الحاصل في مساحتها من خلال تقسيم مدة الدراسة (1983 –2022م) إلى أربع مُدد زمنية طول كل مدة (10 سنوات)؛ بهدف معرفة التغيرات الحاصلة في كل مدة زمنية، وتحديد أكثر المدد الزمنية تغيرًا عن غيرها، كما اختار الباحث سنة واحدة من كل مدةٍ زمنيةٍ لحساب التغير في مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت. وقد استخدم الباحث تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ممثلةً ببرنامج (ArcGIS Pro 3.0.2) وتطبيقات الاستشعار عن بعد ممثلةً ببرنامج (ENVI 5.3) في معالجة المرئيات الفضائية، وفي حساب مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)؛ نظرًا لما توفره هذه التقنيات الحديثة من أدوات تحليلية تسهّل على الباحثين القيام بالعديد من العمليات المعقدة في أقل وقتٍ ممكن وبأقل كلفٍ مالية، وقد قُسِّمت قيم هذا المؤشر إلى أربع فئات حسب درجة الإخضرار، هي: (الغطاء النباتي الخفيف، الغطاء النباتي المتوسط، الغطاء النباتي الكثيف، الأراضي الجرداء الخالية من الغطاء النباتي)، ثم حساب مساحة كل فئة من فئاته وتحليلها؛ بهدف معرفة أثر تغير وتزحزح النطاقات المطرية في تباين مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية الدراسة في تقديم دراسة علمية حديثة لصناع القرار مستخدمة تحليلات تقنية حديثة بواسطة برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) ذات الدقة العالية؛ لمعرفة الدور الذي لعبه تغير الأمطار في تغير الغطاء النباتي في وادي حضرموت، معتمدة على مؤشر (NDVI) الذي يعد أكثر المؤشرات الطيفية استخدامًا في الكثير من الدراسات البحثية لرصد الغطاء النباتي وحساب مساحته وتغيرها في أي منطقة في العالم.

مشكلة الدراسة:

تؤثر التغيرات التي تطرأ على كمية الأمطار في تباين مساحات الغطاء النباتي بين سنة وأخرى، فارتفاعها عن معدلها العام تؤدي إلى زيادة مساحة الغطاء النباتي، بينما يؤدي انخفاضها عن معدلها العام إلى انخفاض مساحة الغطاء النباتي، ويظهر التأثير أكثر وضوحًا في تباين مساحة الغطاء النباتي إذا كانت منطقة الدراسة تقع ضمن الأقاليم الجافة ذات المعدلات المطرية القليلة جدًا، كما هو الحال في وادي حضرموت، وبناء على ما سبق يمكن صياغة مشكلة الدراسة في الأسئلة الآتية:

1- هل هناك تغيرات في كمية الأمطار في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع؟
2- ما أثر تغيرات كمية الأمطار في وادي حضرموت في تغير مساحة النطاقات المطرية خلال مُدد الدراسة الأربع؟
3- ما أثر تغير مساحة النطاقات المطرية في تباين مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت خلال السنوات (1990 -2000 -2011 -2022)؟

فرضيات الدراسة:

للإجابة عن أسئلة الدراسة يمكن صياغة الفرضيات الآتية:

1- هناك تغيرات واضحة في كمية الأمطار في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع.
2- تؤثر التغيرات في كمية الأمطار في تغير مساحة النطاقات المطرية في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع.
3- يؤثر تغير مساحة النطاقات المطرية في تباين مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت خلال السنوات (1990 -2000 -2011 -2022)؟

أهداف الدراسة:

تسعى الدراسة لتحقيق الأهداف الآتية:

1- التحقق من أنماط تغيرات الأمطار في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع.

2- تحليل أثر تغيرات الأمطار في تغير مساحة النطاقات المطرية في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع.

3- معرفة أثر تغير مساحة النطاقات المطرية في تغير مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت خلال السنوات (1990 -2000 -2011 -2022).

منهجية الدراسة:

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي لتحليل معدلات المجاميع السنوية للأمطار في وادي حضرموت، ودراسة تباينها خلال مُدد الدراسة الأربع، وبما أنَّ الدراسة استخدمت عدد من المرئيات الفضائية، ثم حُللت هذه المرئيات باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) فقد اعتمد الباحث على المنهج التقني لحساب مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، كما استخدمت الدراسة المنهج التاريخي؛ بهدف دراسة التغيرات في مساحة النطاقات المطرية، والتغيرات في مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت خلال السنوات المختارة (1990 -2000 -2011 - 2022)، ومن خلال ما تقدم يمكننا توضيح الخطوات المستخدمة في جمع بيانات الدراسة وطرق حساب المعادلات الاحصائية لتحقيق أهداف الدراسة على النحو الآتي:

1- بيانات الدراسة:

اعتمدت الدراسة على مجموعة من البيانات المشتقة من مصادر مختلفة يمكن توضيحها في الآتي:

أ- البيانات المُناخية:

استندت الدراسة على بيانات تسع محطات رصدية؛ لتحليل البيانات المناخية للمدة الزمنية 1983 -2022م بحيث تتوزع هذه المحطات مغطية حدود منطقة الدراسة، ويمكن توضيح بيانات هذه المحطات حسب الجدول الآتي:

الجدول (1): المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة.

اسم المحطة	دائرة العرض (شمالًا)	خط الطول (شرقًا)	الارتفاع (متر)
جنوب السوم (*)	15.515	49.812	798
عدم (*)	15.297	48.861	951
دوعن (*)	15.165	48.420	1023
رخية (*)	15.406	47.759	894
العبر (*)	15.803	47.626	718
القطن (*)	15.770	48.342	709
مطار سيئون (**)	15.933	48.933	701
شمال السوم (*)	16.298	50.085	747
سر (*)	16.119	48.201	838

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على:

(*) موقع (Terra Climate) الممول من قِبَل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) من خلال الرابط: http://www.climatologylab.org/terraclimate.html.

(**) الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد، حركة الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطرية غير منشورة، 1983-2022م.

ب- المرئيات الفضائية:

الجدول (2): بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة.

السنوات	المُدة الزمنية	القمر الصناعي	نوع المستشعر	الأشهر
1990	الأولى	Landsat 5	TM	مارس وأبريل
2000	الثانية	Landsat 5	TM	مارس وأبريل
2011	الثالثة	Landsat 7	ETM+	أبريل
2022	الرابعة	Landsat 9	OLI/TIRS	أبريل

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: الهيئة العامة للمسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) عبر الموقع الالكتروني: https://earthexplorer.usgs.gov/

تم تحميل مجموعة من المرئيات الفضائية من موقع الهيئة العامة للمسح الجيولوجي الامريكية (USGS)، وتم اختيار أربع سنوات هي: (1990 -2000- 2011 - 2022)؛ بناءً على توفر جميع المرئيات التي تغطي وادي حضرموت، كما اختير شهري مارس وأبريل كونهما من أكثر شهور السنة مطرًا في وادي حضرموت، جدول (2).

2- البرامج المستخدمة في الدراسة:

اعتمد الباحث في هذه الدراسة على مجموعة من التقنيات البرمجية الحديثة تمثلت في الآتي:

أ- برامج ArcGIS Pro 3.0.2:

استخدم الباحث برنامج (ArcGIS Pro 3.0.2) في تصميم الخرائط الخاصة بموقع وادي حضرموت، وفي ورسم الخرائط الخاصة بالنطاقات المطرية عن طريق أداة الاستيفاء الموزون بالمسافة المعكوسة (IDW)، كما استخدم هذا البرنامج كذلك تصميم الخرائط الخاصة بمؤشر (NDVI)، وفي حساب مساحة النطاقات المطرية وفئات الغطاء النباتي.

