



المجلة الجغرافية العربية
تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية

توزيع الأمطار وتغيرها وأثارها البيئية في المناطق الساحلية بالمملكة العربية السعودية - باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. هدى عبدالله العباد

أستاذ مشارك في الجغرافيا المناخية

كلية الآداب - جامعة الأميرة نورة بنت عبدالرحمن

المملكة العربية السعودية

كافة حقوق النشر محفوظة للجمعية الجغرافية المصرية
وجميع الآراء الواردة فى بحوث هذه السلسلة تعبر عن آراء
أصحابها ولا تعبر بالضرورة عن وجهات نظر الجمعية الجغرافية
المصرية

الترقيم الدولى الموحد للطباعة : ١١١٠-١٩١١
الترقيم الدولى الموحد للإلكترونى: ٢٦٨٢-٤٧٩٥
الموقع على شبكة الانترنت: www.egyptiangs.com

Copyright © 2022, Printed by Al-Resala Press, Tel.: 0122 65 78 757 e-mail: gamal_elnady@yahoo.com

All rights reserved. This book is protected by copyright. No part of it may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from The Egyptian Geographical Society.



هيئة التحرير

الأستاذ الدكتور/ شحاته سيد احمد طلبه	(مقرراً)
الأستاذ الدكتور/ محمد نور الدين السبعوى	(عضواً)
الأستاذ الدكتور/ مصطفى البغدادى	(عضواً)

الهيئة الاستشارية

الأستاذ الدكتور/ عبدالله يوسف الغنيم	(الكويت - جامعة الكويت)
الأستاذ الدكتور/ على الدوسرى	(السعودية - رئيس الجمعية الجغرافية السعودية)
الأستاذ الدكتور/ بابكر عبدالرحمن	(السودان - جامعة الخرطوم)
الأستاذ الدكتور/ أمال إسماعيل شاور	(مصر - جامعة القاهرة)
الأستاذ الدكتور/ المتولى عبد الصمد	(مصر - جامعة القاهرة)
الأستاذ الدكتور/ محمد عبدالسلام حسين	(مصر - جامعة عين شمس)
الأستاذ الدكتور/ عزيزة بدر	(مصر - جامعة القاهرة)
الأستاذ الدكتور/ كارل دونيرت Karl Donert	(Liverpool University, UK)
الأستاذ الدكتور/ دونالد زيغلر Donald Zeigler	(Old Dominion University, Virginia, USA)

فهرس المحتويات

صفحة	الموضوع
١	المُلخص.
٣	المقدمة.
٤	منطقة الدراسة.
٦	مشكلة البحث.
٦	أهداف البحث.
٨	الدراسات السابقة.
١٠	فرضيات البحث.
١٠	منهجية البحث:
١١	أ) إجراءات البحث.
١١	ب) جمع البيانات.
١٣	ج) معالجة البيانات.
١٣	د) اشتقاق الطبقات المعلوماتية.
١٥	هـ) تحليل ومناقشة نتائج البحث:
١٥	١) التحليل المكاني لتوزيع وتغير الأمطار:
١٥	أ- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م).
١٧	ب- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م).
١٩	ج- التحليل المكاني لاتجاه تغير الأمطار بين (١٩٨٠-١٩٩٠م) - (١٩٩٠-٢٠٠٠م).

٢٢	د- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م).
٢٥	هـ- التحليل المكاني لاتجاه تغير الأمطار بين (١٩٩٠-٢٠٠٠م) - (٢٠٠٠-٢٠١٠م).
٢٨	و- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م).
٣١	ز- التحليل المكاني لاتجاه تغير الأمطار بين (٢٠٠٠-٢٠١٠م) - (٢٠١٠-٢٠٢٠م).
٣٤	٢) الآثار البيئية لتباين وتغير الأمطار في المنطقة:
٣٤	أ- انتشار الغبار في الغلاف الجوي.
٣٦	ب- الجريان السطحي.
٣٩	ج- رطوبة التربة السطحية.
٤٢	د- الغطاء الحيوي (النباتي والزراعي).
٤٥	هـ- تخزين المياه الجوفية.
٤٩	الخاتمة والنتائج.
٥٤	المراجع.
٥٦	الملخص باللغة الإنجليزية.

فهرس الجداول

صفحة	عنوان الجدول	م
١٢	بيانات الاستشعار عن بعد المستخدمة في البحث.	١

فهرس الأشكال والخرائط

صفحة	عنوان الشكل أو الخريطة	م
٥	موقع منطقة الدراسة.	١
١٦	توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م).	٢
١٨	توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م).	٣
٢١	اتجاه تغير الأمطار السنوية بين عامي (١٩٨٠-٢٠٠٠م).	٤
٢٣	توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م).	٥
٢٧	اتجاه تغير الأمطار السنوية بين عامي (١٩٩٠-٢٠١٠م).	٦
٢٩	توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م).	٧
٣٣	اتجاه تغير الأمطار السنوية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).	٨
٣٥	انتشار الغبار في الغلاف الجوي بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م).	٩
٣٧	الجريان السطحي بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).	١٠
٣٨	رطوبة التربة في المنطقة الجذرية للنبات بين عامي (٢٠٠٣-٢٠٢٠م).	١١
٤٤	مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي للغطاء الحيوي بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).	١٢
٤٨	نسبة تخزين المياه الجوفية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).	١٣

المُلخَص

يهدف البحث إلى التحليل المكاني لتوزيع الأمطار وتغيرها المكاني بين كل مدتين، تمتد كل مدة عشر سنوات بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م)، والتحقق من مدى تأثير تباين توزيع الأمطار، وتغيراتها الزمانية والمكانية على البيئة. كي تتحقق هذه الأهداف، ويتم التحقق من الفرضيات، تم اتباع منهجية للبحث تمثلت بتحديد المنطقة الساحلية للمملكة العربية السعودية، وذلك بدمج طبقة المناطق الإدارية باستخدام أداة (Merge) في برنامج (Arc Map 10.5)، وبالتالي تحويل الطبقة الناتجة من (shap file Polygon) إلى (shapfile) وبالنسبة لخط (Polyline) باستخدام أداة (Feature To line). وتم جمع المرئيات الفضائية للأمطار لكل عشرة سنوات بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م) من موقع وكالة ناسا. وتم الحصول على بيانات الآثار البيئية لتباين توزيع الأمطار وتغيراتها بين مدة وأخرى. وتم التوصل لمجموعة من النتائج، منها: تركز أعلى معدلات الأمطار السنوية في السواحل الجنوبية الغربية من المملكة بمنطقتي جازان وعسير بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م)، بينما تقل في السواحل الشمالية الغربية من المملكة إلى أدنى معدلاتها بمنطقة تبوك. بينما تركزت الأمطار بين عامي (١٩٩٠-٢٠٢٠م) في سواحل منطقتي: جازان وعسير. وبرزت أدنى معدلات الأمطار خلال هذه المدة في المناطق الساحلية بمناطق تبوك شمال غرب المملكة، وجنوب المنطقة الساحلية على الخليج العربي بالمنطقة الشرقية. كما أظهرت نتائج تحليل اتجاه التغير في كمية الأمطار بين الفترتين؛ تعرض جميع المناطق الساحلية الشرقية والغربية من المملكة لزيادة متفاوتة في كمية الأمطار. كما أظهرت نتائج التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م) تركز الأمطار السنوية العالية في المناطق الداخلية من سواحل منطقتي: جازان وعسير، وفي الأجزاء الغربية من

منطقة الباحة جنوب غرب المملكة، وشمال محافظة العديد، وجنوب محافظة الخفجي شرق المملكة.

برزت المناطق الأقل مطراً في المناطق الساحلية شمال غرب وغرب المملكة، وفي المنطقة الساحلية بمحافظة العديد على الخليج العربي. كما توصلت نتائج التحليل العام لتغير كمية الأمطار بين الفترتين زيادة متفاوتة في كمية الأمطار في بعض المناطق الساحلية، وانخفاض وتراجع في كمية الأمطار. ومن نتائج التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) لوحظ تركيز الكميات الكبيرة لكمية الأمطار السنوية في المناطق الداخلية لسواحل منطقتي: جازان وعسير. وبرزت أقل كميات الأمطار في المناطق الساحلية غرب، وشمال غرب المملكة في مكة المكرمة والمدينة المنورة وتبوك، مما يؤكد ارتفاع الحد الأدنى وانخفاض الحد الأعلى لكمية الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة عن المرحلة السابقة. وأظهرت نتائج تحليل اتجاه تغير كمية الأمطار بين الفترتين زيادة متفاوتة في كمية الأمطار في بعض المناطق الساحلية، وتتمثل في: وسط المنطقة الساحلية في جازان وعسير، وشمال غرب منطقة تبوك، بينما تراجعت في مناطق أخرى.

من ناحية الآثار البيئية، فقد أكدت نتائج البحث تركيز معدلات الغبار بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م) في المناطق الساحلية، والداخلية، والوسطى من المنطقة الساحلية الممتدة على الخليج العربي، بينما تركزت أقل كميات الغبار في المناطق الساحلية شمال غرب المملكة بمنطقة تبوك. وغيرها من النتائج التي تهم المخططين، والمؤسسات ذات الصلة.

الكلمات الافتتاحية: تغير الأمطار، المناطق الساحلية، نظم المعلومات الجغرافية، المملكة العربية السعودية، الآثار البيئية.

المقدمة:

يشير مفهوم التغير في كمية هطول الأمطار، إما إلى زيادة أو تراجع كمية الأمطار بين مدتين، ويتضمن مفهوم التغيرات التي طرأت على أنماط الهطول: كالتركز في هطول كميات كبيرة من الأمطار خلال مدة قصيرة، وحدوث الأعاصير وتشكل المنخفضات الجوية، وتساقط الأمطار في غير مواعيدها، أو تراجع المعدلات الفصلية والسنوية لهطول الأمطار، وما يترتب على كل أنماط تغيرات الهطول من إشكاليات تؤثر على الإنسان وبيئته، وترجع تغيرات الأمطار لتغير المناخ عالمياً، وما يسببه من تحولات في حركة التيارات الهوائية.

تعتبر الأمطار من أكثر عناصر المناخ قدرة على التذبذب مكانياً وزمانياً، ولتغيراتها آثار مختلفة، وبذلك فإن كشف تغيرات هطول الأمطار على مختلف المستويات الزمانية والمكانية تعد من أهم القضايا المناخية، لأن التذبذب الشديد في هطول الأمطار عادة ما يؤدي إلى مخاطر كالفيضانات والجفاف.

يعد تغير هطول الأمطار من بين التحديات الرئيسية التي يتم مواجهتها، بمحاكاة الأنماط المكانية للتغيرات المناخية في ظل ظروف بيئية مختلفة، لاسيما في البلدان ذات المناخات الجافة وشبه الجافة (Javari, 2017, p. 2). ويعد الجفاف من نتائج تغير الأمطار، وله أخطار يمكن أن تستمر لعدة أيام أو لسنوات مع تأثير مدمر على الإنتاج الزراعي ومعيشة الناس؛ لذا لقي موضوع تغير الأمطار وآثارها في السنوات الأخيرة اهتمام الباحثين في علوم الغلاف الجوي والهيدرولوجيا (Onyutha & Willems, 2017, p. 29).

في كلا الحالتين إذا كان المناخ رطب أو جاف، فإن الوعي بتغير هطول الأمطار يمكن أن تساعد في إيجاد حلول لمشاكل المياه، واتخاذ القرارات بشأن مستقبل تنفيذ المشاريع الهيدرولوجية. حيث أصبحت الموارد المائية

مصدر قلق رئيسي لأي تطور وتخطيط، بما في ذلك إنتاج الغذاء وإدارة الموارد المياه كما هو الحال في المناطق الساحلية للمملكة.

يتحكم توزيع الأمطار بالموارد المائية وأنشطتها مثل الإنتاج الزراعي، ويؤثر تغير هطول الأمطار على نجاح الزراعة، لاسيما في المناطق الجافة وشبة الجافة، كما هو الحال في منطقة الدراسة حيث تتصف الأمطار بعدم الانتظام والتباين مكانيًا وزمانيًا. وعليه، فإن تحليل توزيع الأمطار وتغيراتها المكانية والزمانية مهمة من أجل نجاح الممارسات الزراعية القائمة على الأمطار، ومن المهم جدًا تحليل توجه تغير توزيع الأمطار بين مدة وأخرى في المستقبل بما يساهم في نجاح الخطط الزراعية في المناطق المعتمدة على مياه الأمطار.

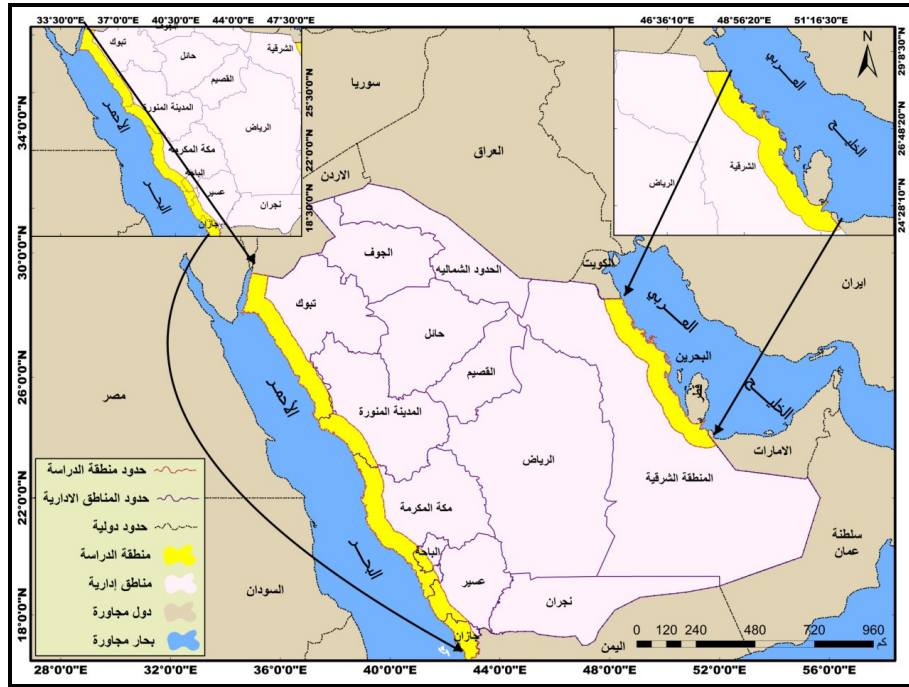
كي يتم الحصول على تقدير لتغير المناخ، من الضروري تحليل الاتجاه المستقبلي لاتجاه هطول الأمطار السنوي والموسمي؛ لأن الأمطار مورد قابل للتجديد ومتغير بدرجة كبيرة في المكان والزمان، ويخضع للزيادة أو التراجع لأسباب طبيعية وأخرى بشرية، وبالتالي، فإن معرفة اتجاه هطول الأمطار مهم لفهم التغيرات المناخية (Rao, et al., 2016, p. 307).

لذا تم اختيار منطقة الدراسة؛ لأن المناطق الساحلية بتربها ومواردها المائية تعد مناطق ملائمة للتنمية الزراعية، لذا كان لابد من التطرق لدراسة تغيرات الأمطار في هذه المنطقة، لاسيما في ظل تضافر مجموعة من المتغيرات المكانية التي تسهم في سرعة تغير أمطارها: كالموقع الفلكي للمنطقة، والخصائص الطبوغرافية، ونطاقات الضغط الجوي، وحركة الرياح.

منطقة الدراسة:

في الشكل رقم (1) تقع المنطقة الساحلية للمملكة العربية السعودية جغرافيًا على مسطحين مائيين مهمين، الأول: شرقاً على الخليج العربي،

وتمتد من الحدود السعودية الكويتية شمالاً حتى الحدود السعودية الاماراتية،
وتقع المنطقة الساحلية الشرقية فلكياً بين دائرتي عرض ١٥° ٤٤' ٢٣" -
٥٠° ٤٩' ٢٧" شمالاً، وخطي طول ٣٠° ٢٨' ٤٧" - ٥٠° ٢٢' ٥١" شرقاً.
وتقع المنطقة الثانية: غرباً على البحر الأحمر، وتمتد من الحدود
السعودية الأردنية شمالاً حتى الحدود السعودية اليمنية جنوباً، وتقع المنطقة
الساحلية الغربية فلكياً بين دائرتي عرض ٣٠° ٢٠' ١٧" - ١٣° ٢٣' ٢٩"
شمالاً، وخطي طول ٤٠° ٥٥' ٣٤" - ٥٠° ٥٠' ٤٣" شرقاً، وتبلغ إجمالي
مساحة المنطقة ١٩٣٢١٩,٥٦ كم^٢.



شكل (١) : موقع منطقة الدراسة.

المصدر: الباحثة باستخدام برنامج (Arc Map 10.5).

مشكلة البحث:

كشفت نتائج العديد من الدراسات السابقة لتغير كمية الأمطار في شبه الجزيرة العربية بصورة عامة، والمملكة بمناطقها الساحلية على وجه الخصوص بالاعتماد على البيانات المناخية لـ ٢٧ محطة أرضية بين عامي (١٩٧٨-٢٠٠٩م)، أن هطول الأمطار السنوي اتجه بشكل تنازلي في النصف الأخير من فترة التحليل بنحو (٤٧,٨) ملم/عقد، وزادت درجات الحرارة القصوى بمعدل ٠,٧١م°، والمتوسطة بنحو ٠,٦٠م°، والدنيا ٠,٤٨م° لكل عقد على التوالي، مما يعني المزيد من الجفاف، وأكدت دراسات أخرى بأن منطقة الدراسة ستكون أكثر جفافاً بين عامي (٢٠١٦-٢٠٥٠م)، وما قد يترتب على ذلك من آثار على النظم البيئية والاقتصادية كونها ستجعل سكان منطقة الدراسة عرضة لظروف مناخية قاسية ناتجة عن تراجع كمية الأمطار، ما سينعكس على اقتصاد المملكة.

أهداف البحث:

اعتمدت هذه الدراسة على هدفين رئيسيين، انبثق منهما أهداف فرعية، على النحو الآتي:

(١) التحليل المكاني لتوزيع الأمطار، وتغيراتها مكانياً في المناطق الساحلية للمملكة وزمانياً بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م).

أ- تحليل توزيع الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م).

ب- تحليل توزيع الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م).

- ج- كشف اتجاه تغير الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين (١٩٨٠-٢٠٠٠م).
- د- تحليل توزيع الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م).
- هـ- كشف اتجاه تغير الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين (١٩٩٠-٢٠١٠م).
- و- تحليل توزيع الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م).
- ي- كشف اتجاه تغير الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة العربية السعودية بين (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).

٢) التحقق من مدى تأثير تباين توزيع الأمطار، وتغيراتها الزمانية والمكانية على البيئة.

- أ- تحليل علاقة توزيع الغبار بالأمطار، وتغيراتها في المناطق الساحلية للمملكة بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م).
- ب- تحليل علاقة توزيع الجريان بالأمطار، وتغيراتها بالمناطق الساحلية للمملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).
- ج- تحليل علاقة تخزين المياه الجوفية بالأمطار، وتغيراتها بسواحل المملكة بين عامي (٢٠٠٣-٢٠٢٠م).
- د- تحليل علاقة رطوبة التربة بالأمطار، وتغيراتها في المناطق الساحلية للمملكة بين عامي (٢٠٠٣-٢٠٢٠م).
- هـ- تحليل علاقة توزيع الغطاء بالأمطار، وتغيراتها في المناطق الساحلية للمملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).

الدراسات السابقة:

قام (Verma, et al., 2021) بتحليل اتجاه هطول الأمطار الشهرية في حوض نهر شيونات، تشهاتيسجاره جنوب شرق الهند، وتضمنت الدراسة تحليل اتجاهات الأمطار والآثار الهيدرولوجية لهذه التغيرات، واعتمدت الدراسة على بيانات الأمطار من ٣٩ محطة في جميع أنحاء الحوض، واستخدمت مضلعات ثيسن في تحليل توزيع الأمطار وتغيراتها، وأكدت نتائج الدراسة تراجع كبير للأمطار في الحوض، حيث بلغ المتوسط ٠,١ ملم سنويًا لجميع محطات المراقبة، وانخفض معدل هطول الأمطار بنسبة ٩٣,١٤%، ٩٣,٨٨%، ٩٣,٣٤% عن المتوسط السنوي في منطقة راجانانداون، وكوارجها، وأظهرت نتائج تحليل البيانات الشهرية اتجاه تصاعدي للأمطار في أشهر: يونيو، ويوليو وأغسطس، وأبريل، ونوفمبر، بمتوسط ٠,١٢ ملم سنويًا.

وكشف (Muktara, et al., 2020) تغير هطول الأمطار في أفريقيا باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، واعتمدت الدراسة على مرئيات الاستشعار عن بعد للقمر (TRMM) للمدة من يناير إلى ديسمبر ١٩٩٩م، إلى ديسمبر عام ٢٠١٨م، وتوفر هذه المرئيات معلومات موثوقة لتقدير هطول الأمطار وتغيراتها، وتوصلت نتائج هذه الدراسة إلى ارتباط توزيع الأمطار بمواقع دوائر العرض، وبرزت التغيرات الكبيرة في معدل هطول الأمطار في المناطق الساحلية بشكل أساسي.

وحل (Javari, 2017) اتجاه هطول الأمطار الشهري في حوض نهر أتراك، إيران، حيث تم تحليل تغير هطول الأمطار بالمقاييس الشهرية، والموسمية والسنوية في الحوض بين عامي (١٩٧٥-٢٠١٤م)، وكشفت اتجاهات هطول الأمطار في الحوض بالاعتماد على بيانات ٢٧ محطة

مناخية، وتبين هذه الدراسة أنماط الاتجاهات الشهرية والموسمية والسنوية ومدى انحدار الاتجاه في سلسلة بيانات هطول الأمطار، وأظهرت النتائج تغير اتجاه بيانات هطول الأمطار على المستويين الموسمي والسنوي، إذ تظهر نتائج خمس محطات فقط اتجاه زيادة كمية الأمطار السنوية، ويعد شهر يوليو الشهر الوحيد الذي أظهر اتجاه متزايد في كمية الأمطار الشهرية.

وتطرق كل من (Abu Syed & Al Amin, 2016) للنمذجة الجغرافية المكانية، للتحقق من نمط تغير توزيع درجات الحرارة وهطول الأمطار في بنجلادش، وهدفت الدراسة إلى نمذجة الأنماط المكانية، وكشف تغير اتجاهات درجة الحرارة وهطول الأمطار لفهم تأثيرات هذا التغير على النظام البيئي. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن المنطقة تشهد تراجع في عدد الأيام الممطرة، ومع ذلك فإن إجمالي كمية الأمطار لم تتغير كثيراً، وأظهرت النتائج ارتفاع الفرق بين الحد الأقصى والأدنى لاتجاه درجات الحرارة.

وقام (Rao, et al., 2016) بتحليل اتجاهات هطول الأمطار: دراسة حالة لحوض (جودافاري) الفرعي منطقة أديل أباد، ولاية (تيلانجانا) في الهند، وتطرق هذه الدراسة لتحليل متوسط هطول الأمطار اليومي، بهدف تحديد التباين المكاني في كمية الأمطار خلال الفترة من 2000-2014م، ومن ثم تحليل اتجاهات بيانات هطول الأمطار اليومية باستخدام برنامج (Excel).

تناول (Fathian, et al., 2015) الاتجاهات الزمنية لهطول الأمطار باستخدام التقنيات المكانية في نظم المعلومات الجغرافية بحوض بحيرة أورميا، إيران، وتم تحليل اتجاهات هطول الأمطار على المستويين المكاني والزمني، لما لها من أهمية كبيرة مع الاهتمام المتزايد بتغير المناخ العالمي، وكان هدف هذه الدراسة الكشف عن اتجاهات هطول الأمطار من بيانات

سنوية وشهرية لـ ٤٢ محطة بحوض البحيرة، وتقييم هذه الاتجاهات بواسطة تقنيات الاستيفاء المكاني (Kriging, IDW)، وتوصلت نتائج الدراسة إلى تباين اتجاهات الأمطار بين التراجع في مناطق، والزيادة بمناطق أخرى بمختلف الفترات الزمنية بالحوض.

ودرس (Gajbhiye, et al., 2015) تحليل اتجاهات هطول الأمطار في حوض نهر السند، الهند بين عامي (١٩٠١-٢٠٠٢م)، وقامت هذه الدراسة بتحليل البيانات التاريخية للأمطار في الحوض لمدة ١٠٢ سنة، وتم تحديد اتجاه الأمطار والتغيرات التي طرأت عليها بين مدة وأخرى، باستخدام تقنية الاستيفاء المكاني لاستكمال نمط توزيع الأمطار في الحوض داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وكشفت نتائج التحليل عن زيادة ملحوظة في اتجاه هطول الأمطار في كل من الفصول الموسمية والسنوية.

فرضيات البحث:

- تجانس توزيع كمية الأمطار وتغيراتها في المنطقة الساحلية للمملكة بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م).
- يؤثر تباين الأمطار وتغيراتها في تلوث الغلاف الجوي بالغبار والجريان السطحي، ورطوبة التربة، وتخزين المياه الجوفية والغطاء الحيوي بما يسهم في التدهور البيئي للمنطقة الساحلية للمملكة.

منهجية البحث:

كي تتحقق أهداف الدراسة، ويتم التحقق من الفرضيات السابقة، استخدمت الدراسة المنهج الاستقرائي التحليلي، حيث تم وضع فرضيات البحث، وجمع المرئيات الفضائية (بيانات البحث)، ثم تحليل أنماط توزيع

الأمطار، والتغيرات المكانية والزمانية التي طرأت عليها بين كل مدتين، تمهيداً لتحديد مدى تجانس توزيعها وتغيراتها، وأثر ذلك على عدد من المتغيرات البيئية: كالغبار والجريان، وتخزين المياه الجوفية، ورطوبة التربة، والغطاء النباتي في المناطق الساحلية بالمملكة، وذلك من خلال حساب العلاقات بين الأمطار وهذه المتغيرات، وبذلك تدرجت منهجية البحث على النحو الآتي:

أ) إجراءات البحث:

تمثلت إجراءات البحث بتحديد حدود المنطقة الساحلية للمملكة. تم تحديد حدود المنطقة الساحلية بدمج طبقة المناطق الإدارية باستخدام أداة (Merge) في برنامج (Arc Map 10.5)، بالتالي تم تحويل الطبقة الناتجة من (Shapfile Polygon) إلى (Shapfile Polyline) باستخدام أداة (Feature To Line)، واعتماداً على أداة (Buffer) في البرنامج نفسه، تم عمل حرم مكاني يبعد من خط الساحل بـ ٦٥ كم، وبذلك تم تحديد حدود منطقة الدراسة كما يوضح الشكل السابق رقم (١).

ب) جمع البيانات:

تم القيام بجمع المرئيات الفضائية للأمطار لكل عشرة سنوات بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م) من موقع وكالة ناسا. ومن الموقع نفسه تم الحصول على بيانات الآثار البيئية، لتباين توزيع الأمطار وتغيراتها بين مدة وأخرى. وتظهر تفاصيل بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في دراسة توزيع الأمطار وتغيراتها وأثارها البيئية على المنطقة الساحلية في المملكة في الجدول رقم (١).

جدول (١) : بيانات الاستشعار عن بعد المستخدمة في البحث.

نهاية المدة	بداية المدة	الدقة المكانية	الدقة الزمنية	القمر	الوحدة	العنصر
١٩٨٩-١٢-٣١	١٩٨٠-١-١	٠,٥٠	Monthly	MERRA-2 Model	MM/Day	الأمطار
١٩٩٩-١٢-٣١	١٩٩٠-١-١	٠,٥٠	Monthly	MERRA-2 Model	MM/Day	الأمطار
٢٠٠٩-١٢-٣١	٢٠٠٠-١-١	٠,٢٥	Monthly	TRMM	MM/Month	الأمطار
٢٠١٩-١٢-٣١	٢٠١٠-١-١	٠,٢٥	Monthly	TRMM	MM/Month	الأمطار
٢٠٢٠-١٢-٣١	١٩٨٠-١-١	٠,٥٠	Monthly	MERRA-2 Model	Kg/m ²	الغيار PM 10
٢٠٢٠-١٢-٣١	٢٠٠٠-١-١	٠,٢٥	Monthly	GLDAS Model	Kg/m ²	الجريان السطحي
٢٠٢٠-١٢-٣١	٢٠٠٣-٢-٣	٠,٢٥	Monthly	GRACE	%	تخزين المياه الجوفية
٢٠٢٠-١٢-٣١	٢٠٠٣-٢-٣	٠,٢٥	Monthly	GRACE	%	رطوبة سطح التربة
٢٠٢٠-١٢-٣١	٢٠٠٠-٢-١	٠,٠٥	Monthly	MODIS Terra	NDVI	الغطاء النباتي

المصدر : (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>)

ج) معالجة البيانات:

بعد القيام بجمع البيانات أو الطبقات الخلوية الخاصة بالأمطار والآثار البيئية المترتبة عليها للمدة بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م) من موقع وكالة ناسا، قامت الباحثة بتنفيذ المرحلة الثانية المتعلقة بمعالجة الطبقات. وعليه، فقد مرت مرحلة معالجة البيانات بعدد من الخطوات، كما يأتي:

١. توحيد المراجع الجغرافية بين طبقة خط الساحل، والطبقات الخلوية للأمطار والغبار والجريان السطحي والجوفي وتخزين المياه الجوفية ورطوبة التربة والغطاء، من خلال إعادة إرجاع الطبقات من النظام الإحداثي الجغرافي (GCS_WGS_1984) إلى النظام المترى (WGS_1984_Web_Mercator).

٢. بما أنه لا توجد بيانات الأمطار للقمر (TRMM) قبل عام ١٩٩٨م، وتم الحصول على بيانات الأمطار من القمر (MERRA-2 Model)، كان لابد من توحيد وحدة قياس الأمطار بين طبقات القمرين إلى (MM/Month)، وذلك من خلال استخدام الحاسبة الخلوية في برنامج (Arc Map 10.5) لضرب طبقتي أمطار القمر (MERRA-2 Model) في ٣٠ يوماً.

٣. توحيد الدقة المكانية لطبقات الأمطار والمتغيرات البيئية الأخرى: الغبار والجريان السطحي، وتخزين المياه الجوفية ورطوبة التربة، والغطاء النباتي أثناء عملية التنبؤ بالتوزيع المكاني لكل متغير باستخدام خوارزمية (IDW).

٤. تحويل الطبقات الخلوية الخاصة ببيانات الأمطار والغبار، والجريان السطحي، والجوفي وتخزين المياه الجوفية، ورطوبة التربة والغطاء النباتي إلى نقاط باستخدام أداة (Raster to point) ضمن برنامج (Arc Map 10.5).

د) اشتقاق الطبقات المعلوماتية:

١. استخدام خوارزمية الاستكمال (Interpolation IDW) ببرنامج (Arc Map 10.5) للتنبؤ بتوزيع الأمطار، والمتغيرات البيئية المتأثرة بها

مكانيًا ضمن كل مدة بالاعتماد على الطبقات النقطية التي تم تجهيزها سابقاً وتحسب خوارزمية (IDW) بالمعادلة.

$$\text{IDW} = \frac{\sum_{i=1}^N z_i \cdot d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}}$$

(Setianto and Triandini, 2013, p.24)

حيث:

Z_0 = قيمة التقدير للمتغير z في النقطة I .

z_i = قيمة العينة في النقطة I .

d_i = المسافة من نقطة العينة إلى النقطة المقدر.

N = المعامل الذي يحدد الوزن على أساس المسافة.

n = العدد الإجمالي للنتبؤات.

٢. إعادة تصنيف الطبقات المعلوماتية (Reclassify) الناتجة عن

استخدام خوارزمية (IDW) لخمسة فئات متساوية الحدود في جميع

الفترات لحساب المساحة، ومقارنة التغير بين كل فترتين.

٣. استخدام خوارزمية (Change Image) ببرنامج (Erdas Imaging)،

لاشتقاق طبقات خاصة بالتغيرات المكانية التي طرأت على الأمطار

بين كل مرحلتين بالاعتماد على الطبقات المعلوماتية الناتجة عن

خوارزمية (IDW)، وإعادة تصنيف الطبقات حسب شكل ومقدار

تغير كمية الأمطار بين كل مرحلتين.