ب- برنامج ENVI 5.3:

كون الدراسة تحتاج إلى استخدام عدد من المرئيات الفضائية، فقد استخدم الباحث برنامج (ENVI 5.3) في اجراء مجموعة من العلميات التحليلية على المرئيات الفضائية بعد تحميلها من موقع الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية الامريكية (USGS) تمثلت في: المعالجة الأولية للمرئيات الأولية من التصحيح الإشعاعي للمرئيات الفضائية (Radiometric Calibration)، وتصحيح تأثيرات الغلاف الجوي (Atmospheric Correction)، ومعالجة خطوط المسح التالفة في مرئيات القمر الصناعي (Landsat 7 ETM+)، وكذلك عمليات الدمج والاقتطاع للمرئيات الفضائية بحيث تغطي مساحة وادي حضرموت، فضلًا عن حساب مؤشر الغطاء النباتي Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

3- المعادلات الإحصائية:

المعادلة الإحصائية المستخدمة في هذه الدراسة هي معادلة مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) والذي يمكن قياسه من خلال قسمة الفرق بين الانعكاسات الطيفية للطول الموجي للأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والطول الموجي للأشعة الحمراء(R) على مجموعهما، وهذان النطاقان يتفاعلان مع مادة الكلوروفيل في سطح الأوراق بامتصاصهما وانعكاسهما، فالنبات يتميز عن غيره بعكس كمية قليلة من الأشعة الحمراء(R)، وعكس كمية كبيرة من الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR)، لذلك فإنه يمكن الربط بين الكتلة الحيـــوية للغطاء النباتي وقيم هذا المؤشـــر النباتي (الضبيحي، 2023، ص195). والصيغة

الرياضية لهذا المؤشر هي (Khalaf, 2024, p. 59):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

إذ أنَّ:

$NDVI$ = مؤشر الغطاء النباتي.

NIR = نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة ويمثلها (Band 4) في (Landsat 5 & 7) ، بينما يمثلها (Band 5) في (Landsat 9).

RED = نطاق الأشعة الحمراء ويمثلها (Band 3) في (Landsat 5 & 7) ، بينما يمثلها (Band 4) في (Landsat 9).

وتتراوح قيم هذا المؤشر بين $^{-}1$ إلى $^{+}1$، إذ تشير القيم بين $^{-}1$ إلى 0 إلى عدم وجود غطاء نباتي والذي قد يكون غطاء مائي، أو أراضي جرداء، أو مباني سكنية، أو جليد، أو سحب... وغيرها، بينما تشير القيم من 0 إلى $^{+}1$ إلى وجود غطاء نباتي (CEREDA JUNIOR, 2020, p. 6)، وكلما اقتربنا من $^{+}1$ دل ذلك على أن الغطاء النباتي أكثر صحة وكثافة، بينما تدل القيم القريبة من الصفر على قلة كثافة الغطاء النباتي وذبوله.

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات التي تتشابه في جزئية من جزئيات هذه الدراسة على المستوى المحلي والإقليمي، يمكن عرض بعض النماذج منها على النحو الآتي:

– دراسة (Alwesabi 2012):تطرقت هذه الدراسة إلى استخدام بيانات تم جمعها من القمر الصناعي (MODIS) لتقييم الجفاف في الصومال خلال المدة 2000 – 2011م، معتمدةً على مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، وقد توصلت نتائج الدراسة أن الجفاف في 2010– 2011 كان الأكثر تأثيرًا بين جميع سنوات الدراسة، وقد شمل معظم أنحاء جنوب الصومال.

– دراسة (Lkhagvadorj Nanzad, el al, 2019): هدفت هذه الدراسة إلى تحليل مؤشر (NDVI) لرصد الجفاف وارتباطه بعناصر المناخ في منغوليا للمدة 2000 – 2016م، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة من خلال تحليل نتائج مؤشر (NDVI) أنَّ

منغوليا تواجه جفافًا بين الخفيف والشديد، وكانت السنوات الأكثر تضررًا هي: 2001، 2002، 2004، 2005، 2006، 2007، 2009.

– **دراسة (درويش 2022)**: هدفت الدراسة إلى مراقبة الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى في اليمن، معتمدة على مجموعة من مؤشرات الجفاف الطفيفة منها: مؤشر (NDVI)، ومؤشر الحالة النباتية (VCI)، ومؤشر الحالة الحرارية (TCI)، ومؤشر تزويد النبات بالماء (WSVI)، ومؤشر الحالة الصحية للنبات (VHI)، وقد توصلت الدراسة إلى أنَّ عام 2019م كان أقل جفافًا، إذ بلغت نسبة مساحة الغطاء النباتي الفقير والفقير جدًا في منطقة الدراسة خلال هذا العام 31%، وعام 2000م كان أكثر جفافًا، إذ ارتفعت نسبة مساحة الغطاء النباتي الفقير والفقير جدًا في منطقة الدراسة إلى 50%.

– **دراسة (عباس 2023)**: تطرقت إلى دراسة استعمال الاستكمال المكاني للكشف عن تغير النطاقات الحرارية والمطرية لإقليم الجزيرة في العراق، وقد هدفت الدراسة إلى تحديد النطاقات الحرارية والمطرية في إقليم الجزيرة لعدد من المحطات الرصدية، ودراسة التغير المساحي الحاصل فيها وتباينها المكاني والزماني، وتوصلت الدراسة إلى أن هناك تباين مكاني وزماني في مساحة النطاقات الحرارية والمطرية خلال مُدد الدراسة الأربع (1980–1989)، (1990–1999)، (2000–2009)، (2010–2017).

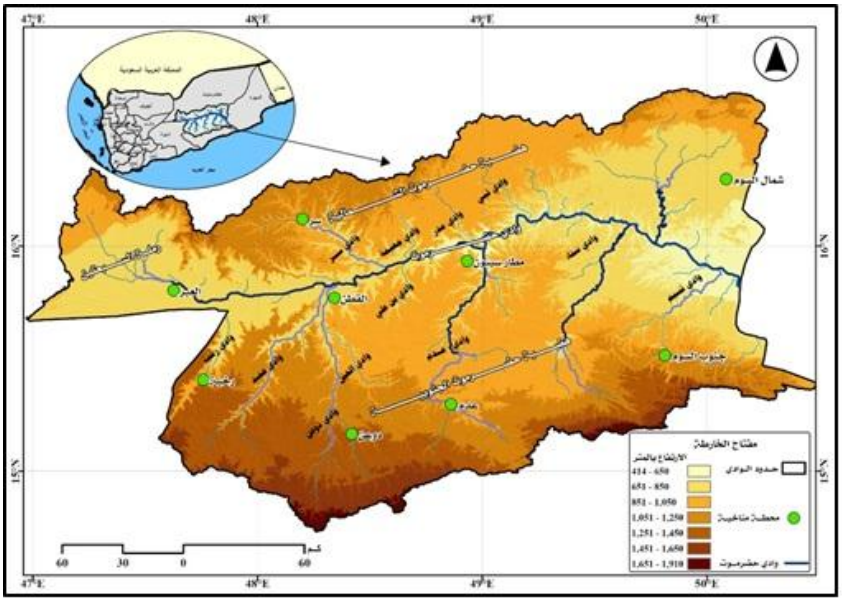
– **دراسة (حمادي، والعزاوي 2023)**: هدفت الدراسة إلى تحليل الاتجاه والتغير في كمية الأمطار وأثره على تزحزح النطاقات المطرية في العراق، مركزةً على النطاقات المطرية مضمونة الأمطار 300 ملم وأكثر، وتوصلت الدراسة إلى اتجاه الأمطار نحو التناقص في كمياتها في جميع المحطات المناخية، كما توصلت أيضًا أنَّ السنوات الرطبة يتركز أعلى تكرار لها في النصف الأول من مدة الدراسة (1980–2017م)، بينما السنوات الجافة تركز تكرارها في نهاية مدة الدراسة؛ مما أدى إلى تزحزح النطاقات المطرية جنوبًا في السنوات الرطبة، وتزحزح النطاقات المطرية شمالًا في السنوات الجافة.