٤. تصدير بيانات الأمطار وأثارها البيئية لنحو (٢١٤٣٧) نقطة تبعد

كل نقطة عن الأخرى ٣ كم من برنامج (Arc Map 10.5)، وإدخالها

إلى برنامج التحليل الإحصائي (Spss) لحساب العلاقات المكانية بين الأمطار، والآثار البيئية لها في المنطقة الساحلية من المملكة.

(هـ) تحليل ومناقشة نتائج البحث:

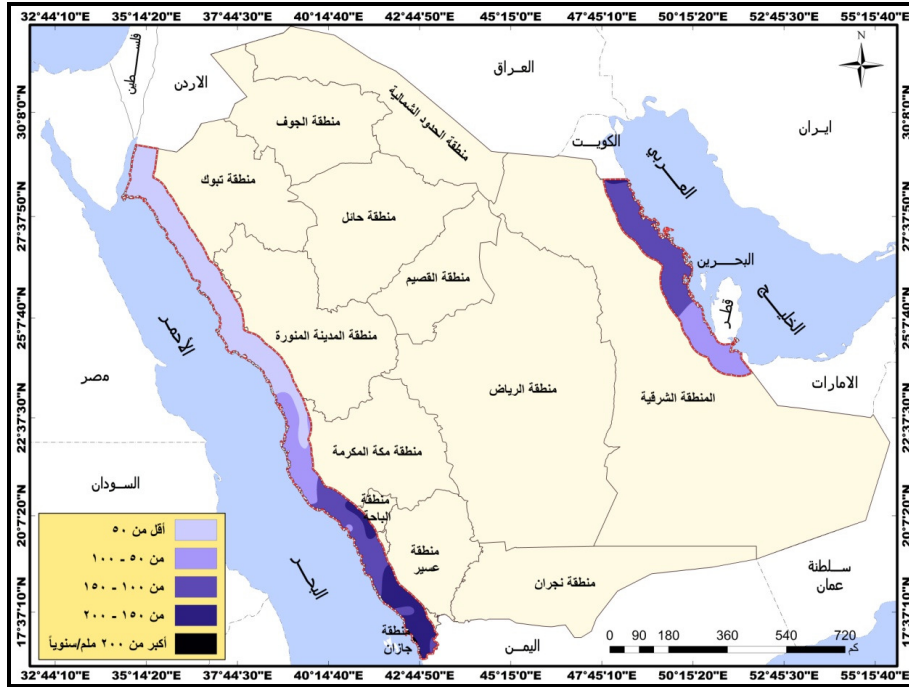
(١) التحليل المكاني لتوزيع وتغير الأمطار:

أ- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م):

تظهر نتائج التحليل المكاني لتوزيع كمية الأمطار السنوية في سواحل المملكة بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م) تركيز أعلى معدلات الأمطار السنوية في السواحل الجنوبية الغربية من المملكة بمنطقتي جازان وعسير، فضلاً عن الأجزاء الوسطى والشمالية من السواحل بالمنطقة الشرقية، وتقل إلى أدنى معدلاتها في السواحل الشمالية الغربية من المملكة بمنطقة تبوك، كما تؤكد نتائج التحليل أن المناطق الساحلية كانت أقل مطراً وأكثر جفافاً خلال هذه المدة حيث تراوحت كمية الأمطار السنوية خلال هذه المدة بين ١,٤٢ ملم إلى ٢٠٩,٣٨ ملم، بمتوسط سنوي بلغ ٨٠,٠٤ ملم، وانحراف معياري للتوزيع ٥٣,٠٥ ملم سنوياً.

بناءً على ذلك تبرز المنطقة التي تجاوزت كمية أمطار ٢٠٠ ملم سنوياً شكل رقم (٢) غرب منطقة جازان في منطقة صغيرة جداً لا تتجاوز مساحتها ٣١٩,٨٨ كم^٢، بنسبة ٠,١٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتظهر المنطقة التي تراوحت كمية أمطارها السنوية خلال هذه المدة بين ١٥٠-٢٠٠ ملم سنوياً جنوب غرب منطقتي جازان وعسير وغرب منطقة الباحة وجنوب شرق منطقة مكة المكرمة وشمال ووسط الساحل الشرقي في منطقة الشرقية بمساحة بلغت ٢١٠٦٢,٨١ كم^٢، بنسبة ١٠,٩% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (٢) : توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (MERRA-2 Model).

ويظهر الشكل السابق رقم (٢) وقوع المنطقة التي تراوحت فيها كمية الامطار السنوية بين ١٥٠-١٠٠ ملم سنوياً جنوب غرب منطقتي عسير ومكة المكرمة بمساحة بلغت ٥٩٧٣٧,٨٨ كم^٢، بنسبة ٣٠,٩١% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية. وتقع المنطقة التي تراوحت فيها كمية الامطار السنوية بين ١٠٠-٥٠ ملم سنوياً جنوب غرب منطقة مكة المكرمة وجنوب غرب منطقة المدينة المنورة وجنوب الساحل الشرقي بمنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٣٩٦٠٤,٧٥ كم^٢، بنسبة ٢٠,٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية. وبرزت المنطقة التي تقل فيها كمية الامطار السنوية عن ٥٠ ملم سنوياً بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م) غرب وشمال غرب المملكة بمنطقتي المدينة المنورة ومنطقة تبوك بمساحة بلغت ٧٢٤٩٤,٢٥ كم^٢، بنسبة ٣٧,٥٢% من

إجمالي مساحة المنطقة الساحلية. وتظهر نتائج حساب العلاقة بين متغير كمية الامطار السنوية والمساحة وجود علاقة ارتباط عكسية قوية جدا ٠,٨٨ أي كلما زادت كمية الامطار قلت المساحة والعكس.

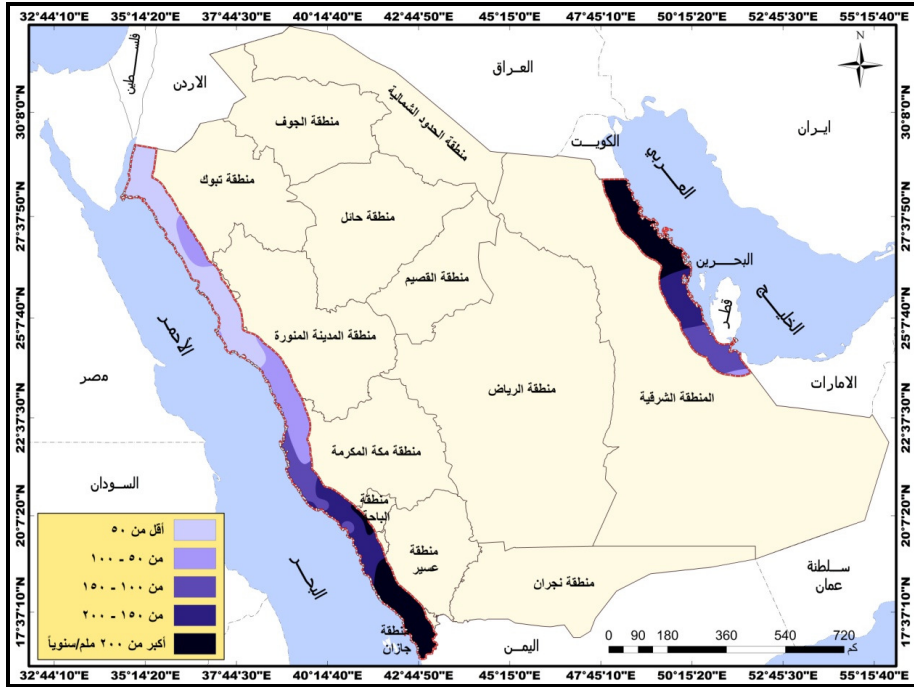
ب- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م):

تبين نتائج تحليل توزيع كمية الأمطار السنوية في سواحل المملكة تركز أعلى معدلات الأمطار السنوية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) في سواحل منطقتي جازان وعسير جنوب غرب المملكة، وبرزت أدنى معدلات الأمطار خلال هذه المدة في المناطق الساحلية بمناطق تبوك شمال غرب المملكة، وسواحل منطقة المدينة المنورة غرب المملكة، والسواحل الشمالية الغربية لمنطقة مكة المكرمة، وجنوب المنطقة الساحلية على الخليج العربي بمنطقة الشرقية.

وبذلك تراوحت كمية الامطار السنوية خلال هذه المدة بين ٧,٤٥ ملم بزيادة عن المدة السابقة الممتدة بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م) بنحو ٦,٠٣ ملم الى ٣٧٩,٨ ملم، بزيادة عن المدة السابقة بلغت ١٧٠,٤٢ ملم، وبلغ المتوسط السنوي لكمية الامطار بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) نحو ١٣٩,٤٣ ملم، وبالتالي بلغت الزيادة السنوية في متوسط كمية الامطار عن المدة السابقة نحو ٥٩,٣٩ ملم، وبلغت قيمة الانحراف المعياري لتوزيع الامطار خلال هذه المدة ٩٠,٤٧ ملم سنوياً، وبذلك تؤكد نتائج تحليل توزيع الامطار خلال هذه المدة ان المناطق الساحلية كانت اكثر مطرا وأقل جفافاً من المدة الممتدة بين عامي (١٩٩٠-١٩٨٠م)، ومما سيدعم ذلك زيادة مساحة المناطق الاكثر مطراً، وتراجع مساحة المناطق الاقل مطرا.

ويوضح الشكل رقم (٣) وقوع المنطقة التي تجاوزت كمية امطارها ٢٠٠ ملم سنويا جنوب غرب منطقتي جازان وعسير وغرب منطقة الباحة

وتغطي كذلك المنطقة الشمالية من سواحل المنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٥١٠٧٢,٠٦ كم^٢، بنسبة ٢٦,٤٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وزادت مساحة هذا النطاق عن المدة السابقة بنحو ٥٠٧٥٢,١٨ كم^٢. وتظهر المنطقة التي تراوحت كمية امطارها السنوية بين ٢٠٠-١٥٠ ملم سنوياً خلال هذه المدة جنوب غرب منطقتي مكة المكرمة والباحة جنوب غرب المملكة، وفي المنطقة الوسطي من الساحل الشرقي في منطقة الشرقية بمساحة بلغت ٣٢٩٣٨ كم^٢، بنسبة ١٧,٠٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية في المملكة، وبذلك زادت مساحة هذا النطاق عن المدة السابقة بنحو ١١٨٧٥,١٩ كم^٢.



شكل (٣) : توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (MERRA-2 Model).

ويظهر الشكل السابق رقم (٣) وقوع المنطقة التي تراوحت كمية امطارها السنوية بين ١٥٠-١٠٠ ملم في المنطقة الساحلية الممتدة وسط منطقة مكة المكرمة على البحر الاحمر، وفي الجزء الجنوبي الاوسط من المنطقة الساحلية الممتدة على الخليج العربي بمساحة بلغت ٢٥,٢٥ ٢٦٧١٠ كم^٢، بنسبة ١٣,٨٢% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وبذلك تراجعت مساحة هذا النطاق عن المدة السابقة بنحو ٣٣٠,٢٧,٦٣ كم^٢.

وتقع المنطقة التي تراوحت كمية الامطار السنوية فيها بين ١٠٠-٥٠ ملم سنوياً شمال غرب المنطقة الساحلية بمنطقة مكة المكرمة و جنوب غرب المنطقة الساحلية بمنطقة المدينة المنورة و جنوب الساحل الشرقي ووسط ساحل منطقة تبوك وأقصى جنوب ساحل المنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٣٢٢٩٥,٣٨ كم^٢، بنسبة ١٦,٧١% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، لتتراجع مساحة هذا النطاق عن المدة السابقة بنحو ٧٣٠,٩,٣٧ كم^٢.

وبرزت المنطقة التي قلت كمية امطارها السنوية عن ٥٠ ملم غرب و شمال غرب المنطقة الساحلية بمنطقة المدينة المنورة وفي المنطقة الساحلية لمنطقة تبوك بمساحة بلغت ٥٠٢٠٣,٨٨ كم^٢، بنسبة ٢٥,٩٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وعليه فقد تراجعت مساحة هذا النطاق عن المدة السابقة بنحو ٢٢٢٩٠,٣٧ كم^٢. وتظهر نتائج حساب العلاقة بين متغير كمية الامطار السنوية والمساحة وجود علاقة ارتباط طردية ضعيفة ليس لها دلالة احصائية بين المتغيرين ٠,٣.

ج- التحليل المكاني لاتجاه تغير الأمطار بين (١٩٨٠-١٩٩٠م) -
(١٩٩٠-٢٠٠٠م).

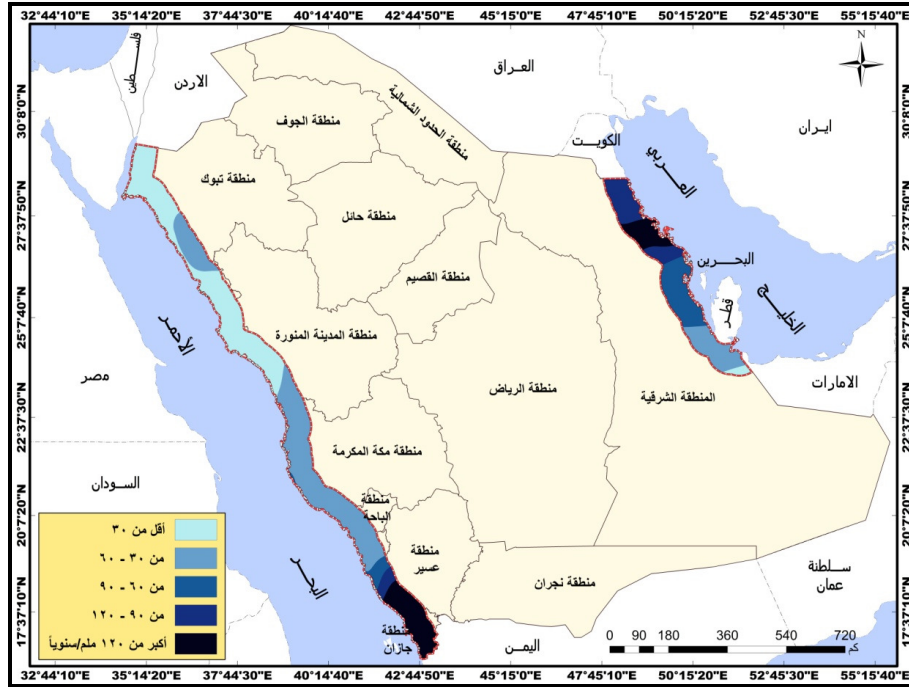
توصلت نتائج تحليل اتجاه التغير في كمية الامطار الساحلية في المملكة العربية السعودية بين المرحلتين الاولى الممتدة بين عامي (١٩٨٠-

١٩٩٠م) والثانية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) تعرض جميع المناطق الساحلية الشرقية والغربية من المملكة لزيادة متفاوتة في كمية الأمطار، حيث تراوحت كمية الزيادة السنوية في كمية الامطار بين ٦ ملم الى ١٧٠,٣ ملم، وبلغ المتوسط السنوي لتغير كمية امطار المناطق الساحلية نحو ٥٧,٣ ملم، وبلغت قيمة الانحراف المعياري لتغير توزيع الامطار بين المرحتين ٤١,٨ ملم سنوياً، مما يعني وجود تجانس نسبي في تغير توزيع الامطار بين مختلف المناطق.

يوضح الشكل رقم (٤) وقوع المنطقة التي تجاوزت كمية الزيادة السنوية في امطارها بين المرحتين ١٢٠ ملم جنوب غرب منطقتي جازان وعسير وتغطي ساحل محافظتي الجبيل والنعيرية بالمنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٢٥٦١٩,٢٥ كم^٢، بنسبة ١٣,٢٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتبرز المنطقة التي تراوحت كمية الزيادة السنوية في امطارها بين المرحتين بين ٩٠-١٢٠ ملم سنوياً في ساحل محافظتي محايل والبرك بمنطقة عسير جنوب غرب المملكة، وساحل محافظات راس تنورة والقطيف والجبيل شمال شرق المملكة، بمساحة بلغت ١٨٤٧٤,٨٨ كم^٢، بنسبة ٩,٥٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتقع المنطقة التي تراوحت الزيادة السنوية في امطارها بين المرحتين بين ٩٠-٦٠ ملم في المنطقة الساحلية بمحافظة البرك ومحايل بمنطقة عسير ومحافظة القنفذة وجنوب غرب محافظة جدة بمنطقة مكة المكرمة على البحر الاحمر، ويمتد من محافظة راس تنورة والدمام والخبر وبقيق حتى محافظة العديد بمنطقة الشرقية على الخليج العربي بمساحة بلغت ٢٠٧٨٤,١٣ كم^٢، بنسبة ١٠,٧٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (٤) : اتجاه تغير الأمطار السنوية بين عامي (١٩٨٠-٢٠٠٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (MERRA-2 Model).