حدود الدراسة:

1– الحدود المكانية: ينحصر وادي حضرموت إحداثيًا بين دائرتي عرض ("49 '43 14° – "55 '41 16°) شمال خط الاستواء، وخطي طول ("12 '58 46° – "9 '30 50°) شرق خط جرينتش – الخارطة (1)–، أما مكانيًا فيقع في قلب محافظة

حضرموت الواقعة في الجزء الشرقي من الجمهورية اليمنية، ويمتد من الغرب إلى الشرق شاغلًا الثنية المقعرة بين الثنيتين المحدبتين (هضبتي حضرموت الشمالية والجنوبية)، وتنحصر حدوده بين رملة السبعتين غرباً ووادي المسيلة شرقاً عند منطقة (قَسَمْ) التي تفصلهما إلى واديين وادي حضرموت في الغرب ووادي المسيلة المتجه نحو الجنوب الشرقي ويصب في البحر العربي، أما من الشمال فتحده هضبة حضرموت الشمالية، وتحديدًا خط تقسيم المياه الفاصل بين الأودية التي تصب في صحراء الربع الخالي شمالاً، والأودية التي تصب في وادي حضرموت جنوباً، بينما من الجنوب فتحده هضبة حضرموت الجنوبية وتحديدًا السلسلة الجبلية الساحلية التي تمثل خط تقسيم المياه بين الأودية المتجهة نحو وادي حضرموت شمالاً، وبين الأدوية المتجهة نحو البحر العربي جنوباً.

الخارطة (1): الموقع الفلكي والجغرافي لوادي حضرموت.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) عبر الموقع الالكتروني: https://earthexplorer.usgs.gov/

2- الحدود الزمانية: تتمثل الحدود الزمانية في المدة من عام 1983 – 2022م، وقد قمست هذه الحدود إلى أربعة مُدد زمنية، طول كل مدة زمنية (10 سنوات)؛ بهدف تحليل وحساب التغير في مساحة النطاقات المطرية في وادي حضرموت والتي قُسمت إلى أربعة

نطاقات مطرية، وقد اختيرت سنة واحدة من كل مدة زمنية واحدة، والسنوات المختارة: (1990 - 2000 - 2011 - 2022)؛ بهدف حساب مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت حسب مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، وبيان مساحة كل فئة من فئات هذا المؤشر التي قسمت إلى أربعة فئات هي: (الغطاء النباتي الخفيف، الغطاء النباتي المتوسط، الغطاء النباتي الكثيف، الأراضي الجرداء الخالية من الغطاء النباتي).

أولًا: النطاقات المطرية:

تشير العديد من الدراسات المناخية إلى أن عناصر المناخ بدأت تعطي مؤشرات إحصائية إلى تغيرها مع مرور الزمن (حمادي، والعزاوي، 2023، ص 1265). وتُعَدُّ الأمطار أحد العناصر المناخية التي تغير اتجاهها من سنة لأخرى في وادي حضرموت، ولتوضيح النطاقات المطرية في وادي حضرموت تم استخراج معدلات المجاميع السنوية لكمية الأمطار في محطات وادي حضرموت، ثم تقسيمها إلى أربع مُدد زمنية، وتقسيم هذه المدد إلى أربعة نطاقات مطرية؛ بهدف معرفة تزحزح هذه النطاقات شمالًا أو جنوبًا؛ كون خطوط المطر المتساوي (النطاقات المطرية) وتغيرها يعد من المؤشرات الواضحة على تعاقب السنوات الرطبة والجافة (الجبوري، والهذال، 2020، ص 337). فبعض السنوات يتسع نطاق هذه الخطوط وفي سنوات أخرى يقل أو قد يختفي نطاقها، وهذا يؤثر في كثافة الغطاء النباتي خاصة الزراعي في وادي حضرموت، وبالذات المناطق التي تعتمد في زراعتها على مياه الأمطار والسيول.

الجدول (2): معدلات المجاميع السنوية لكمية الأمطار (ملم) في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع.

المحطة / المدة الزمنية	جنوب السوم	عدم	دوعن	رخية	العبر	القطن	مطار سيئون	شمال السوم	سر
المدة الأولى 1983–1992	85.8	89.8	106.6	93.4	68.7	80.1	68.5	82.3	87.3
المدة الثانية 1993–2002	97.2	55.8	69.6	60.5	44.2	48.5	75.4	67.0	52.2
المدة الثالثة 2003–2012	91.5	50.4	58.7	43.9	29.2	39.3	47.2	76.1	39.4
المدة الرابعة 2013–2022	112.1	72.2	83.5	73.7	56.9	66.1	51.6	83.3	70.0
مدة الدراسة 1983–2022	**96.7**	**67.1**	**79.6**	**67.9**	**49.8**	**58.5**	**60.7**	**77.2**	**62.2**

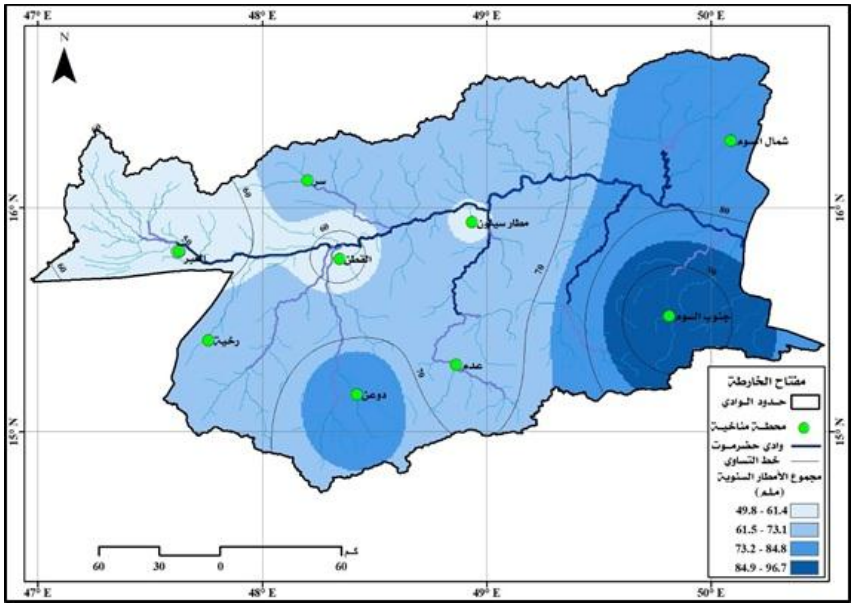
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على

(1) الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد، حركة الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطرية غير منشورة، 1983-2022م.

(2) موقع (Terra Climate) الممول من قِبَل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) من خلال الرابط:
.http://www.climatologylab.org/terraclimate.html

يتضح من الجدول (2) والخارطة (2) أنَّ هناك تباين في معدلات المجاميع السنوية لكمية الأمطار الساقطة على محطات وادي حضرموت، إذ سقطت أعلى كمية مطرية خلال مدة الدراسة (1983 – 2022م) على محطة جنوب السوم بلغت (96.7 ملم)، بينما سقطت أقل كمية مطرية على محطات العبر، والقطن، ومطار سيئون بلغت (49.8 ملم، 58.5 ملم، 60.7 ملم) لكل منها على الترتيب؛ ويعزى هذا التباين المكاني إلى مواجهة محطة جنوب السوم للرياح الرطبة المحملة ببخار الماء الآتية من المحيط الهندي وبحر العرب لوقوعها ضمن هضبة حضرموت الجنوبية العالية الارتفاع، بينما تقع محطات العبر، والقطن، ومطار سيئون في الجهة الشمالية بالقرب من رملة السبعتين، وبعيدة عن مصادر الرطوبة، فضلًا عن قلة ارتفاعها مما يجعلها تقع في منطقة ظل المطر وهذا يؤدي إلى قلة الأمطار الساقطة عليها.

الخارطة (2): المعدل السنوي لكمية الأمطار (ملم) في وادي حضرموت خلال المدة 1983 – 2022م.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (2) باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الجدول (3): مساحة النطاقات المطرية في وادي حضرموت خلال مُدد الدراسة الأربع

النطاق المطري (ملم)	المدة الأولى 1992 – 1983		المدة الثانية 2002 – 1993		المدة الثالثة 2012 – 2003		المدة الرابعة 2022 – 2013	
	مساحة النطاق كم^2	النسبة %	مساحة النطاق كم^2	النسبة %	مساحة النطاق كم^2	النسبة %	مساحة النطاق كم^2	النسبة %
أقل من 30	–	–	–	–	164.3	0.4	–	–
60 – 30	–	–	15304.8	33.5	31753.5	69.6	2565.8	5.6
90 – 60.1	37849.3	82.9	28507.5	62.5	13407.5	29.3	37698.9	82.6
أكثر من 90	7780.1	17.1	1817.1	4	304.1	0.7	5364.7	11.8
المجموع	**45629.4**	**100**	**45629.4**	**100**	**45629.4**	**100**	**45629.4**	**100**

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (2) باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

يتبيّن من الجدول (3) والخرائط (3، 4، 5، 6) أنَّ النطاقات المطرية تتباين في مساحتها زمانيًّا ومكانيًّا خلال مُدد الدراسة الأربع في وادي حضرموت على النحو الآتي:

1– النطاق المطري الأول (أقل من 30 ملم):

يتميز هذا النطاق بقلة أمطاره فهي تقل عن 30 ملم خلال مُدد الدراسة الأربع، وهو يعد من أقل النطاقات المطرية مساحة، إذ يختفي هذا النطاق من مُدد الدراسة الأولى (1983 - 1992)، والثانية (1993 – 2002)، والرابعة (2013 – 2022)، بينما ظهر في المدة الثالثة (2003 – 2012) بمساحة بلغت (164.3 كم^2) وهو ما يعادل 0.4% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، شاغلًا بذلك محطة العبر التي تعد من أقل محطات وادي حضرموت مطرًا.

2– النطاق المطري الثاني (30 – 60 ملم):

ظهر هذا النطاق المطري في المدد الزمنية الثانية والثالثة والرابعة بمساحاتٍ متباينة، بينما اختفى من المدة الأولى (1983 – 1992)، وقد سجل هذا النطاق خلال المدة الثانية (1993 – 2002) مساحة قدرها (15304.8 كم^2)، وهو ما يعادل ثلث مساحة وادي حضرموت 33.5%، شاغلًا بهذه المساحة محطات (العبر، والقطن، وسر)، في حين ارتفعت مساحة هذا النطاق خلال المدة الثالثة (2003 – 2012)، إذ بلغت (31753.5 كم^2) وهو ما يمثل أكثر من ثلثي مساحة وادي حضرموت 69.6%، ويشمل محطات (عدم، ودوعن، ورخية، والعبر، والقطن، ومطار سيئون، وسر)؛ ويرجع هذا الارتفاع في مساحة هذا النطاق إلى قلة الأمطار الساقطة خلال المدة الثالثة، أي أنها تتجه

نحو الانخفاض، مما يؤدي إلى زيادة الجفاف في وادي حضرموت، أما خلال المدة الرابعة (2013- 2022م) فقد انخفضت مساحة هذا النطاق فيها إلى (2565.8 كم^2)، وهو ما نسبته 5.6% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشمل محطتا (مطار سيئون، والعبر)؛ وهذا يعني زيادة كمية الأمطار في النطاق المطري الذي يليه.

3- النطاق المطري الثالث (60.1 – 90 ملم):

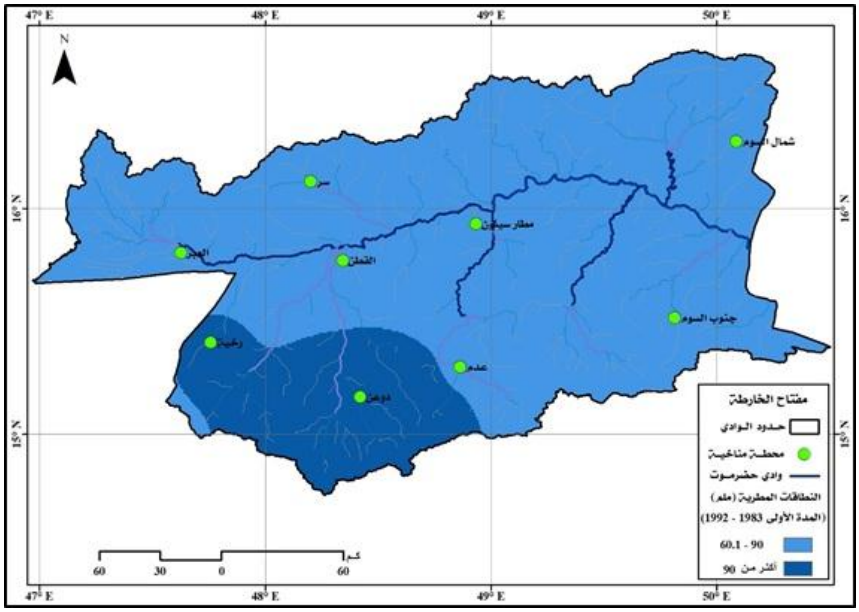
يُعَدُّ هذا النطاق المطري من أكثر النطاقات مساحة، إذ تكرر في جميع الممدد الزمنية الأربع، وقد سجل هذا النطاق خلال المدة الأولى (1983 – 1992م) مساحة قدرها (37849.3 كم^2)، بنسبة قدرها 82.9% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشمل محطات (شمال السوم، ومطار سيئون، والقطن، والعبر، وعدم، وسر، وجنوب السوم)، في حين انخفضت مساحة هذا النطاق إلى (28507.5 كم^2) خلال المدة الثانية (1993 – 2002م)، وهو ما يعادل 62.5% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشمل محطات (شمال السوم، ومطار سيئون، ودوعن)، وقد استمرت مساحة هذا النطاق بالانخفاض خلال المدة الثالثة (2003 – 2012م) لتصل إلى (13407.5 كم^2)، بوزن نسبي قدره 29.3% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشغل بهذه المساحة محطة (شمال السوم) فقط؛ ويعود هذا الانخفاض في مساحة هذا النطاق خلال المدتين الثانية والثالثة إلى اتجاه الأمطار نحو الانخفاض، أما في المدة الرابعة (2013 – 2022م) فقد ارتفعت مساحة هذا النطاق المطري لتقترب من مساحته في المدة الأولى، إذ بلغت (37698.9 كم^2)، وهو ما يعادل 82.6% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشمل محطات (عدم، ودوعن، ورخية، والعبر، والقطن، ومطار سيئون، وشمال السوم، وسر)، مما يعني زيادة كمية الأمطار الساقطة خلال هذه المدة الرابعة.

4- النطاق المطري الرابع (أكثر من 90 ملم):

شهد هذا النطاق المطري تناقص كبير في مساحته خاصة في مدتي الدراسة الثانية، والثالثة، وهو يعد من النطاقات التي شغلت مساحة صغيرة، فهو يأتي في المرتبة الثانية بعد النطاق المطري الأول من حيث المساحة، وقد سجل هذا النطاق خلال المدة الأولى (1983 – 1992م) مساحة بلغت (7780.1 كم^2)، وهو ما يعادل 17.1% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشمل محطتا (دوعن، ورخية)، في حين انخفضت

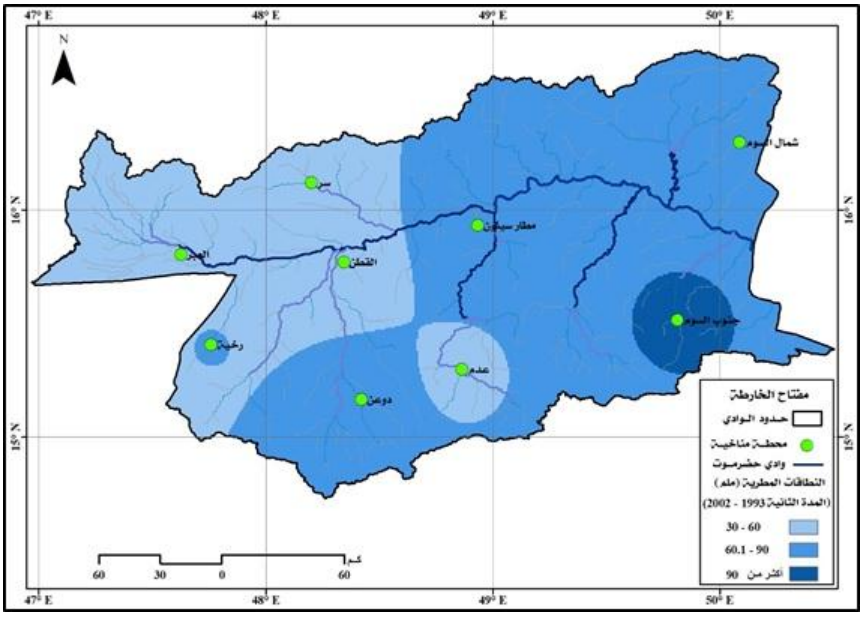
مساحته خلال المدة الثانية (1993 – 2002م) إذ بلغت (1817.1 كم^2) وهو ما نسبته 4% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، ويشمل محطة (جنوب السوم)، كذلك الحال بالنسبة للمدة الثالثة (2003 – 2012م) التي انخفضت فيها مساحة هذا النطاق إلى (304.1 كم^2)، بوزن نسبي قليل جدًا بلغ 0.7% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، أما المدة الرابعة فقد ارتفعت مساحة هذا النطاق إلى (5364.7 كم^2) وهو ما يعادل 11.8% من إجمالي مساحة وادي حضرموت، وشمل كذلك محطة (جنوب السوم)، وعلى الرغم من ارتفاع مساحة هذا النطاق خلال المدة الرابعة (2013 – 2022م)، إلّا أنه يعد أقل مساحة مقارنة بالمدة الأولى التي كانت أكثر مطرًا، والملفت للنظر أن هذا النطاق بدأ يتراجع خلال مدد الدراسة الثانية والثالثة والرابعة، وبذلك قل نطاق تأثيره، وهو يعد أحد أسباب تغير المناخ ولا سيما قلة كمية الأمطار وارتفاع درجات الحرارة.