وتقع المنطقة حيث تراوحت الزيادة السنوية في امطارها بين المرحلتين بين ٣٠-٦٠ ملم سنوياً غرب منطقتي الباحة ومنطقة مكة المكرمة و جنوب غرب منطقتي المدينة المنورة وتبوك، وشمال محافظة العديد في المنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٧٢٥٩١,٥٦ كم^٢، بنسبة ٣٧,٥٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وبرزت المنطقة التي قلت فيها كمية الزيادة السنوية في الامطار بين المرحلتين عن ٣٠ ملم غرب منطقتي المدينة المنورة وتبوك بمساحة غرب وشمال غرب المملكة، ووسط محافظة العديد في الساحل الشرقي بمساحة بلغت ٥٥٧٤٩,٧٥ كم^٢، بنسبة ٢٨,٥٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

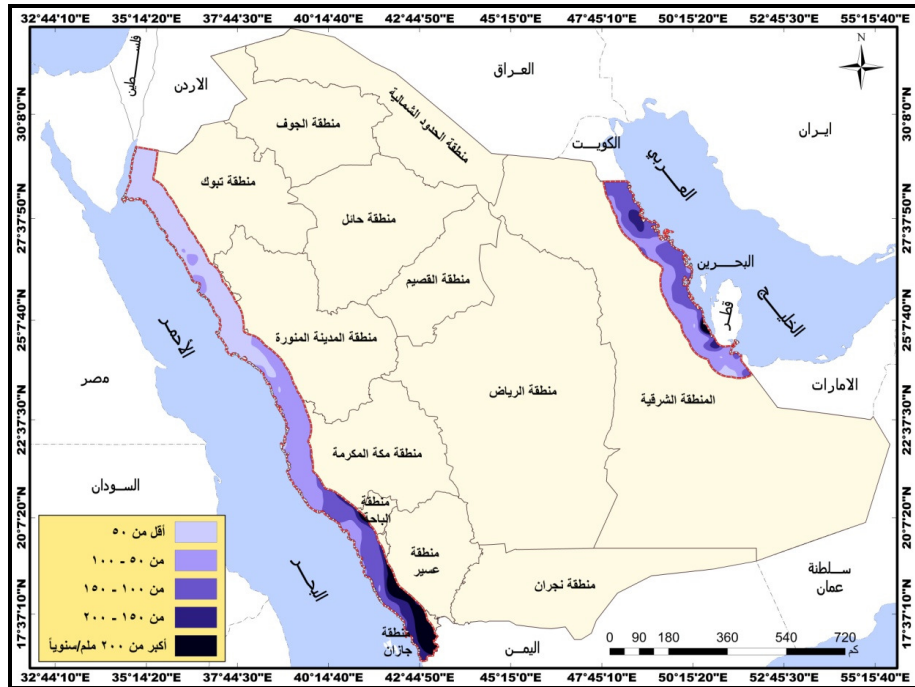
د- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م):

تبين نتائج تحليل توزيع كمية الأمطار السنوية في سواحل المملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م) تركيز الأمطار السنوية العالية في المناطق الداخلية من سواحل منطقتي جازان وعسير، وفي الأجزاء الغربية من منطقة الباحة جنوب غرب المملكة، وشمال محافظة العديد، وجنوب محافظة الخفجي، وشمال شرق محافظة النعيرية في المنطقة الساحلية شرق المملكة وبرزت المناطق الأقل مطراً خلال هذه المدة في المناطق الساحلية: شمال غرب وغرب المملكة بمنطقتي: تبوك، والمدينة المنورة، وفي الأجزاء الداخلية من المنطقة الساحلية بمحافظة العديد على الخليج العربي.

بناء على نتائج التحليل المكاني لتوزيع الامطار فقد تراوحت كمية الامطار السنوية خلال هذه المدة بين ٧,٩٦ ملم بزيادة عن المرحلة السابقة الممتدة بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) بنحو ٠,٥١ ملم الى ٥٠٩,٢ ملم، بزيادة عن المرحلة السابقة بلغت ١٢٩,٤ ملم. وبلغ متوسط كمية الامطار بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م) نحو ٨٧,٠٦ ملم، وبالتالي فقد تراجع زيادة متوسط كمية الامطار عن المدة السابقة بنحو ٢٧,٦٧ ملم، وبلغت قيمة الانحراف توزيع الامطار عن المتوسط ٥٧,٦ ملم سنوياً.

على بالرغم من أن نتائج تحليل توزيع الأمطار بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م) أكدت ارتفاع الحدين الأدنى والأعلى لكمية الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة عن المرحلة السابقة، إلا أن المتوسط المكاني لتوزيع كمية الأمطار السنوية خلال هذه المرحلة كان أقل مما كان عليه في المرحلة السابقة، ما يعني أن غالبية المناطق الساحلية كانت أكثر جفافاً وأقل مطراً من المرحلة السابقة، الأمر الذي سيبرز بوضوح من خلال تراجع مساحة المناطق الأكثر مطراً، وزيادة مساحة المناطق الأقل مطراً بين المرحلتين.

وبذلك يوضح شكل رقم (٥) وقوع المنطقة التي تجاوزت كمية امطارها ٢٠٠ ملم سنوياً في المناطق الداخلية بمحاذاة سواحل منطقتي جازان وعسير وغرب منطقة الباحة، وشمال شرق ساحل العديد بالمنطقة الشرقية بمساحة بلغت ١٢٠١٠,٦٩ كم^٢، بنسبة ٦,٢١% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وبذلك تراجعت مساحة الاكثر مطراً عن المرحلة السابقة بنحو ٣٩٠٦١,٣٧ كم^٢.



شكل (٥) : توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (TRMM).

وتبرز المنطقة التي تراوحت كمية امطارها السنوية بين ١٥٠-٢٠٠ ملم سنوياً خلال هذه المرحلة جنوب غرب منطقة جازان وفي المناطق المحاذية للساحل بمحافظات رجال المع ومحابيل والبرك بمنطقة عسير وغرب منطقة

الباحة وفي محافظتي اضم والليث بمنطقة مكة المكرمة جنوب غرب المملكة، ويبرز هذا النطاق كذلك شمال شرق محافظة النعيرية وجنوب شرق محافظة الخفجي وشمال شرق محافظة العديد في الساحل الشرقي بمساحة بلغت ١١٢٩٦,٩٤ كم^٢، بنسبة ٥,٨٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية بالمملكة، وبذلك تراجعت مساحة هذا النطاق عن المرحلة السابقة بنحو ٢١٦٤١,٠٦ كم^٢.

ويوضح الشكل السابق وقوع المنطقة التي تراوحت كمية امطارها السنوية بين ١٥٠-١٠٠ ملم بمحاذاة المنطقة الساحلية لمنطقتي عسير وجازان وغرب منطقة الباحة وفي محافظات القنفذة والليث وبحرة في منطقة مكة المكرمة على البحر الأحمر، وتبرز في مناطق متفرقة بالمنطقة الساحلية للخليج العربي بمساحة بلغت ٤٥٥٦٥,١٣ كم^٢، بنسبة ٢٣,٥٩% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وبذلك فقد زادت مساحة هذا النطاق عن المرحلة السابقة بنحو ١٨٨٥٤,٨٨ كم^٢.

وتظهر المنطقة حيث تراوحت كمية الامطار بين ١٠٠-٥٠ ملم سنوياً جنوب غرب وغرب وشمال غرب المنطقة الساحلية بمنطقة مكة المكرمة وجنوب غرب محافظتي بدر وينبع بمنطقة المدينة المنورة، وفي اجزاء صغيرة بمحافظتي الوجه واملج بساحل منطقة تبوك، وتبرز هذه المنطقة كذلك في الاجزاء الوسطى والداخلية لساحل الخليج العربي بمساحة بلغت ٦٧٥٠٧,٦٩ كم^٢، بنسبة ٣٤,٩٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، لتزداد مساحة هذه المنطقة عن المرحلة السابقة بنحو ٣٥٢١٢,٣١ كم^٢.

وتقع المنطقة التي قلت كمية امطارها السنوية عن ٥٠ ملم غرب وشمال غرب المنطقة الساحلية في المملكة بمنطقتي تبوك والمدينة المنورة وشمال غرب محافظة جدة بمنطقة مكة المكرمة، وفي الاجزاء الداخلية البعيدة من خط الساحل بمحافظة العديد، بمساحة بلغت ٥٦٨٣٩,١٣ كم^٢، بنسبة ٢٩,٤١% من

إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وعليه زادت مساحة هذا النطاق المطري عما كان عليه في المرحلة السابقة بنحو ٦٦٣٥,٢٥ كم^٢. وتظهر نتائج معامل ارتباط بيرسون بين متغير كمية الامطار السنوية والمساحة وجود علاقة ارتباط عكسية قوية جدا ليس لها دلالة احصائية بين المتغيرين ٠,٨٣.

هـ- التحليل المكاني لاتجاه تغير الأمطار بين (١٩٩٠-٢٠٠٠م) - (٢٠١٠-٢٠٠٠م).

توصلت نتائج تحليل الاتجاه العام لتغير كمية أمطار المناطق الساحلية في المملكة العربية السعودية بين المرحلتين الأولى الممتدة بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م)، والثانية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م) اختلاف شكل التغيرات في كمية الأمطار، حيث شهدت بعض المناطق الساحلية زيادة متفاوتة في كمية الأمطار، وشهدت مناطق أخرى تراجع أو انخفاض في كمية الأمطار بين المرحلتين.

وعليه فقد تراوحت تغيرات كمية الامطار بين -٢٠٥,٩٣ ملم، وهذا يعني ان بعض المناطق الساحلية شهدت تراجع او عجز في هطول الامطار بمقدار ٢٠٦ ملم، كما هو الحال في المناطق المحاذية لخط الساحل بمحافظات احد المسارحة وجيزان وصيبا وبيش والدرب بمنطقة جازان، وكذلك في المناطق المحاذية لخط الساحل رجال المع ومحائل والبرك بمنطقة عسير، وفي عدد من المحافظات بمنطقة مكة المكرمة، وفي المناطق البعيدة من خط الساحل بمحافظتي الوجة وضياء في منطقة تبوك، وتظهر التغيرات السالبة كذلك لكمية الامطار في المناطق الداخلية ووسط وشمال شرق ساحل الخليج العربي، الى ٣٥٩,٨٤ ملم سنوياً لظهرت التغيرات الموجبة لكمية الامطار بين هاتان المرحلتان في اجزاء داخلية صغيرة بمنطقة جازان ومكة

المكرمة وشمال غرب منطقة المدينة المنورة وجنوب غرب منطقة تبوك وفي مناطق صغيرة متفرقة جنوب ساحل الخليج العربي.

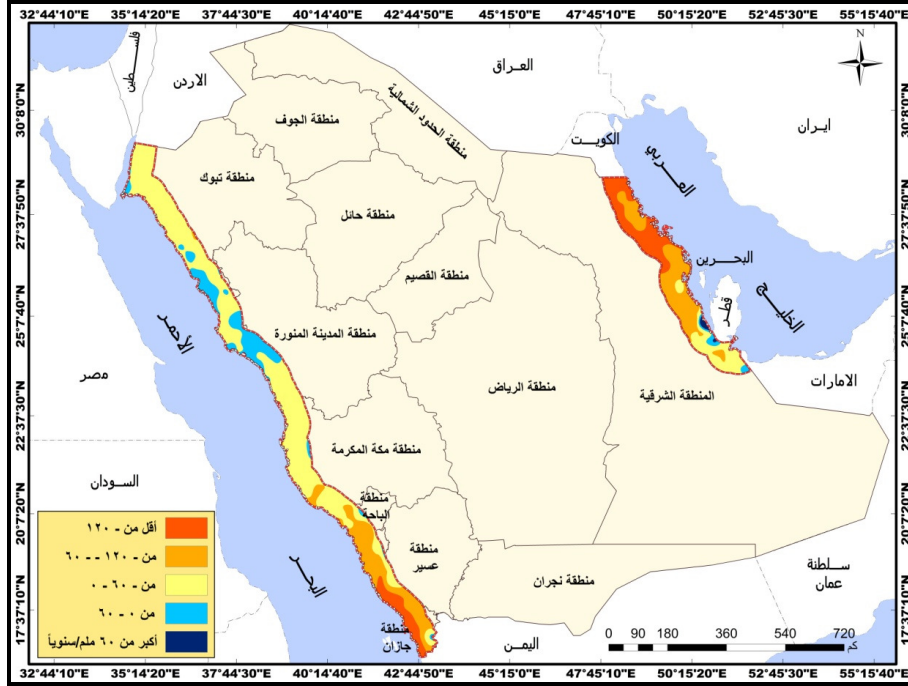
وعليه بلغ المتوسط السنوي لتغير كمية امطار المناطق الساحلية في المملكة بين هاتين المرحلتين نحو -٥٤,٠٣ ملم، مما يعني ان هناك عجز في متوسط كمية الامطار مقارنة بالمرحلتين السابقتين (١٩٨٠-١٩٩٠م) - (١٩٩٠-٢٠٠٠م) بمقدار -١١١,٣٣ ملم، وبلغت قيمة الانحراف المعياري لتوزيع تغير الامطار بين المرحلتين ٥٠,٩ ملم سنوياً، مما يعني تبعثر تغير توزيع الامطار بين مختلف المناطق.

ويوضح شكل رقم (٦) وقوع المنطقة التي تجاوزت كمية الزيادة في امطارها بين المرحلتين (١٩٩٠-٢٠٠٠م) - (٢٠١٠-٢٠٠٠م) نحو ٦٠ ملم شمال شرق محافظة العديد بالمنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٧٧٢,٧٥ كم^٢، بنسبة ٠,٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وبالتالي فقد تراجعت مساحة هذه المنطقة مقارنة بمرحلة التغير السابقة بنحو ٦٤١٠,٥١ كم^٢.

وتظهر المنطقة التي تراوحت زيادة الامطار السنوية بين المرحلتين بين ٠ - ٦٠ ملم سنوياً شمال غرب منطقة المدينة المنورة وجنوب غرب وشمال غرب منطقة تبوك بمدخل خليج العقبة وفي محافظة الجموم بمنطقة مكة المكرمة وغرب منطقة الباحة وجنوب شرق المنطقة الساحلية بمنطقة جازان جنوب غرب المملكة، كما تبرز بمناطق صغيرة متفرقة جنوب المنطقة الساحلية على الخليج العربي، بمساحة بلغت ٢٠٦٦٧,٥٦ كم^٢، بنسبة ١٠,٧% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، لتتراجع مساحة هذه المنطقة عن المرحلة السابقة بمقدار ١٠٧٦٧٣,٧٥ كم^٢.

وتبرز المنطقة التي تراوحت تغيرات الامطار فيها بهاتين المرحلتين بين ٠ - - ٦٠ ملم في المنطقة الساحلية شمال غرب المملكة بمنطقة تبوك، وجنوب شرق منطقة المدينة المنورة، وشمال غرب منطقة مكة المكرمة وفي المناطق

الداخلية من الساحل بمنطقتي عسير وجازان، وبرز هذا التغير أيضا جنوب ساحل الخليج العربي شمال شرق محافظة العديد بالمنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٩٨٨٩٣,١٩ كم^٢، بنسبة ٥١,١٩% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (٦) : اتجاه تغير الأمطار السنوية بين عامي (١٩٩٠-٢٠١٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (TRMM، MERRA-2 Model).