الخارطة (3): نطاقات توزيع الأمطار في وادي حضرموت خلال المدة الأولى 1983 – 1992م.



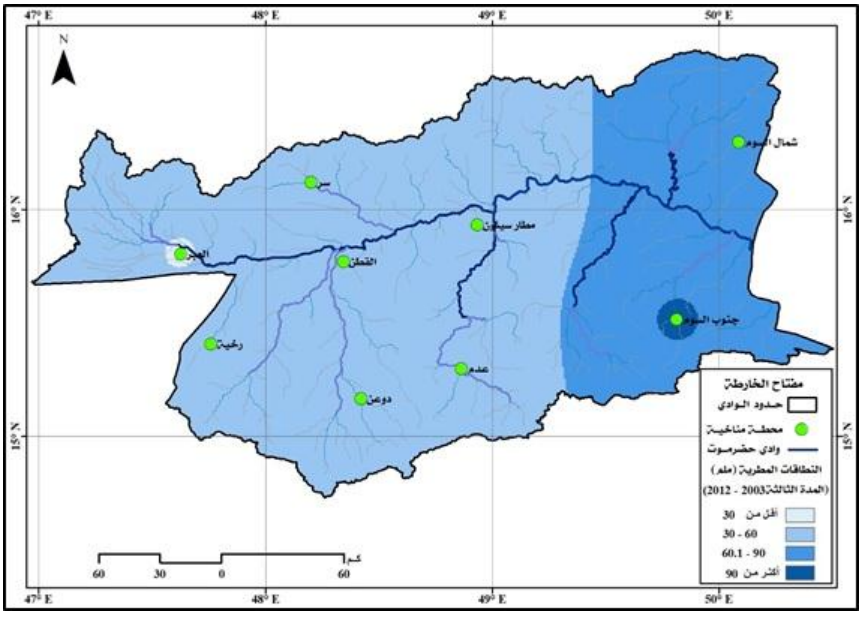
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (3) باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (4): نطاقات توزيع الأمطار في وادي حضرموت خلال المدة الثانية 1993 – 2002م.



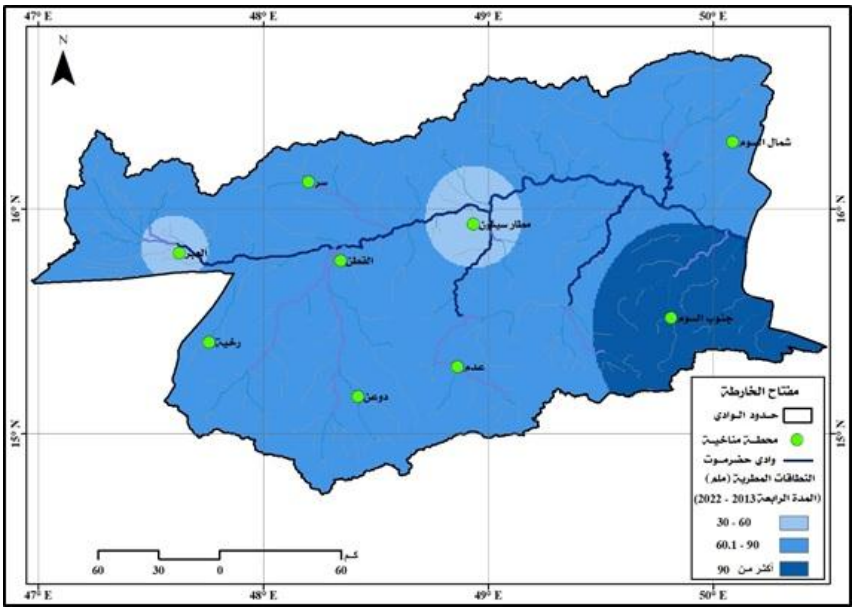
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (3) باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (5): نطاقات توزيع الأمطار في وادي حضرموت خلال المدة الثالثة 2003 – 2012م.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (3) باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

الخارطة (6): نطاقات توزيع الأمطار في وادي حضرموت خلال المدة الرابعة 2013 – 2022م.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول (3) باستخدام برنامج ArcGIS Pro 3.0.2.

ثانيًا: مؤشر الغطاء النباتي (NDVI):

يُعَدُّ هذا المؤشر من أكثر المؤشرات شيوعًا واستخدامًا من قِبل الباحثين لدراسة الغطاء النباتي ودرجة كثافته؛ لمراقبة تطور أو تدهور الغطاء النباتي في أي منطقة في العالم (الحميداوي، والجصاني، 2020، ص40). كما أنه يعد وسيلة لدراسة الجفاف الزراعي، إذ أن الانخفاض المستمر للغطاء النباتي وقلة إنتاجية الكتلة الحيوية النباتية دليل واضح على قلة كمية الأمطار وتعرض المنطقة للجفاف والتي تمثل نتائج نهائية للتصحر (جاسم، والحصاني، 2021، ص 417). بينما تدل ارتفاع مساحة الغطاء النباتي وزيادة إنتاجية الكتلة الحيوية النباتية على زيادة كمية الأمطار الساقطة، لذلك فإن زيادة قيم هذه المؤشر وقلتها دليل على زيادة وانخفاض كمية الأمطار. وبعد حساب هذا المؤشر قُسِمت قيمه إلى أربع فئات ثم حُسِبت مساحة كل فئة وفق الجدول الآتي:

الجدول (4): مساحة فئات مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) في وادي حضرموت.

السنوات / نوع الغطاء	1990م		2000م		2011م		2022م	
	المساحة (كم^2)	النسبة %	المساحة (كم^2)	النسبة %	المساحة (كم^2)	النسبة %	المساحة (كم^2)	النسبة %
لا يوجد غطاء نباتي (0.7 – 0.19-)	45406.1	99.50	45463.7	99.63	45461.7	99.62	45418.1	99.53
غطاء نباتي خفيف (0.2 – 0.3)	176	0.39	153.1	0.34	148.5	0.33	181.3	0.40
غطاء نباتي متوسط (0.31 – 0.50)	22	0.05	9	0.02	13	0.03	20.8	0.05
غطاء نباتي كثيف (0.51 – 0.8)	25.3	0.06	3.6	0.01	6.2	0.02	9.2	0.02
الإجمالي	**45629.4**	**100**	**45629.4**	**100**	**45629.4**	**100**	**45629.4**	**100**

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: بيانات المرئيات الفضائية (Landsat 5 & 7 & 9) وبرنامجي (ENVI 5.3) و (ArcGIS Pro 3.0.2).

يتضح من الجدول (4) والخرائط (7، 8، 9، 10) أن هناك تباين في كثافة ومساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت، وقد صُنِّف الغطاء النباتي حسب قيم مؤشر (NDVI) إلى أربع فئات هي: (الغطاء النباتي الخفيف، والغطاء النباتي المتوسط، والغطاء النباتي الكثيف، فضلًا عن الأراضي الجرداء الخالية من الغطاء النباتي)، وتتباين مساحة كل صنف من هذه الأصناف وفق سنوات الدراسة الأربع (1990م –2000م –2011م – 2022م) على النحو الآتي:

1- تشغل الأراضي الجرداء الخالية من الغطاء النباتي معظم مساحة وادي حضرموت، وهي تتباين في مساحتها بين سنوات الدراسة الأربع (1990م –2000م – 2011م – 2022م)، إذ بلغت مساحته (45406.1 كم^2– 45463.7 كم^2 – 45461.7 كم^2 – 45418.1 كم^2)، وهو ما يعادل (99.5% – 99.63% – 99.62 % – 99.53%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت لكل سنة على الترتيب.

2- سجل الغطاء النباتي الخفيف مساحةً قدرها (176 كم^2) عام (1990م) وهو ما يعادل (0.39%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، وقد انخفضت مساحة هذا الصنف في العام (2000م) إلى (153.1 كم^2)، وهو ما نسبته (0.34%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، كذلك الحال في العام (2011م) انخفضت مساحة

هذا الصنف إلى (148.5 كم^2) وهو ما يمثل (0.33%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، أما في العام (2022م) فقد ارتفعت مساحة الغطاء النباتي الخفيف لتصل إلى (181.3 كم^2) بنسبة بلغت (0.40%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت.

3- أما الغطاء النباتي المتوسط فتتباين مساحته إذ سجل مساحة قدرها (22 كم^2) عام (1990م)، وهو ما نسبته (0.05%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، وقد انخفضت مساحته قليلًا في العام (2000م) لتصل (9 كم^2) بوزن نسبي قدره (0.02%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، بينما ارتفعت المساحة إلى (13 كم^2) في العام (2011م)، وهو ما يعادل (0.03%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، واستمرت مساحة هذا الصنف في الارتفاع لتسجل (20.8 كم^2) في العام (2022م) وهو ما يعادل (0.05%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت.

4- يمثل الغطاء النباتي الكثيف أقل الأصناف مساحةً في وادي حضرموت خلال سنوات الدراسة الأربع، فقد سجل مساحة قدرها (25.3 كم^2) في العام (1990م)، وهو ما يمثل (0.06%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، في حين أنَّ مساحته انخفضت في بقية سنوات الدراسة الأخرى، إذ تبلغ مساحته (3.6 كم^2) في العام (2000م) بوزن نسبي قدره (0.01%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، بينما ارتفعت مساحته إلى (6.2 كم^2) في العام (2011م)، وهو ما يعادل (0.02%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، كذلك في العام (2022م) ارتفعت مساحة هذا الصنف قليلًا لتبلغ (9.2 كم^2) وهو ما يشكل (0.02%) من إجمالي مساحة وادي حضرموت، إلّا أنَّ مساحة هذا الصنف تعد منخفضة في سنوات الدراسة (2000م، 2011، 2022م) مقارنة بمساحته في سنة الدراسة الأولى (1990م).

من خلال ما تقدم نستنتج الآتي:

1- أنَّ الغطاء النباتي في وادي حضرموت قليل جدًا، إذ يشغل مساحة لا تزيد عن 0.5% من إجمالي مساحته تتركز في الأجزاء الوسطى من الوادي وروافده الشمالية والجنوبية، بينما 99.5% من مساحة الوادي عبارة عن أراضٍ جرداء خالية من الغطاء النباتي؛ ويعود ذلك إلى جفافه وقلة سقوط الأمطار على سطحه بحيث لا تفي بنمو الغطاء النباتي، وزراعة المحاصيل الزراعية، لذلك فإن الاعتماد الرئيس في قيام الزراعة وري

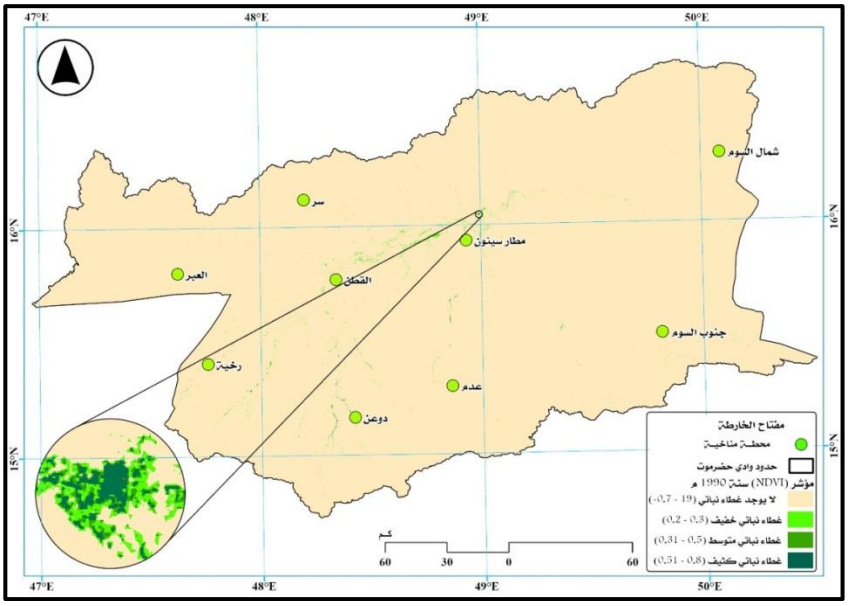
المحاصيل الزراعية يكون عن طريق مصدرين رئيسين، هما: المياه الجوفية التي تسهم بنسبة كبيرة في ري المحاصيل الزراعية خاصة في الأجزاء الوسطى من الوادي كما هو الحال في مديريات القطن وشبام وسيئون وتريم والسوم، ومياه السيول في موسم سقوط الأمطار خاصة في روافد الوادي الجنوبية والشمالية كما هو الحال في وادي دوعن وعدم ورخية ووادي العين ووادي سر ووادي عمد... وغيرها.

2- أنَّ فئة الغطاء النباتي الخفيف شغلت مساحةً كبيرة مقارنة بفئتي الغطاء النباتي المتوسط والكثيف؛ مما يدل على أنَّ وادي حضرموت يتسم بجفافه؛ وهو ناتج عمَّا يتعرض له الوادي من قلة في سقوط الأمطار، وارتفاع في درجة الحرارة، وزيادة في معدلات التبخر.

3- أن مساحات الغطاء النباتي الكثيف كانت كبيرة في سنة الدراسة الأولى (1990م)، بينما انخفضت في سنوات الدراسة الأخرى خاصة سنتي الدراسة الثانية والثالثة (2000م و2011م)، وهذا يتفق مع ما تم اثباته عندما تحدثنا عن النطاقات المطرية، إذ أثبت أن مدتي الدراسة الثانية (1993 -2002م) والثالثة (2003 -2012م) كانت أقل مُدد الدراسة مطرًا؛ مما يدل ذلك على تعرض وادي حضرموت للجفاف خاصة خلال هاتين المدتين.

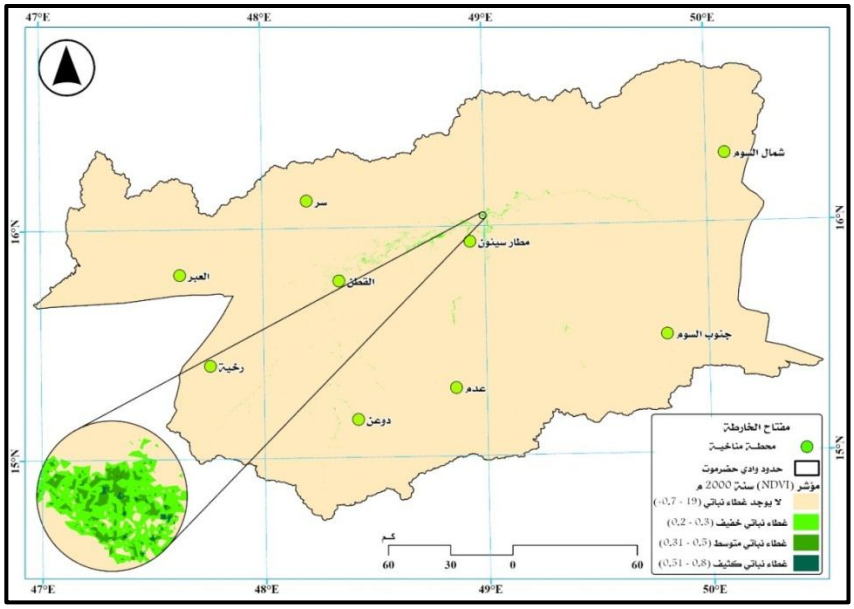
4- هناك زيادة في مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت في سنة الدراسة الرابعة (2022م) مقارنة سنتي الدراسة الثانية والثالثة (2000م و2011م) إلّا أنَّ هذه الزيادة تعد قليلة مقارنة بسنة الدراسة الأولى (1990م)، وهو كذلك يتفق مع ما تم اثباته عند الحديث عن النطاقات المطرية، إذ أُثْبت أن وادي حضرموت زادت فيه كمية الأمطار الساقطة خلال مدة الدراسة الرابعة (2013 -2022م).