وتقع المنطقة التي تراوحت تغيرات امطارها السنوية بين المرحلتين بين ٦٠- - ١٢٠ ملم سنوياً في المناطق الداخلية البعيدة من خط الساحل بمنطقتي عسير وجازان وغرب منطقة الباحة وجنوب غرب منطقة مكة المكرمة على ساحل البحر الأحمر، وشمال شرق ووسط المنطقة الشرقية على ساحل الخليج العربي بمساحة بلغت ٤٦٥٦٣,٠٦ كم^٢، بنسبة ٢٤,٠٩% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وبرزت المنطقة التي شهدت اعلى تغيرات سنوية سالبة لكمية الامطار بين المرحلتين باقل من -١٢٠ ملم جنوب غرب المملكة في المناطق المحاذية لخط ساحل منطقتي عسير وجازان وجنوب غرب منطقة مكة المكرمة، ووسط وشمال شرق الساحل الشرقي بالمناطق الداخلية بمساحة بلغت ٢٦٣٢٣ كم^٢، بنسبة ١٣,٦٢% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

و- التحليل المكاني لتوزيع الأمطار بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م):

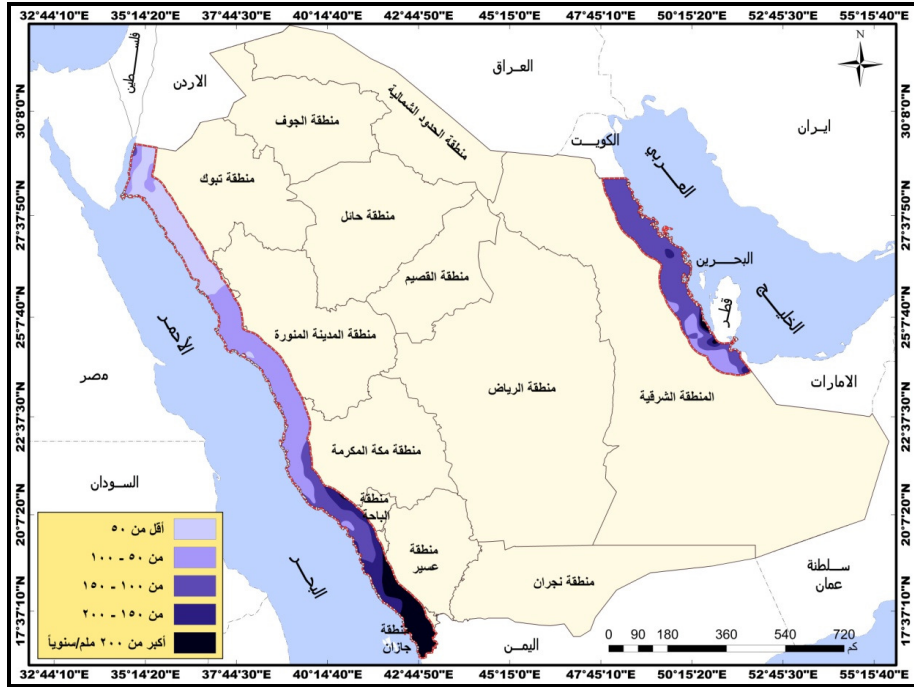
أكدت نتائج التحليل المكاني لتوزيع كمية الامطار السنوية في المناطق الساحلية بالمملكة بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) تركيز الكميات الكبيرة لكمية الامطار السنوية في المناطق الداخلية لسواحل منطقتي جازان وعسير، وبرزت اقل كميات الامطار السنوية في المناطق الساحلية غرب وشمال غرب المملكة بمناطق مكة المكرمة والمدينة المنورة وفي تبوك، وفي المناطق الداخلية البعيدة من خط الساحل على ساحل الخليج العربي.

وعليه فقد تراوحت حدود كمية الامطار السنوية خلال هذه المدة بين ٢٩,١٢ ملم كحد ادنى بزيادة عن المرحلة السابقة الممتدة بين عامي (٢٠١٠-٢٠٠٠م) بنحو ٢١,١٦ ملم سنويا الى ٤٥٥,٢٧ ملم، ليتراجع الحد الاعلى لكمية الامطار عن المرحلة السابقة بنحو ٥٣,٩٣ ملم. وبلغ متوسط كمية الامطار بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) نحو ١٠٨,٣٣ ملم، وبالتالي زاد متوسط كمية الامطار عن المدة السابقة بنحو ٢١,٢٧ ملم، وبلغت قيمة تبعثر توزيع كمية الامطار عن متوسطها ٦٧,٢٦ ملم سنوياً.

وبذلك اكدت نتائج تحليل توزيع الامطار بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) ارتفاع الحد الادنى وانخفاض الحد الاعلى لكمية الامطار في المناطق الساحلية للمملكة عن المرحلة السابقة، كما اكدت النتائج ارتفاع المتوسط المكاني لتوزيع كمية الامطار السنوية خلال هذه المرحلة عما كان عليه في المرحلة السابقة،

مما يعني ان غالبية المناطق الساحلية اتصف بكمية امطار اعلى وجفاف اقل من المرحلة السابقة، وسيظهر هذا التوجه من خلال زيادة مساحة المناطق الاكثر مطراً، وتراجع مساحة المناطق الاقل مطراً بين المرحلتين.

وبذلك يوضح شكل رقم (٧) وقوع المنطقة التي تجاوزت كمية امطارها ٢٠٠ ملم سنوياً جنوب غرب المملكة في منطقة جازان وفي المناطق الداخلية بمحاذاة ساحل عسير، وفي مناطق صغيرة جدا شمال شرق محافظة العديد بالمنطقة الشرقية بمساحة بلغت ١٨٦٧٣,٢٥ كم^٢، بنسبة ٩,٦٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وبذلك زادت مساحة المناطق الاكثر مطراً عن المرحلة السابقة بنحو ٦٦٦٢,٥٦ كم^٢.



شكل (٧) : توزيع كمية الأمطار السنوية بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (TRMM).

وتقع المنطقة حيث تراوحت كمية الامطار بين ٢٠٠-١٥٠ ملم سنوياً خلال هذه المرحلة شمال غرب منطقة جازان وجنوب غرب منطقة عسير وغرب الباحة وفي المناطق الداخلية بساحل منطقة مكة المكرمة وفي راس تنورة والجبيل والقطيب ومناطق متفرقة بمحافظة العديد على ساحل الخليج العربي بمساحة بلغت ١٥٣٦٩,١٩ كم^٢، بنسبة ٧,٩٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية بالمملكة، وبذلك زادت مساحة هذا النطاق المطري عن المرحلة السابقة بنحو ٤٠٧٢,٢٥ كم^٢.

وتقع المنطقة التي تراوحت كمية امطارها السنوية بين ١٥٠-١٠٠ ملم كما يظهر الشكل السابق بمحاذاة المنطقة الساحلية وفي المناطق البعيدة من ساحل منطقة مكة المكرمة على ساحل البحر الأحمر، وتبرز شمال ووسط وجنوب المنطقة الساحلية للخليج العربي بمساحة بلغت ٦١٨٨٧,٩٤ كم^٢، بنسبة ٣٢,٠٣% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وبذلك فقد زادت مساحة هذا النطاق عن المرحلة السابقة بنحو ١٦٣٢٢,٨١ كم^٢.

وتظهر المنطقة التي تراوحت كمية الامطار بين ١٠٠-٥٠ ملم سنوياً شمال غرب منطقة مكة المكرمة وجنوب غرب منطقة المدينة المنورة وفي محافظتي حقل والبدع شمال غرب منطقة تبوك، وفي الاجزاء الداخلية من المناطق الساحلية بالخليج العربي بمساحة بلغت ٦٣٦٤٥,١٣ كم^٢، بنسبة ٣٢,٩٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وعليه فقد تراجعت مساحة هذه المنطقة عن المرحلة السابقة بنحو ٣٨٦٢,٥٦ كم^٢.

وتبرز المنطقة التي قلت كمية الامطار السنوية فيها عن ٥٠ ملم شمال غرب المملكة بمنطقة تبوك وشمال غرب وغرب محافظة ينبع بمنطقة المدينة المنورة، بمساحة بلغت ٣٣٦٤٤,٠٦ كم^٢، بنسبة ١٧,٤١% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية، وعليه فقد تراجعت مساحة هذا النطاق

المطري عن المرحلة السابقة بنحو ٢٣١٩٥,٠٧ كم^٢. وتظهر نتائج معامل ارتباط بيرسون بين متغير كمية الامطار السنوية والمساحة وجود علاقة ارتباط عكسية قوية جدا ليس لها دلالة احصائية بين المتغيرين -٠,٥٦.

ز- التحليل المكاني لاتجاه تغير الأمطار بين (٢٠٠٠-٢٠١٠م) -
(٢٠١٠-٢٠٢٠م).

توصلت نتائج تحليل اتجاه تغير كمية امطار المناطق الساحلية في المملكة العربية السعودية بين المرحلتين الاولى الممتدة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م)، والثانية بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) اختلاف شكل تغيرات كمية الامطار حيث شهدت بعض المناطق الساحلية زيادة متباينة في كمية الأمطار، وشهدت اخرى تراجع في كمية الامطار بين المرحلتين.

وبذلك تراوحت تغيرات كمية الامطار بين -٦٩,٠٣ ملم، وهذا يعني ان بعض المناطق الساحلية شهدت عجز في هطول الامطار بين المرحلتين لكن الحد الادنى للتغير في هذه الفترة اعلى منه في الفترة السابقة بمقدار ١٣٦,٩ ملم، وتبرز المناطق التي شهدت تغير سلبي في كمية الامطار في محافظتي الوجه وضباء بمنطقة تبوك شمال غرب المملكة وتظهر ايضا في محافظات بدر وينبع ووادي الفرع بمنطقة المدينة المنورة وفي محافظات رابع وخليص ومكة في منطقة مكة المكرمة وجنوب غرب منطقة الباحة ومحافظه محايل في عسير وكذلك في محافظات الخنجي والنعيرية والجبيل والعديد في الساحل الشرقي على الخليج العربي، الى ١٠٦,٤٥ ملم سنوياً، وهو بذلك اقل من الحد الاعلى للتغير في المرحلة السابقة بنحو ٢٥٣,٣٩ ملم، وتظهر تغيرات الامطار الموجبة في اغلب المناطق الساحلية الغربية والشرقية بالذات جنوب غرب المملكة بمناطق جازان وعسير وجنوب غرب منطقة

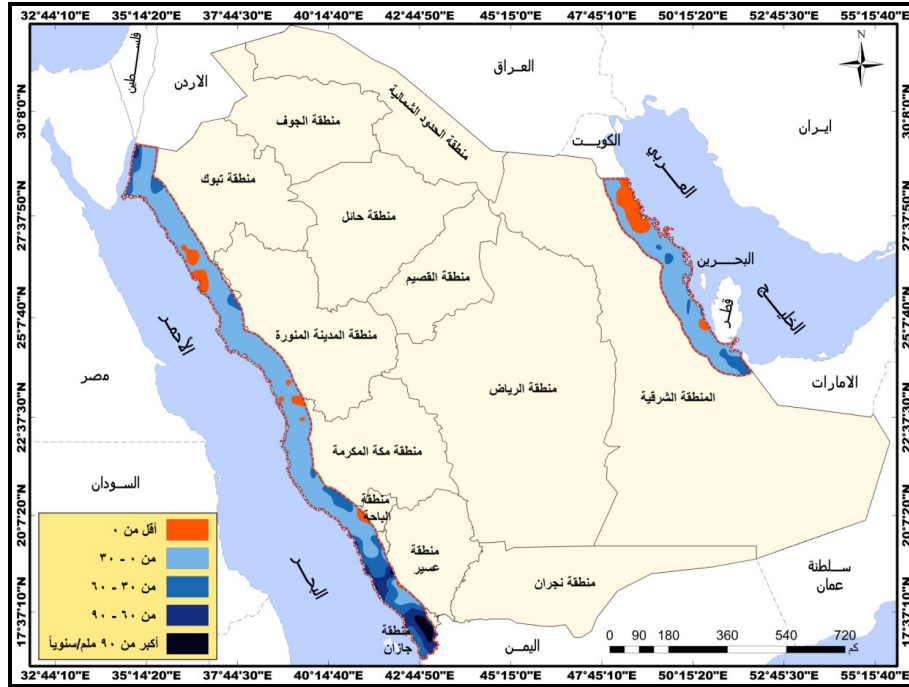
مكة المكرمة وشمال غرب منطقة المدينة تبوك وفي مناطق متفرقة جنوب ووسط ساحل الخليج العربي.

وعليه بلغ المتوسط السنوي لتغير كمية امطار المناطق الساحلية في المملكة بين هاتين المرحلتين نحو ٢٠,٤٣ ملم، مما يعني ان هناك زيادة في تغير متوسط كمية الامطار مقارنة بالمرحلة السابقة بمقدار ٧٤,٤٦ ملم، وبلغت قيمة انحراف توزيع تغير كمية الامطار عن المتوسط نحو ٢١,٠٦ ملم سنوياً، واقترب قيمتي المتوسط والانحراف تعني تجانس كبير في تغير توزيع الامطار بين مختلف المناطق الساحلية.

ويوضح شكل رقم (٨) ان المنطقة التي شهدت تغير ايجابي لكمية الامطار بين المرحلتين (٢٠٠٠-٢٠١٠م) - (٢٠١٠-٢٠٢٠م) بأكثر من ٩٠ ملم تقع وسط المنطقة الساحلية بمنطقة جازان وفي مناطق صغيرة جدا بمنطقة عسير جنوب غرب المملكة وفي محافظتي حقل والبدع شمال غرب منطقة تبوك على ساحل خليج العقبة بمساحة بلغت ٢٧٠٣,٣٨ كم^٢، بنسبة ١,٣% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتبرز المنطقة التي تراوحت تغيرات امطارها السنوية بين المرحلتين بين ٦٠-٩٠ ملم سنوياً وسط وغرب منطقة جازان وفي ساحل منطقة عسير وفي محافظة حقل بمنطقة تبوك، بمساحة بلغت ٩٤٦٦,٤٣٨ كم^٢، بنسبة ٤,٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتغطي المنطقة التي تراوحت تغيرات الامطار فيها بين ٦٠-٣٠ ملم في المنطقة الساحلية جنوب غرب منطقة جازان وغرب منطقة عسير وجنوب غرب ووسط منطقة مكة المكرمة وشمال غرب منطقة تبوك شمال غرب المملكة، وبرزت هذه التغيرات ايضا جنوب وفي اجزاء متفرقة وسط الساحل الشرقي بمساحة بلغت ٢٦٦١٦,٠٦ كم^٢، بنسبة ١٣,٧٧% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (٨) : اتجاه تغير الأمطار السنوية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيتي القمر الصناعي (TRMM).

وتقع المنطقة التي تغير للأمطار بين المرحلتين بين ٣٠ - ٠ ملم سنوياً في المناطق الداخلية البعيدة من خط الساحل بمنطقتي عسير غرب منطقة الباحة وجنوب غرب وغرب منطقة مكة المكرمة وغرب منطقتي المدينة المنورة وتبوك على ساحل البحر الأحمر، وتبرز في اغلب المناطق الداخلية والساحلية على ساحل الخليج العربي بمساحة بلغت ١٣٧٤٩٨ كم^٢، بنسبة ١٦,٧١% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتبرز المنطقة التي شهدت اعلى تغيرات سالبة لكمية الامطار بين المرحلتين بأقل من صفر ملم في محافظتي الوجه وضباء بمنطقة تبوك وبمحافظة بدر وينبع ووادي الفرع في المدينة المنورة وبمحافظة رابغ وخليص ومكة في منطقة مكة المكرمة ومحافظه محايل في عسير

ومحافظات الخججي والنعبرية والجبيل والعديد في الساحل الشرقي على الخليج العربي بمساحة بلغت ١٦٩٣٥,٦٩ كم^٢، بنسبة ٨,٧٧% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

٢) الآثار البيئية لتباين وتغير الأمطار في المنطقة:

أ- انتشار الغبار في الغلاف الجوي:

يرتبط انتشار وتركز الغبار بعدة متغيرات بيئية مكانية منها تباين توزيع وتغير كمية الامطار من منطقة الى أخرى ومن مدة الى أخرى، وعليه أكدت نتائج تحليل توزيع الغبار في المناطق الساحلية بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م) تراوح حدود تركز الغبار خلال هذه المدة بين ٠,٠١٧ كج/م^٢ كحد ادنى الى ٠,٠٥٤ كج/م^٢ كحد أعلى، بمتوسط للغبار على المستوى المكاني للمنطقة الساحلية بالمملكة بلغ نحو ٠,٠٣٤ كج/م^٢، وبلغت قيمة انحراف توزيع كمية الغبار عن المتوسط ٠,٠١٢ كج/م^٢.