الخارطة (7): فئات مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) في وادي حضرموت عام 1990م.



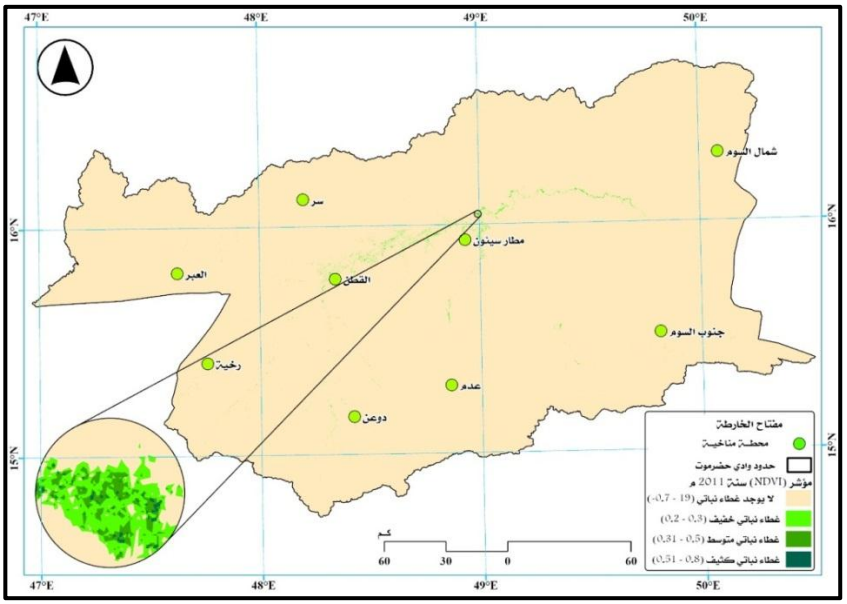
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 5 TM) وبرنامجي (ENVI 5.3) و (ArcGIS Pro 3.0.2).

الخارطة (8): فئات مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) في وادي حضرموت عام 2000م.



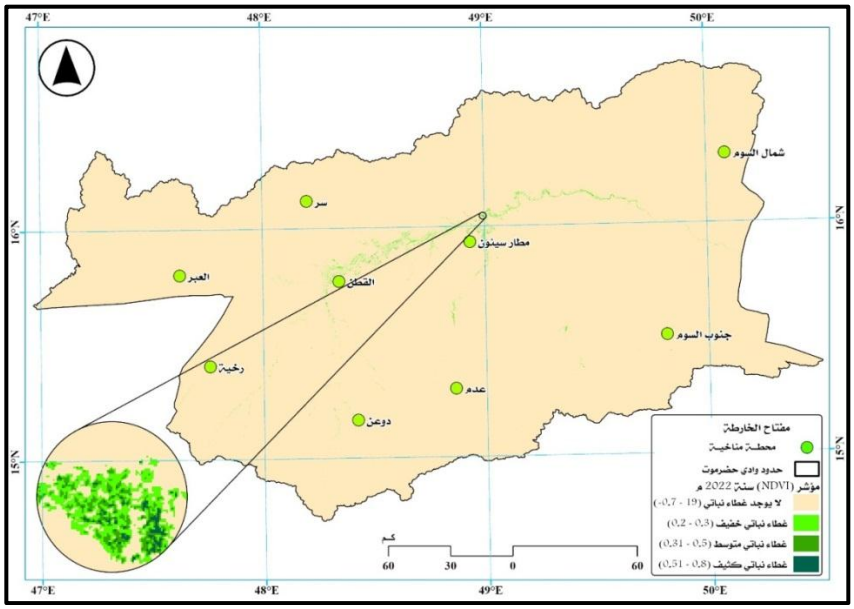
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: المرئية الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 5 TM) وبرنامجي (ENVI 5.3) و (ArcGIS Pro 3.0.2).

الخارطة (9): فئات مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) في وادي حضرموت عام 2011م.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 7 ETM+) وبرنامجي (ENVI 5.3) و (ArcGIS Pro 3.0.2).

الخارطة (10): فئات مؤشر الغطاء النباتي (NDVI) في وادي حضرموت عام 2022م.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي (Landsat 9 OLI/TIRS) وبرنامجي (ENVI 5.3) و (ArcGIS Pro 3.0.2).

النتائج:

1- أوضحت الدراسة أنَّ هناك تباينًا في معدلات المجاميع السنوية لكمية الأمطار الساقطة على محطات وادي حضرموت خلال مدة الدراسة (1983 – 2022)، إذ سقطت أعلى كمية مطرية على محطة جنوب السوم بلغت (96.7 ملم)، بينما سقطت أقل كمية مطرية على محطات العبر، والقطن، ومطار سيئون بلغت (49.8 ملم، 58.5 ملم، 60.7 ملم) لكل محطة على الترتيب.

2- أظهرت الدراسة وجود أربعة نطاقات مطرية تتباين في مساحتها خلال مُدد الدراسة الأربع؛ نتيجة للتغير في معدلات كمية الأمطار الساقطة، ويمكن تفصيل ذلك على النحو الآتي:

أ- يُعَدُّ النطاق الأول الذي تقل أمطاره عن (30 ملم) من أقل النطاقات المطرية مساحة، إذ ظهر هذا النطاق في المدة الثالثة، بمساحة بلغت (164.3 كم^2)، بينما يختفي هذا النطاق من مُدد الدراسة الأولى، والثانية، والرابعة.

ب- بينما النطاق المطري الثاني الذي تتراوح أمطاره بين (30 – 60 ملم) فقد اختفى نطاق تأثيره في المدة الأولى، في حين ظهر في المدتين الثانية والثالثة بمساحاتٍ تباينت بين الارتفاع بلغت (15304.8 كم^2، 31753.5 كم^2) لكل مدة على الترتيب، والانخفاض في المدة الرابعة بلغت (2565.8 كم^2)؛ ويرجع ارتفاع مساحة هذا النطاق في المدتين الثانية والثالثة إلى قلة الأمطار الساقطة، أي أنها تتجه نحو الانخفاض، مما يؤدي إلى زيادة الجفاف في وادي حضرموت، أما انخفاض مساحة هذا النطاق المطري في المدة الرابعة فيدل على زيادة كمية الأمطار في النطاق المطري الذي يليه.

ج- في حين يعد النطاق المطري الثالث (60.1 – 90 ملم) أكثر النطاقات مساحةً في منطقة الدراسة، إذ ظهر في جميع المدد الزمنية الأربع، بمساحات متباينة بلغت (37849.3 كم^2، 28507.5 كم^2، 13407.5 كم^2، 37698.9 كم^2) لكل مدة على الترتيب، وقد اتسم هذا النطاق بانخفاض مساحته خلال المدتين الثانية والثالثة؛ مما يدل على اتجاه الأمطار نحو الانخفاض، أما خلال المدة الرابعة فقد ارتفعت مساحة هذا النطاق المطري لتقترب من مساحته في المدة الأولى؛ مما يعني زيادة كمية الأمطار الساقطة خلال هذه المدة الرابعة.