وبذلك تركزت اعلى معدلات الغبار في المناطق الساحلية والداخلية الوسطى من المنطقة الساحلية الممتدة على الخليج العربي، وتتصف هذه المناطق بتراوح كمية الامطار خلال هذه المدة ١٧٠ - ٦٠ ملم سنوياً، وتركزت أقل كميات الغبار بالمناطق الساحلية شمال غرب المملكة بمنطقة تبوك، وتتصف هذه المنطقة بقلة كمية الامطار التي تراوحت خلال هذه المدة بين ٥٢ - ١٥ ملم سنوياً.

وتوصلت نتائج كشف علاقة متغير انتشار الغبار بالأمطار عدم تأثير الامطار في تلوث هواء المناطق الساحلية بالغبار PM 2.5، ومما يؤكد ذلك بلغت العلاقة بينهما ٠,٤٣، وتتصف هذه العلاقة بوجود دلالة احصائية عند مستوى ٠,٠١، مما يعني ارتباط تلوث الهواء بالغبار بمتغيرات أخرى اقليمية كسرعة حركة الرياح.

يوضح شكل رقم (٩) وقوع المنطقة التي تجاوز انتشار الغبار في الغلاف الجوي ٠,٠٥ كج/م^٢ سنوياً في المنطقة الساحلية الشرقية غرب ووسط محافظة العديد وشرق محافظة الاحساء وغرب محافظتي الدمام والقطيف ووسط وشرق محافظتي بقيق والجبيل شرق وشمال شرق محافظة النعيرية وشرق وجنوب شرق محافظة الخفجي، بمساحة بلغت ٤١٢٠٣,١٩ كم^٢، بنسبة ٢١,٣٣% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (٩) : انتشار الغبار في الغلاف الجوي بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (MERRA-2 Model).

وتقع المنطقة حيث تراوح انتشار الغبار في الهواء بين ٠,٠٤ - ٠,٠٥ كج/م^٢ سنوياً شرق وشمال شرق وجنوب شرق الساحل الشرقي ضمن محافظات رأس تنورة والقطيف والدمام والخبر وشمال شرق الخفجي وشرق

ووسط محافظة العديد بمساحة بلغت ١٥٠٦٢,٦٣ كم^٢، بنسبة ٧,٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية بالمملكة.

وتمتد المنطقة حيث تراوح انتشار الغبار بين ٠,٠٤ - ٠,٠٣ كج/م^٢ سنوياً في المنطقة الساحلية الجنوبية الغربية على ساحل البحر الأحمر ضمن مناطق جازان وعسير ومكة المكرمة، بمساحة بلغت ٤٨٥٧٤,٣٨ كم^٢، بنسبة ٢٥,١٣% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتظهر المنطقة التي تراوح انتشار الغبار فيها بين ٠,٠٣ - ٠,٠٢ كج/م^٢ سنوياً غرب وشمال غرب الساحل الغربي ضمن مناطق مكة المكرمة والمدينة المنورة وتبوك، بمساحة بلغت ٦٧٩٨٠,٣٨ كم^٢، بنسبة ٣٥,١٩% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

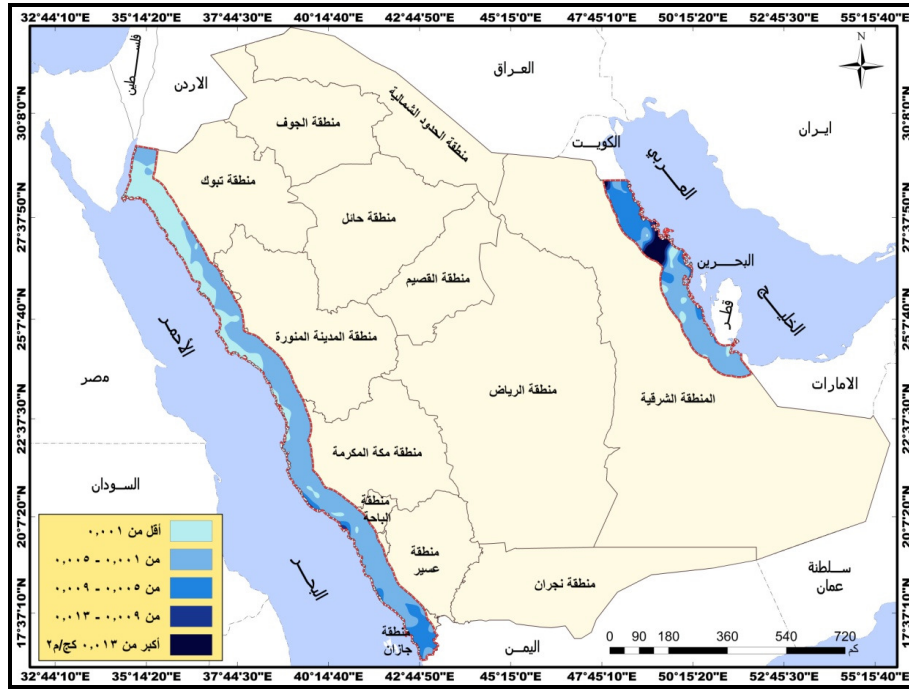
وتبرز المنطقة التي يقل فيها انتشار الغبار عن ٠,٠٢ كج/م^٢ سنوياً شمال غرب المملكة بمنطقة تبوك شمال غرب المملكة ضمن محافظات حقل والبدع وضياء ووسط الوجه، بمساحة بلغت ٢٠٣٩٩ كم^٢، بنسبة ١٠,٥٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

ب- الجريان السطحي:

يخضع حجم الجريان السطحي لعدد من متغيرات البيئية المكانية منها تباين توزيع الامطار وتغيراتها زمانيا ومكانيا، وبذلك أظهرت نتائج تحليل الجريان السطحي في المناطق الساحلية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م) تراوح الجريان خلال هذه المدة بين ٠,٠٠٣ كج/م^٢ الى ٠,٠٥٣ كج/م^٢، بمتوسط على المستوى المكاني للمنطقة الساحلية بلغ ٠,٠٣٤ كج/م^٢، وانحراف توزيع الجريان عن المتوسط المكاني بنحو ٠,٠٠٦ كج/م^٢.

يظهر شكل (١٠) تركيز الجريان السطحي المرتفع في المنطقة الوسطى من المنطقة الساحلية الشرقية على الخليج العربي، حيث تراوحت كمية

الامطار خلال هذه المدة ١٥٠-٢٠٠ ملم سنوياً، وتركزت أدنى احجام الجريان السطحي السنوي بالمناطق الساحلية شمال غرب المملكة بمنطقة تبوك، حيث تقل كمية الامطار السنوية عن ٥٠ ملم سنوياً، وتعكس هذه النتائج وجود علاقة او تأثير للأمطار في حجم الجريان السطحي.



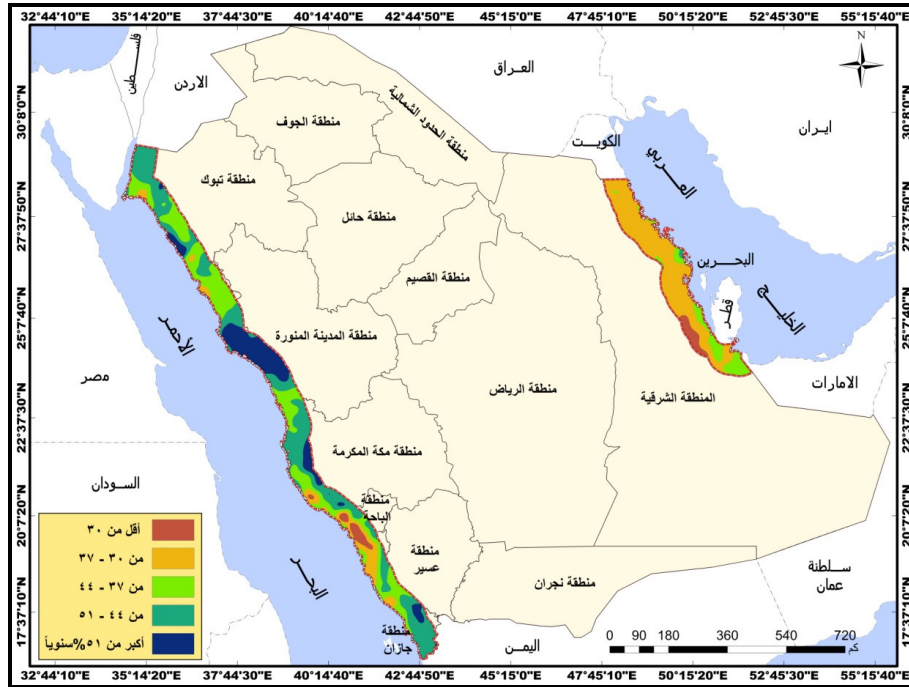
شكل (١٠) : الجريان السطحي بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (GLDAS Model).

وعليه فقد توصلت نتائج كشف علاقة متغير الجريان السطحي بالأمطار تأثير الامطار في تباين حجم الجريان السطحي من منطقة إلى أخرى، ويؤكد طردية ودلالة العلاقة التي بلغت بينهما ٠,٢٢، ومستوى الدلالة الاحصائية لهذه العلاقة عند مستوى ٠,٠١.

يوضح شكل رقم (١١) وقوع المنطقة التي تجاوز الجريان السطحي فيها $0,013$ كج/م² سنوياً في المنطقة الساحلية الشرقية بمحافظة الجبيل وشمال محافظة الخفجي، بمساحة بلغت $4941,68$ كم²، بنسبة $2,55\%$ من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية بالمملكة.

وتقع المنطقة الثانية حيث يتراوح الجريان السطحي بين $0,013$ - $0,009$ كج/م² سنوياً بمحاذاة المناطق السابقة بمحافظتي الجبيل والخفجي بمساحة بلغت $2301,13$ كم²، بنسبة $1,19\%$ من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (١١) : رطوبة التربة في المنطقة الجذرية للنبات

بين عامي (٢٠٠٣-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (GRACE).

وتمتد المنطقة الثالثة حيث تراوح الجريان السطحي بين ٠,٠٠٩ - ٠,٠٠٥ كج/م^٢ سنوياً في المنطقة الساحلية الشرقية بمحافظات الخفجي والنعيرية والجبيل وبيق وشرق القطيف وراس التنورة والدمام والخبر وشمال شرق محافظة العدي، كما يبرز في الساحل الجنوبي الغربي على ساحل البحر الأحمر ضمن مناطق جازان وعسير وجنوب غرب مكة المكرمة، بمساحة بلغت ٢٦٤٤٣,٦٩ كم^٢، بنسبة ١٣,٦٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتظهر المنطقة الرابعة حيث تراوح الجريان السطحي بين ٠,٠٠٥ - ٠,٠٠١ كج/م^٢ سنوياً على طول امتداد الساحل الغربي ضمن مناطق عسير والباحة ومكة المكرمة والمدينة المنورة وجنوب شرق وشمال منطقة تبوك، بمساحة بلغت ١١٩٣٥٨,٨ كم^٢، بنسبة ٦١,٧٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتبرز المنطقة التي يقل فيها الجريان السطحي عن ٠,٠٠١ كج/م^٢ سنوياً شمال غرب المملكة حيث يظهر شمال غرب منطقة مكة المكرمة ومنطقتي المدينة المنورة وتبوك غرب وشمال غرب المملكة، بمساحة بلغت ٤٠١٧٤,٢٥ كم^٢، بنسبة ٢٠,٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

ج- رطوبة التربة السطحية:

تعد الامطار احدى المتغيرات المكانية المؤثرة في رطوبة التربة السطحية وتبايناتها، ويؤدي الانخفاض في رطوبة التربة الى تفكك حبيباتها وبالتالي تعريضها للرياح والمياه، كما يؤدي النقص في رطوبة التربة بالمنطقة الجذرية للنبات الى ذبول الغطاء النباتي والزراعي، وكلاهما يفودان الى تدهور التربة ومن ثم تصحرها، وبذلك أظهرت نتائج تحليل نسبة رطوبة التربة في المنطقة الجذرية للنبات بالمناطق الساحلية بين عامي (٢٠٠٣-

٢٠٢٠م) تراوح نسبة الرطوبة خلال هذه المدة بين ٢٢,٨٧% الى ٧٤,٨٥%، بمتوسط على المستوى المكاني لمنطقة الدراسة ٤١,٧٧%، وانحراف معياري لتوزيع رطوبة التربة عن متوسط المكاني بنحو ٧,٢%.

وبذلك تركزت النسب العالية لرطوبة التربة في المنطقة الساحلية الغربية بمناطق جازان وعسير ومكة المكرمة والمدينة المنورة وتبوك، حيث تراوحت كمية الامطار خلال هذه المدة بين ٢٥٥ ملم سنوياً بمنطقتي جازان وعسير، وبين ٨٤ - ١٥٥ في منطقة مكة المكرمة، وبين ٤٠ - ٥٠ ملم في منطقتي المدينة المنورة وتبوك، وبرزت أدنى نسب رطوبة التربة في المناطق الداخلية للمنطقة الساحلية الشرقية بمحافظتي العدي والإحساء، حيث تراوحت كمية الامطار بين ٩٠ - ١١٠ ملم سنوياً، مما يعني ان الرطوبة المنخفضة هنا ترتبط بالحرارة العالية، وبالتالي تأثير مثل هذه المؤشرات الاولية لضعف تأثير الامطار في رطوبة التربة في المناطق الساحلية، مما يعني ارتباط رطوبة التربة في المناطق الساحلية بمتغيرات بيئية اخرى كالرطوبة الجوية والقرب والبعد من خط الساحل وحركة الرياح وتباين توزيع درجات الحرارة تبعاً لتباين الدرجات العرضية والارتفاع وغيرها.

وللتأكيد على ضعف اثر الامطار في تباين الرطوبة السطحية كشف نتائج حساب معامل ارتباط بيرسون بين متغيري رطوبة التربة السطحية والأمطار ضعف تأثير الامطار في تباين رطوبة الترب الساحلية وما قد يترتب عليها من تباين الاثار البيئية من منطقة إلى أخرى، ومما يؤكد عكسية ودلالة علاقة المتغيرين التي بلغت بينهما -٠,٠٩٣، عند مستوى دلالة احصائية ٠,٠١.

يوضح شكل رقم (١١) وقوع المنطقة التي تجاوزت نسبة رطوبة التربة ٥١% في اجزاء صغيرة من محافظات صامطة والحرث والدرب وصبيا بمنطقة جازان وجنوب محافظة ابها بمنطقة عسير وأجزاء من محافظات

الليث واضم وبحرة والجموم والكامل بمنطقة مكة المكرمة ويغطي مساحة كبيرة من محافظتي بدر وينبع بمنطقة المدينة و اجزاء صغيرة من محافظات امالج والوجة وضياء بمنطقة تبوك، بمساحة بلغت ٢٥,٢٦٩١ كم^٢، بنسبة ١١,٧٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتقع المنطقة الثانية حيث تتراوح نسبة رطوبة التربة بين ٥١ - ٤٤% وتغطي جنوب غرب المملكة في المناطق الساحلية بمنطقتي جازان وعسير وغرب مناطق الباحة ومكة المكرمة وشمال غرب وجنوب شرق منطقة المدينة المنورة وشمال وغرب منطقة تبوك بمساحة بلغت ٦٣,١٣,٥٧ كم^٢، بنسبة ٢٩,٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتمتد ثالث منطقة حيث تتراوح نسبة رطوبة التربة بين ٤٤ - ٣٧% شمال غرب منطقة جازان وجنوب غرب منطقة عسير وغرب ووسط وشمال غرب منطقة مكة المكرمة وجنوب غرب منطقة المدينة المنورة وغرب وشمال غرب منطقة تبوك وشمال شرق وشرق محافظة العديدي في المنطقة الساحلية الشرقية وجنوب غرب وشمال شرق وجنوب شرق محافظة الجبيل وشمال محافظة بقيق وشمال غرب الدمام وغرب محافظتي القطيف وراس تنورة وشرق ووسط محافظة الخفجي، بمساحة بلغت ٥٣٨٢٤,٠٦ كم^٢، بنسبة ٢٧,٨٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتقع المنطقة الرابعة حيث تتراوح نسبة رطوبة التربة بين ٣٧ - ٣٠% جنوب غرب منطقتي عسير ومكة المكرمة وغرب وشمال غرب منطقة تبوك ويغطي هذا النطاق غالبية مساحة المنطقة الساحلية الشرقية على الخليج العربي، بمساحة بلغت ٥٢٧٧٨,٩٤ كم^٢، بنسبة ٢٧,٣٢% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتظهر المنطقة التي تقل فيها نسبة رطوبة التربة عن ٣٠% غرب وجنوب غرب منطقة مكة المكرمة وفي الجزء الداخلي من المنطقة الساحلية

الشرقية بمحافظتي العديد والإحساء، بمساحة بلغت ٦٨,٦٨١١ كم^٢، بنسبة ٣,٥٧% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

د- الغطاء الحيوي (النباتي والزراعي):

تؤثر التباينات المكانية والزمانية للأمطار وتغيراتها في تباين توزيع الغطاءين الزراعي والنباتي حيث تعتبر الامطار احد اهم الموارد المائية التي تشترك مع مجموعة من المتغيرات المكانية في التأثير على ي الجغرافيا الاحيائية في المناطق الجافة وشبة الجافة، حيث تسهم الامطار المنخفضة وتقلباتها السلبية بين مدة وأخرى الى جفاف التربة وذبول الغلاف الحيوي الزراعي والطبيعي الامر الذي يعزز من تدهور الاراضي الزراعية وبالتالي تصحرها، وتقود التباينات المكانية والزمانية للأمطار الى فشل المحاصيل الزراعية في المناطق التي تعتمد على مورد الامطار فقط.