د- أما النطاق المطري الرابع (أكثر من 90 ملم) فقد تباينت مساحته خلال مدد الدراسة الأربع، إذ بلغت (7780.1 كم^2، 1817.1 كم^2، 304.1 كم^2، 5364.7 كم^2)، وما يلاحظ على هذا النطاق المطري أنَّ مساحته تناقصت خلال مدتي الدراسة الثانية والثالثة بعدما كانت مرتفعة في المدة الأولى؛ ثم ارتفعت مساحته في المدة الرابعة، إلّا أنها تعد أقل مساحةً مقارنةً بالمدة الأولى التي كانت أكثر مطرًا، والملفت للنظر أن هذا النطاق بدأ يتراجع خلال مُدد الدراسة الثانية والثالثة والرابعة مقارنة بالمدة الأولى، وبذلك قل نطاق تأثيره، وهو يعد أحد أسباب تغير المناخ ولا سيما قلة كمية الأمطار وارتفاع درجات الحرارة.

3- بيَّنت الدراسة أن هناك تباين في كثافة ومساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت، والذي صُنِّف إلى أربع فئات حسب قيم مؤشر (NDVI) هي: (الغطاء النباتي الخفيف، والغطاء النباتي المتوسط، والغطاء النباتي الكثيف، فضلًا عن الأراضي الجرداء الخالية من الغطاء النباتي)، وتتباين مساحة كل صنف من هذه الأصناف وفق سنوات الدراسة الأربع (1990م -2000م -2011م -2022م) وما يلاحظ على الغطاء النباتي في وادي حضرموت الآتي:

أ- أنَّ الغطاء النباتي في وادي حضرموت قليل جدًا، إذ يشغل مساحة لا تزيد عن 0.5% من إجمالي مساحته تتركز في الأجزاء الوسطى من الوادي وروافده الشمالية والجنوبية، بينما 99.5% من مساحة الوادي عبارة عن أراضٍ جرداء خالية من الغطاء النباتي؛ ويعود ذلك إلى جفافه وقلة سقوط الأمطار على سطحه بحيث لا تفي بنمو الغطاء النباتي، وزراعة المحاصيل الزراعية.

ب- أن مساحات الغطاء النباتي الكثيف كانت كبيرة في العام (1990م)، بينما انخفضت في سنوات الدراسة الأخرى خاصة سنتي الدراسة الثانية والثالثة (2000م و2011م)، وهذا يتفق مع ما تم اثباته عند الحديث عن النطاقات المطرية، إذ أثبت أن مدتي الدراسة الثانية (1993 -2002م) والثالثة (2003 -2012م) كانت أقل مُدد الدراسة مطرًا؛ مما يدل ذلك على تعرض وادي حضرموت للجفاف خاصة خلال هاتين المدتين.

ج- هناك زيادة في مساحة الغطاء النباتي في وادي حضرموت في العام (2022م) مقارنة بالعامين (2000م و2011م)، إلّا أنَّ هذه الزيادة تعد قليلة مقارنة بسنة الدراسة الأولى 1990م، وهو كذلك يتفق مع ما تم اثباته عن الحديث عن النطاقات المطرية، إذ أُثْبت أن وادي حضرموت زادت فيه كمية الأمطار الساقطة خلال مدة الدراسة الرابعة (2013 -2022م).

التوصيات:

1- إنشاء العديد من محطات الرصد المناخية الأرضية في اليمن عامة، ومحافظة حضرموت ووادييها خاصة، بحيث تغطي كل محطة دائرة نصف قطرها 50 كيلو مترًا لما ستوفره من نتائج دقيقة، خاصة وأنَّ الاعتماد في الوقت الحالي على المواقع المناخية الإلكترونية.

2- إجراء المزيد من الدراسات التي تتعلق بالتغيرات المناخية، خاصة في المحافظات الشرقية من الجمهورية اليمنية، كما هو الحال في محافظة حضرموت.

3- الاعتماد على تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في إجراء المزيد من الدراسات المناخية التي توضح تأثير الأمطار والعناصر المناخية الأخرى في الغطاء النباتي من خلال تطبيق مؤشرات طيفية أخرى.

4- ينبغي على مكاتب الزراعة ومراكز الأبحاث الزراعية في الجمهورية اليمنية عامة، ووادي حضرموت خاصة إنشاء وحدة خاصة بنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في كل محافظة ومديرية، والتي ستسهم بدورها في إثراء الأبحاث الزراعية، خاصة ما يتعلق بالتغيرات المناخية وأثرها في الغطاء النباتي، والمحاصيل الزراعية، والتربة، والمياه.

المصادر والمراجع:

- جاسم، حوراء راضي، والجصاني، نسرين عواد، (2021)، **دور تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في كشف وتحليل التغير في الغطاء النباتي في محافظة النجف الأشرف باستخدام مؤشري (SAVI و NDVI)**، مجلة الآداب، جامعة الكوفة، العدد 139.

- الجبوري، أحمد ماجد عباس، والهذال، يوسف محمد علي، (2020)، **تقييم الجفاف في إقليم الجزيرة في العراق**، مجلة الآداب، جامعة بغداد، العدد 134.

- الجمهورية اليمنية، الهيئة العامة للطيران المدني والأرصاد، حركة الرصد الجوي، مطار سيئون الدولي، بيانات مطرية (غير منشورة)، 1983-2022.

- حمادي، عبد الباقي خميس، والعزاوي، عمار مجيد مطلك، (2023)، **الاتجاه والتغير في كمية الأمطار وأثره على تزحزح النطاقات المطرية في العراق**، مجلة مداد الآداب، كلية الآداب، الجامعة العراقية، المجلد 13، عدد خاص بمؤتمر قسم الجغرافية.

- الحميداوي، شيرين مجبل، والجصاني، نسرين عواد، (2020)، **دراسة وتحليل مؤشر اختلاف الغطاء النباتي (NDVI) في مناطق مختارة من العراق**، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، مركز الأبرار للأبحاث والدراسات الإنسانية، العراق، المجلد 1، العدد 5.

- درويش، إبراهيم عبد الله قائد، (2022)، **مراقبة تغير الجفاف الزراعي في حوض وادي المصلى جنوب محافظة تعز باستخدام الاستشعار عن بعد**، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، جامعة سرت، المجلد 12، العدد 2.

- الضبيحي، مها بنت عبد الله، (2023)، **التغير في كثافة الغطاء النباتي في روضة خريم بالمملكة العربية السعودية خلال الفترة 1998 – 2021 باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية**، مجلة كلية الآداب، جامعة بور سعيد، العدد 23.

- عباس، أحمد ماجد، (2023)، **استعمال الاستكمال المكاني للكشف عن تغير النطاقات الحرارية والمطرية لإقليم الجزيرة في العراق**، مجلة مداد الآداب، كلية الآداب، الجامعة العراقية، المجلد 13، عدد خاص بمؤتمر قسم الجغرافية.

– مجموعة من المرئيات الفضائية للأقمار (Landsat 5 & 7 & 9) تم تنزيلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) عبر الرابط:

.https://earthexplorer.usgs.gov

– موقع (Terra Climate) الممول من قِبَل الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA)من خلال الرابط:

http://www.climatologylab.org/terraclimate.html

– نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، (دقة 30 متر)، تم تنزيلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) عبر الرابط:

.https://earthexplorer.usgs.gov

- Alwesabi, Mohammed. S, Modis NDVI satellite data for assessing drought in Somalia during the period 2000-2011, master's thesis, Lund University, Sweden, 2012.
- CEREDA JUNIOR, A. (Org. Trans.) Everything You Need to Know about NDVI: Questions & Answers for Agriculture 4.0 Part 1, Available in https://geografiadascoisas.com.br/NDVI, May 2020.
- Khalaf, Ahmed. B, Using Geospatial Techniques to Analysis the Impact of Climate Change on Water and Agriculture Resources: Case study Khanaqin District in Diyala Iraq, Basrah J. Agric. Sci, Vol 37, Issue 1, 2024.
- Lkhagvadorj Nanzad, Jiahua Zhang, Battsetseg Tuvdendorj, Mohsen Nabil, Sha Zhang, Yun Bai, NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016, Journal of Arid Environments, Vol 164, 2019.

مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية
Libya Journal of Geographical Studies