وبذلك أظهرت نتائج تحليل مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي للغلاف الحيوي في المناطق الساحلية من المملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م)، تراوح قيمة مؤشر (NDVI) بين -٠,٠٩ في المناطق الخالية من الغطاء النباتي الى ٠,٣٥ في المناطق التي تتصف بوجود غطاء نباتي، بمتوسط على المستوى المكاني للمنطقة الساحلية ٠,٠٨، وبلغ انحراف توزيع الغطاء الحيوي عن المتوسط المكاني بنحو ٠,٠٢.

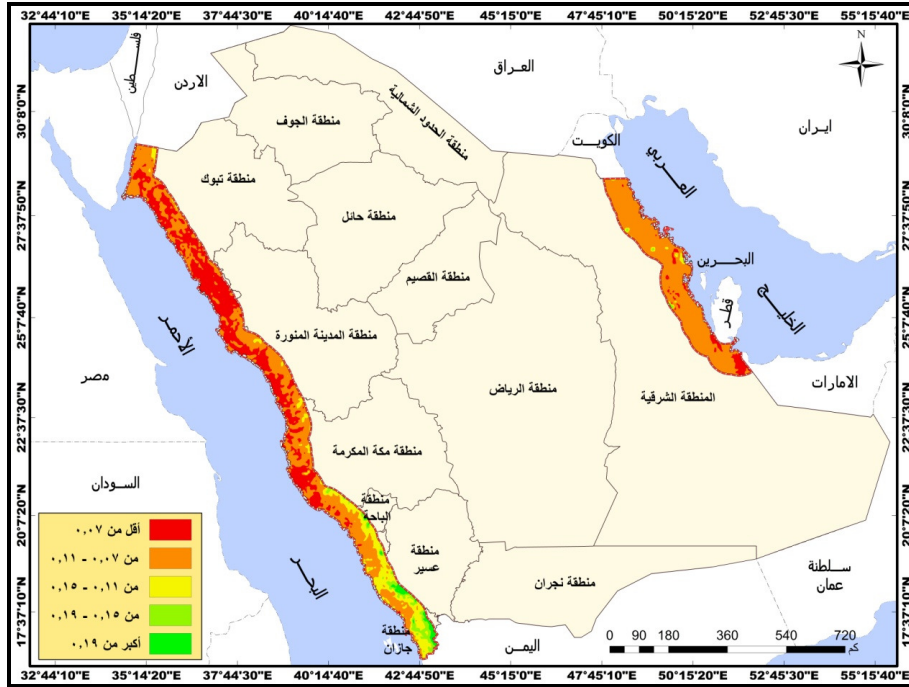
بناء على ذلك القيم العالية لمؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي خلال هذه المدة جنوب غرب المملكة في المنطقة الساحلية الجنوبية الغربية بمناطق جازان وعسير ومكة المكرمة، حيث تراوحت كمية الامطار خلال هذه المدة بين ٢٠٠ - ٤٥٠ ملم سنوياً، وبرزت أدنى قيم مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي غرب وشمال غرب المملكة في مناطق مكة والمدينة وتبوك كما تبرز في المناطق الداخلية والساحلية بالمنطقة الساحلية الشرقية، حيث تقل

كمية الامطار عن ١٠٠ ملم سنوياً، وبالتالي تبين مثل هذه المؤشرات الى تأثير متغير الامطار في الغطاء الحيوي في المنطقة الساحلية من المملكة العربية السعودية.

ومما يؤكد شدة تأثير الامطار في تباين توزيع ودرجة اخضرار الغطاء الحيوي في المنطقة الساحلية للمملكة من خلال حساب معامل ارتباط بيرسون بين متغيري الغطاء الحيوي والأمطار طردية العلاقة التي بلغت بلغت بين المتغيرين ٠,٧٢، وتتصف هذه العلاقة بدلالاتها الاحصائية عند مستوى ٠,٠١، مما يعني ان هذه العلاقة حقيقة ولم تأتي عن طريق الصدفة.

يظهر الشكل رقم (١٢) وقوع المنطقة التي تتصف بوجود غطاء نباتي جيد حيث تجاوزت قيمة مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي ٠,١٩ في محافظات الحرث والعارضه وفيفا وببش وصبيا بمنطقة جازان ومحافظات ابها ورجال المع ومحائل والمجاردة بمنطقة عسير ومحافظات المخوة والحجرة وقلوة في منطقة الباحة، وشمال شرق محافظة الاحساء بالمنطقة الساحلية الشرقية، بمساحة بلغت ٢٦٥٢,١٨٨ كم^٢، بنسبة ١,٣٧% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتمتد المنطقة الثانية حيث يوجد غطاء نباتي معتدل بمناطق تراوح قيم مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي بين ٠,١٩ - ٠,١٥، في محافظات الريث وهروب وصبيا والعيديابي والعرضه والحرث وصامطة وصبيا وابو عريش وببش بمنطقة جازان ومحافظات ابها ورجال المع ومحائل والبرك والمجاردة بمنطقة عسير، ومحافظات العرضه والخوارة والحجرة وقلوة في منطقة الباحة، وأجزاء محافظات اضم والليث والعريضات بمنطقة مكة المكرمة، وفي اجزاء صغيرة جدا في محافظات الاحساء والقطيف والجبيل والنعيرية في المنطقة الشرقية بمساحة بلغت ٥٣٨٨,٦٩ كم^٢، بنسبة ٢,٧٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (١٢) : مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي للغطاء الحيوي

بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (MODIS Terra).

وتغطي المنطقة الثالثة المناطق الفقيرة بالغطاء النباتي حيث تتراوح قيم مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي بين ٠,١٥ - ٠,١١، وتوجد بمحاذاة المناطق في المنطقة السابقة في محافظات الطوال واحد المساحة وصامطة وابو عريش وضمد والريث وهروب وصبيا والعيديابي والدرب وبيش بمنطقة جازان، وفي محافظات ابها ورجال المع وبارق ومحاليل والبرك والمجاردة بمنطقة عسير، وفي محافظات العرضة والخوارة والحجرة وقلوة في منطقة الباحة، وأجزاء محافظات اضم والليث والعريضات وبحرة والجموم وخليص ورابع بمنطقة مكة المكرمة، وفي اجزاء صغيرة من محافظتي بدر وينبع بمنطقة المدينة المنورة، وأجزاء صغيرة جدا في حقل والبدع وتبوك بمنطقة

تبوك، وفي اجزاء صغيرة بمحافظات الاحساء والقطيف والجبيل والنعيرية والخفجي والخبر في المنطقة الشرقية، بمساحة بلغت ١٩٠٢٠,١٩ كم^٢، بنسبة ٩,٨٤% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتبرز المنطقة الرابعة في المناطق الفقيرة جدا بالغطاء النباتي حيث تتراوح قيم مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي بين ٠,١١ - ٠,٠٨ في المناطق المحاذية للساحل بمنطقتي جازان وعسير وجنوب غرب منطقة مكة وفي الاجزاء الداخلية والساحلية بمناطق مكة المكرمة والمدينة المنورة وتبوك وتغطي غالبية مساحة منطقة الساحل الشرقي على الخليج العربي، بمساحة بلغت ١١٥١١٢,٧ كم^٢، بنسبة ٥٩,٥٨% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتغطي المنطقة شبة الخالية من الغطاء النباتي حيث تقل قيمة مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي عن ٠,٠٨ اجزاء واسعة من المناطق الساحلية والبعيدة من خط الساحل في مناطق مكة المكرمة والمدينة المنورة وتبوك وجنوب شرق محافظة العديد وأجزاء صغيرة متفرقة بمنطقة الشرقية في ساحل الخليج العربي، بمساحة بلغت ٥١٠٤٥,٨١ كم^٢، بنسبة ٢٦,٤٢% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

هـ- تخزين المياه الجوفية:

تعتبر المياه الجوفية من اهم الموارد المائية في تغطية احتياجات السكان والأنشطة الاقتصادية في المناطق الساحلية بالبيئات الجافة وشبة الجافة، وعلى الرغم من ارتباط تكوين وكمية المياه بعدد من المتغيرات البيئية الجيولوجية والبيدولوجية والطبوغرافية؛ إلا ان مياه الأمطار من المحددات المهمة في تباين نسبة تخزين المياه الجوفية وتغذيتها السنوية، فالمناطق التي تتصف بغزارة الأمطار تمتاز باستدامة المياه الجوفية بسبب تغذيتها السنوية التي تعوض ما يتم استخراجها من المياه الجوفية لمتخلف الاستخدامات البشرية في المناطق الساحلية، وبالتالي فكما كان هناك توازن بين عمليات

الاستهلاك من المياه الجوفية والتغذية كان مؤشر على المحافظة عليها واستمرار تغطيتها لاحتياجات سكان المناطق الساحلية، والعكس تماما في المناطق التي تتصف بوجود فروق كبيرة بين استهلاك المياه الجوفية والتغذية السنوية، حيث تعاني الابار في هذه المناطق من استنزاف المياه الجوفية وتردي نوعيتها بين مدة وأخرى.

تظهر نتائج تحليل نسب تخزين المياه الجوفية وعلاقتها بتوزيع الامطار وتغيراتها المكانية والزمانية في المناطق الساحلية من المملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م)، تراوح نسب تخزين المياه بين ١١,١٦% في المناطق التي تتصف بضعف تخزين المياه الجوفية الى ٨٨,٦% في المناطق التي تتصف بتخزين كميات كبيرة من المياه الجوفية، بمتوسط على المستوى المكاني للمنطقة الساحلية ٤٨,٠٧%، وانحرف توزيعها عن المتوسط المكاني بنحو ١٥,٠٥%.

وبذلك تظهر نسب التخزين العالي للمياه الجوفية غرب وشمال غرب المملكة بالمنطقة الساحلية بمنطقتي المدينة المنورة وتبوك، على الرغم من تراوح كمية الامطار بين ١٠٠ و اقل من ٥٠ ملم سنوياً، وبرزت أدنى نسب تخزين المياه الجوفية شمال غرب وجنوب غرب منطقة تبوك وجنوب غرب مناطق مكة المكرمة والباحة وعسير وشمال غرب منطقة جازان وغالبية مساحة المنطقة الساحلية الشرقية وتختلف كمية الهطول السنوي من منطقة الى اخرى وتتراوح بين ١٧٠ الى اقل من ٥٠ ملم سنوياً، وبالتالي تشير هذه النتائج الى ضعف تأثير متغير الامطار في نسب تخزين المياه الجوفية بالمناطق الساحلية للمملكة.

ومما يؤكد ضعف تأثير الامطار في تباين توزيع نسب تخزين المياه الجوفية في سواحل المملكة بلغت قيمة معامل ارتباط بيرسون بين متغيري الأمطار ونسب تخزين المياه الجوفية التي اتصفت بالعكسية بينهما -٠,٣٥،

بمستوى دلالة ٠,٠١، مما يعني ارتباط نسب تخزين المياه الجوفية في المناطق الساحلية بالمملكة بمتغيرات أخرى كالتراكيب الجيولوجية وحجم الرواسب والانحدار وغيرها من متغيرات البيئة المكانية.

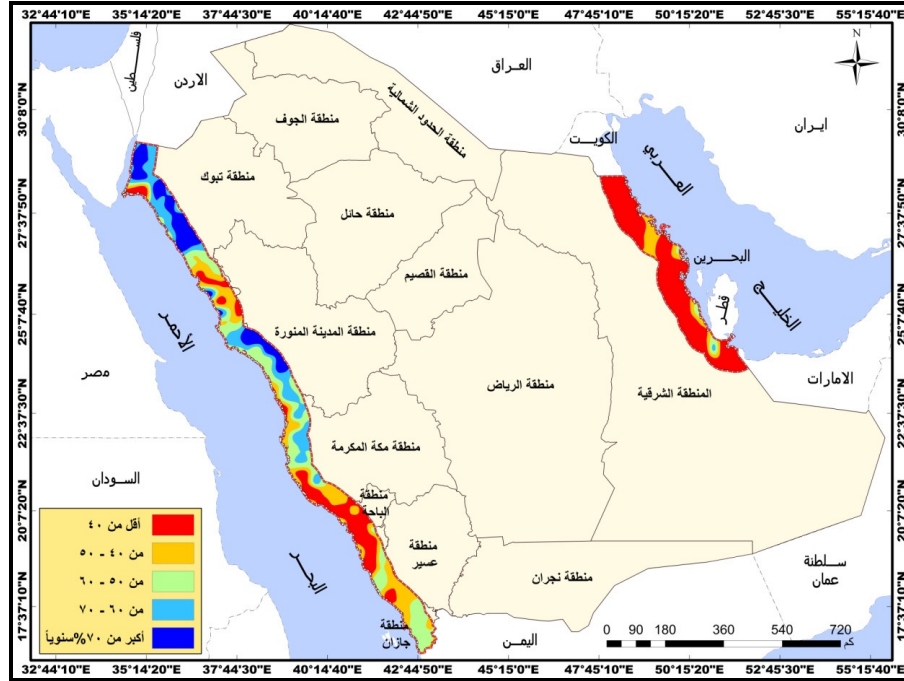
يوضح شكل (١٣) وقوع المنطقة التي تتصف بتجاوز نسبة تخزين المياه الجوفية ٧٠% في الجزء الداخلي من سواحل محافظتي بدر وينبع بمنطقة المدينة المنورة، وفي محافظات امّح والوجه وضباء والبذع وحقل بمنطقة تبوك، بمساحة بلغت ٢٠٦١٠,٥٦ كم^٢، بنسبة ١٠,٦٦% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتغطي المنطقة حيث تراوحت نسب تخزين المياه الجوفية بين ٧٠-٦٠%، شمال غرب وجنوب غرب مناطق تبوك ومكة المكرمة والباحة وعسير وجازان، ويبرز في محافظات الجبيل والقطيف وراس تنورة والدمام وشرق الأحساء ووسط محافظة العديد بالمنطقة الساحلية الشرقية، بمساحة بلغت ٢٥٤٢٧,٠٦ كم^٢، بنسبة ١٣,١٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتمتد المنطقة حيث تراوحت نسب تخزين المياه الجوفية بين ٦٠-٥٠%، بمحاذاة المنطقة السابقة شمال غرب وجنوب غرب منطقة تبوك وغرب منطقة المدينة المنورة وشمال غرب وغرب وجنوب غرب منطقة مكة المكرمة وشمال غرب منطقة الباحة وشمال غرب منطقة عسير ووسط وجنوب وغرب منطقة جازان، كما تظهر شرقا في محافظات القطيف وراس تنورة والإحساء ووسط محافظة العديد في الساحل الشرقي، بمساحة بلغت ٣٨١٥٧,٥ كم^٢، بنسبة ١٩,٧٥% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

وتظهر المنطقة التي تراوحت نسب تخزين المياه الجوفية فيها بين ٥٠-٤٠% جنوب غرب وغرب منطقة تبوك، وشمال غرب منطقة المدينة المنورة، وغرب وجنوب غرب منطقة مكة المكرمة، وشمال غرب وجنوب شرق منطقة الباحة، وجنوب غرب منطقة عسير، وجنوب شرق ساحل منطقة

جازان، وتظهر في محافظات القطيف وراس تنورة والنعيرية والجبيل وشرق الإحساء ووسط وشرق محافظة العديد في الساحل الشرقي، بمساحة بلغت ٣٨٨٨٥,٨١ كم^٢، بنسبة ٢٠,١٢% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.



شكل (١٣) : نسبة تخزين المياه الجوفية بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م).

المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (GRACE).

وتبرز المنطقة التي تقل نسب تخزين المياه الجوفية فيها عن ٤٠% شمال غرب منطقة المدينة المنورة، وجنوب غرب وشمال غرب منطقة تبوك، وغرب منطقة الباحة، وجنوب غرب منطقة مكة المكرمة، وجنوب غرب منطقة عسير، وشمال غرب ساحل منطقة جازان، وتغطي غالبية مساحة المنطقة الساحلية الشرقية، بمساحة بلغت ٧٠١٣٨,٦٣ كم^٢، بنسبة ٣٦,٣% من إجمالي مساحة المنطقة الساحلية.

الخاتمة والنتائج :

- تم التوصل إلى مجموعة من النتائج على النحو التالي:
- أظهرت نتائج التحليل المكاني لتوزيع كمية الأمطار السنوية في سواحل المملكة بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠) تركيز أعلى معدلات الأمطار السنوية في السواحل الجنوبية الغربية من المملكة بمنطقتي جازان وعسير، فضلاً عن الأجزاء الوسطى والشمالية من السواحل بالمنطقة الشرقية، بينما تقل إلى أدنى معدلاتها في السواحل الشمالية الغربية من المملكة بمنطقة تبوك.
 - أظهرت نتائج التحليل المكاني لتوزيع الأمطار السنوية في سواحل المملكة بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) تركيز أعلى معدلات الأمطار السنوية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) في سواحل منطقتي جازان وعسير جنوب غرب المملكة، وبرزت أدنى معدلات الأمطار خلال هذه المدة في المناطق الساحلية بمنطقة تبوك شمال غرب المملكة وسواحل منطقة المدينة المنورة غرب المملكة والسواحل الشمالية الغربية لمنطقة مكة المكرمة وجنوب المنطقة الساحلية على الخليج العربي بالمنطقة الشرقية.
 - أظهرت نتائج تحليل اتجاه التغير في كمية الأمطار الساحلية في المملكة العربية السعودية بين المرحلتين الأولى الممتدة بين عامي (١٩٨٠-١٩٩٠م)، والثانية بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) تعرض جميع المناطق الساحلية الشرقية والغربية من المملكة لزيادة متفاوتة في كمية الأمطار تراوحت بين ٦ ملم إلى ١٧٠,٣ ملم. وبلغت قيمة الانحراف المعياري لتغير توزيع الأمطار بين المرحلتين ٤١,٨ ملم سنوياً مما يعني وجود تجانس نسبي في تغير توزيع الأمطار بين مختلف المناطق.

- أظهرت نتائج التحليل المكاني لتوزيع الأمطار السنوية في سواحل المملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م) تركيز أعلى معدلات الأمطار السنوية العالية في المناطق الداخلة من سواحل منطقتي جازان وعسير وفي الأجزاء الغربية من منطقة الباحة جنوب غرب المملكة وشمال محافظة العديد وجنوب محافظة الخفجي وشمال شرق محافظة النعيرية في المنطقة الساحلية شرق المملكة ، وبرزت المناطق الأقل مطراً خلال هذه المدة في المناطق الساحلية شمال غرب وغرب المملكة بمنطقتي تبوك والمدينة المنورة وفي الأجزاء الداخلية من المنطقة الساحلية بمحافظة العديد على الخليج العربي.
- وعلى الرغم من أن نتائج توزيع الأمطار أكدت ارتفاع الحد الأدنى والأعلى لكمية الأمطار في المناطق الساحلية للمملكة عن المرحلة السابقة إلا أن المتوسط المكاني لتوزيع كمية الأمطار السنوية خلال هذه المرحلة كان أقل مما كان عليه في المرحلة السابقة مما يعني أن غالبية المناطق الساحلية كانت أكثر جفافاً وأقل مطراً من المرحلة السابقة.
- أظهرت نتائج التحليل المكاني لاتجاه التغير في كمية الأمطار على سواحل المملكة بين المرحلتين الممتدة بين عامي (١٩٩٠-٢٠٠٠م) - (٢٠٠٠-٢٠١٠م) اختلاف شكل التغيرات وكمية الأمطار حيث شهدت بعض المناطق الساحلية زيادة في كميات الامطار وشهدت مناطق أخرى انخفاض وتراجع في كمية الامطار بين المرحلتين.
- أظهرت نتائج التحليل المكاني لتوزيع كمية الامطار السنوية على سواحل المملكة بي عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) تركيز الكميات الكبيرة من الأمطار السنوية في المناطق الداخلية لسواحل منطقتي جازان وعسير، وبرزت أقل كميات الأمطار السنوية في المناطق الساحلية غرب وشمال غرب المملكة بمناطق مكة المكرمة والمدينة المنورة وفي تبوك، وفي

المناطق الداخلية البعيدة من خط الساحل على ساحل الخليج العربي كما أكدت النتائج ارتفاع المتوسط المكاني لتوزيع الأمطار السنوية خلال هذه المرحلة عما كان عليه في المرحلة السابقة.

- أظهرت نتائج تحليل اتجاه التغير في كمية الأمطار على سواحل المملكة بين المرحلتين الأولى الممتدة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠١٠م)، والثانية بين عامي (٢٠١٠-٢٠٢٠م) اختلاف شكل تغيرات كمية الامطار حيث شهدت بعض المناطق الساحلية زيادة متباينة في كمية الامطار، وشهدت أخرى تراجع في كمية الامطار بين المرحلتين.

وبذلك تراوحت تغيرات كمية الامطار بين ٦٩,٠٣ ملم، وهذا يعني أن بعض المناطق الساحلية شهدت عجز في هطول الامطار بين المرحلتين لكن الحد الأدنى للتغير في هذه الفترة أعلى منه في الفترة السابقة بمقدار ١٣٦,٩ ملم.

- أكدت نتائج البحث في المناطق الساحلية بين عامي (١٩٨٠-٢٠٢٠م) تركيز أعلى معدلات الغبار في المناطق الساحلية والداخلية والوسطى من المنطقة الساحلية الممتدة على الخليج العربي. وكشفت علاقة متغير انتشار الغبار بالأمطار عدم تأثير الامطار في تلوث هواء المناطق الساحلية مما يعني ارتباط تلوث الهواء بالغبار بمتغيرات أخرى كسرعة الرياح.

- أظهرت نتائج تحليل الجريان السطحي في المناطق الساحلية بي عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م) تركيز الجريان السطحي المرتفع في المنطقة الوسطى من المنطقة الساحلية الشرقية على الخليج العربي، وكشفت نتائج علاقة متغير الجريان السطحي بالامطار تأثير الامطار في تباين حجم الجريان السطحي من منطقة لأخرى، ويؤكد طردية ودلالة العلاقة التي بلغت بينهما، ومستوى الدلالة الإحصائية لهذه العلاقة عند مستوى ٠,٠١.

- أظهرت نتائج تحليل نسبة الرطوبة في التربة في المنطقة الجذرية للنبات بالمناطق الساحلية بين عامي (٢٠٠٣-٢٠٢٠م) تركيز النسب العالية لرطوبة التربة في المنطقة الساحلية الغربية بمناطق جازان وعسير ومكة المكرمة والمدينة المنورة وتبوك . وبرزت أدنى نسب رطوبة التربة في المناطق الداخلية للمنطقة الساحلية الشرقية بمحافظتي العديد والاحساء مما يعني أن الرطوبة المنخفضة هنا ترتبط بالحرارة العالية.
- وكشفت النتائج ضعف تأثير الامطار في رطوبة التربة في المناطق الساحلية مما يعني ارتباط رطوبة التربة في المناطق الساحلية بمتغيرات أخرى كالرطوبة الجوية والبعد عن خط الساحل وحركة الرياح وتباين توزيع درجات الحرارة.
- أظهرت نتائج تحليل مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي للغلاف الحيوي في المناطق الساحلية من المملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م) تراوح قيمة المؤشر (NDVI) بين -٠,٠٩ في المناطق الخالية من الغطاء النباتي إلى ٠,٣٥ في المناطق التي تتصف بوجود غطاء نباتي. بناء على ذلك نجد القيم العالية لمؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي خلال هذه المدة في جنوب غرب المملكة في المنطقة الساحلية الجنوبية الغربية بمناطق جازان وعسير ومكة المكرمة. وبالتالي تبين مثل هذه المؤشرات تأثير متغير الامطار في الغطاء الحيوي في المنطقة الساحلية من المملكة العربية السعودية.
- أظهرت نتائج تحليل تخزين المياه الجوفية وعلاقتها بتوزيع الامطار وتغيراتها المكانية والزمانية في المناطق الساحلية من المملكة بين عامي (٢٠٠٠-٢٠٢٠م) ارتفاع نسب التخزين العالي للمياه الجوفية غرب وشمال غرب المملكة بالمنطقة الساحلية بمنطقتي المدينة المنورة وتبوك، وبرزت أدنى نسب تخزين المياه الجوفية شمال غرب وجنوب غرب

منطقة تبوك وجنوب غرب مناطق مكة المكرمة والباحة وعسير وشمال غرب منطقة جازان وغالبية مساحة المنطقة الساحلية الشرقية. وبالتالي تشير النتائج إلى ضعف تأثير متغير الامطار في نسب تخزين المياه الجوفية بالمناطق الساحلية للمملكة. مما يعني ارتباط نسب تخزين المياه الجوفية في المناطق الساحلية بالمملكة بمتغيرات أخرى كالتركيب الجيولوجية وحجم الرواسب والانحدار وغيرها من متغيرات البيئة المكانية.

المراجع

أولاً - المراجع العربية:

١. أحمد، بدر الدين يوسف، تطرف العناصر المناخية في المملكة، مركز دراسات الخليج والجزيرة العربية، (١٦)، جامعة الكويت.
٢. السيد، عبد الملك قسم، (١٩٩٦)، العلاقة بين الأمطار وبعض المتغيرات الجوية والطبيعية في المملكة العربية السعودية، مجلة العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت.
٣. الحارثي، أروى أحمد وآخرون، (٢٠٢٠)، اتجاه تغير الحرارة والأمطار بجنوب غرب المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الملك عبد العزيز-الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، مجلد ٢٨، العدد (١٤).
٤. الغزاوي، أحمد وآخرون، (٢٠٠٧م)، جزر المملكة العربية السعودية في البحر الأحمر والخليج العربي، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ط ١.
٥. النافع، عبد اللطيف، (٢٠١٩م)، الجغرافية الطبيعية للمملكة العربية السعودية، الرياض، مكتبة الملك فهد.
٦. وزارة الشؤون البلدية والقروية، (٢٠٠٧م)، الاشتراطات الفنية والبيئية لإدارة وتشغيل المناطق الساحلية بالمملكة العربية السعودية، وكالة الوزارة للشؤون الفنية، الإدارة الهندسية، المملكة العربية السعودية (www.pme.gov.sa).

المراجع باللغة الأجنبية.

1. Abu Syed, M. and Al Amin, M. (2016). Geospatial Modeling for Investigating Spatial Pattern and Change Trend of Temperature and Rainfall, Climate, Vol. 4, pp. 1-16.

2. Fathian, F., Aliyari, H., Kahya, E., Dehghan, E. (2015). Temporal trends in precipitation using spatial techniques in GIS over Urmia Lake Basin, Iran, *Int. J. Hydrology Science and Technology*, Vol. X, No. Y, xxxx, pp. 1-20.
3. Gajbhiye, S., Meshram, C., Singh, S.K., Srivastava, P.K., Islam, T. (2015). Precipitation trend analysis of Sindh River basin, India, from 102-year record (1901–2002), *Atmos. Sci. Let*, Vol. 17, pp. 71–77.
4. Javari, M. (2017). Geostatistical modeling to simulate daily rainfall variability in Iran, *Javari, Cogent Geoscience*, Vol. 3, pp. 1-22.
5. Muktara, A, Elekwachib, W, Hycienthc, N, Hembab, S: (2020), Rainfall Change Detection In Africa Using Remote Sensing And Gis Between Big Data In Water Resources Engineering (BDWRE), Vol. 12, pp. 52-54.
6. Onyutha, C. and Willems, P. (2017). Influence of spatial and temporal scales on statistical analyses of rainfall variability in the River Nile basin, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, Vol. 77, pp. 26-42.
7. Rao, G.S., Singh, R.U.V, Giridhar, M.V.S. (2016). Rainfall Trend Analysis: A Case Study of Godavari Sub Basin – Kadam Water Shed, Adilabad District, Telangana State, National Conference on Water, Environment and Society (NCWES), pp. 307-312.
8. Verma, S, Prasad, A.D, Verma, M.K. (2021). Trend Analysis and Rainfall Variability of Monthly Rainfall in Sheonath River Basin, Chhattisgarh, Recent Tre.



Rain Distribution, its Change and its Environmental Impacts in the Coastal Areas of the Kingdom of Saudi Arabia - Using Geographic Information Systems

Dr. Huda Abdullah E. Alabbad
Department of Geography - Faculty of Arts
Princess Nourah Bint Abdulrahman University
Kingdom of Saudi Arabia

The research aims to analyze the spatial distribution of rain and its spatial change between each two periods extending every ten years between 1980-2020, and to verify the extent of the impact of the variation in the distribution of rain and its temporal and spatial changes on the environment.

To achieve these goals and verify the hypotheses, a research methodology was followed, which was to determine the coastal region of the Kingdom of Saudi Arabia by merging the layer of administrative regions using the (Merge) tool in the (Arc Map 10.5) program, and thus converting the resulting layer from (shap file Polygon) to (shapfile). Polyline) using the feature to line tool. Satellite visuals of rain for every ten years between 1980-2020 were collected from the NASA website, and data on the environmental effects of the variation in the distribution of rain and its changes from one period to another were obtained. A set of results were reached, including: The highest annual rates of rain were concentrated in the southwestern coasts of the Kingdom in the regions of Jazan and Asir between 1980-1990, while it decreased in the northwest coasts of the Kingdom to its lowest rates in the Tabuk region. Rain rates during this period in the coastal areas of the Tabuk regions in the northwest of the Kingdom, and the southern coastal region on the Arabian Gulf in the Eastern Region. The results of the analysis of the trend of change in the amount of rain between the two periods showed c All the eastern and western coastal regions of the Kingdom for a varying increase in the amount of rain. The results of the spatial analysis of rain distribution between 2000-2010 showed the concentration of high annual rainfall in the interior regions of the coasts of Jazan and Asir regions, and in the western parts of the Al-Baha region in the southwest of the Kingdom, and in the north of the governorate Al Udeid and south of Khafji Governorate, east of the Kingdom. The least rainy areas appeared in the coastal areas northwest and west of the Kingdom and in the coastal area in Al Udeid Governorate on the Arabian Gulf. The results of the general analysis of the change in the amount of rain between the two

periods showed a varying increase in the amount of rain in some coastal areas and a decrease and decline in the amount of rain. From the results of the spatial analysis of rain distribution between 2010-2020, it was observed that large amounts of annual rainfall were concentrated in the interior regions of the coasts of the Jazan and Asir regions. The upper limit of the amount of rain in the coastal areas of the Kingdom decreased from the previous stage. The results of the analysis showed a change trend. The amount of rain between the two periods showed a varying increase in the amount of rain in some coastal areas, represented in the center of the coastal area in Jazan, Asir and northwest of Tabuk region, while it decreased in other areas.

In terms of environmental impacts, the results of the research confirmed the concentration of dust rates between 1980-2020 in the coastal, interior and central areas of the coastal region extending over the Arabian Gulf, while the least amounts of dust were concentrated in the coastal areas in the northwest of the Kingdom in the Tabuk region. And other results of interest to planners and related institutions.

Key Words: Rain change, coastal areas, GIS, Saudi Arabia, environmental impacts.