

تباين التركيز الفصلي للأمطار واثره على كثافة الغطاء النباتي في قضاء
جمجمال ضمن الإقليم شبه الرطب في شمال العراق

م.د. عمار مجيد مطلق

ammar.m.mutlk@aliraqia.edu.iq


ا.د. خليل كاظم جاسم

Khalil_Gasem@aliraqia.edu.iq

كلية الآداب / الجامعة العراقية

م.م. عبد الكريم سعدون محمد

وزارة التربية/ تربية الكرخ ٢



*Seasonal Rainfall Concentration Variability and Its Impact on Vegetation
Cover Density in Chamchamal District within the Semi-Humid Region of
Northern Iraq*

Assistant Professor Dr. Ammar Majeed Mutlak

Professor Dr. Khalil Kadhim Jasim

College of Arts / Iraqi University

Assistant Lecturer Abdul Karim Saadoun Mohammed

Ministry of Education / Al-Karkh Second Directorate of Education (Karkh 2)



المستخلص

تناول البحث تباين التركيز الفصلي للأمطار وأثره في كثافة الغطاء النباتي في قضاء جمجمال ضمن الإقليم شبه الرطب في شمال العراق، بالاعتماد على بيانات ثلاث محطات افتراضية للأمطار وخرائط الغطاء النباتي المستخرجة من مؤشر NDVI. وقد أظهرت النتائج أن التركيز الشتوي كان النمط الأكثر تكراراً في المحطة الأولى بواقع ٢٠ سنة من أصل ٣٦ سنة، وفي المحطة الثانية ١٧ سنة، في حين كان التركيز الربيعي هو الأبرز في المحطة الثالثة بواقع ١٧ سنة. كما تبين وجود ٢٩ سنة مشتركة بين المحطات الثلاث في فصل التركيز، منها ١٤ سنة تركّز شتوي مشترك، و ١٤ سنة تركّز ربيعي مشترك، وسنة واحدة فقط للتركز الخريفي المشترك هي ١٩٩٤-١٩٩٥. أما سنوات التوزيع النسبي المعتدل فقد بلغت ٤ سنوات فقط، مثلت ١١.١٪ من مدة الدراسة.

وأوضحت النتائج أن السنة الممثلة للتركز الخريفي سجلت متوسط أمطار موسمية بلغ ٣٤٩.٤١ ملم، مع حصة خريفية بلغت ٣٨.٤١٪، في حين سجلت السنة الممثلة للتركز الشتوي ٤٤٠.٣ ملم فقط، إلا أن الشتاء استحوذ فيها على ٩٢.٦٩٪ من أمطار الموسم، وهو أعلى تركّز فصلي مسجل. أما السنة الممثلة للتركز الربيعي فقد بلغ متوسط أمطارها ٢٢٩.٣٠ ملم، وبلغت حصة الربيع فيها ٥٧.٣٦٪، بينما سجلت سنة التوزيع المعتدل ٢٩٥.٠٩ ملم، توزعت أمطارها بين الخريف ٣٥.٥٧٪، والشتاء ٢٩.٤٠٪، والربيع ٣٥.٠٠٪. وفيما يتعلق بالغطاء النباتي، أظهرت خرائط NDVI أن أفضل استجابة نباتية كانت في سنة ٢٠١٩ الممثلة للتركز الشتوي، إذ بلغت نسبة الغطاء النباتي الكثيف والكثيف جداً ٤٠.٣٥٪، وانخفضت الأراضي الجرداء إلى ٩.٩٧٪ فقط. في المقابل، مثلت سنة ٢٠١٥ أضعف حالة نباتية، إذ بلغت الفئات الضعيفة ٩١.٤٦٪ من المساحة. كما أظهرت معاملات ارتباط بيرسن أن أمطار الشتاء وإجمالي الموسم كانا الأكثر تأثيراً في الفئات النباتية الكثيفة، إذ بلغ معامل الارتباط مع الغطاء الكثيف ٠.٨٦٨ للشتاء و ٠.٩٨٩ لإجمالي الموسم. واستنتج البحث أن نوع التركيز الفصلي للأمطار أكثر تأثيراً من كمية المطر وحدها، وأن التركيز الشتوي والربيعي أكثر فاعلية في تحسين كثافة الغطاء النباتي مقارنة بالتركز الخريفي أو التوزيع المعتدل غير المقترن بكمية مطر كافية. كلمات مفتاحية: تباين التركيز الفصلي للأمطار، الغطاء النباتي، مؤشر NDVI، قضاء جمجمال، الإقليم شبه الرطب.

Abstract

This study examined the seasonal concentration of rainfall and its impact on vegetation cover density in Chamchamal District within the semi-humid region of northern Iraq, based on data from three virtual rainfall stations and vegetation-cover maps derived from the NDVI index. The results showed that winter concentration was the most frequent pattern at Station 1, occurring in 20 years out of 36, and at Station 2 in 17 years, whereas spring concentration was the dominant pattern at Station 3, also occurring in 17 years. The findings also revealed 29 common years among the three stations sharing the same concentration season, including 14 years of winter concentration, 14 years of common spring concentration, and only one year of common autumn concentration, namely 1994–1995. Years with a relatively balanced rainfall distribution were limited to 4 years only, representing 11.1% of the study period.

The results further indicated that the representative year for autumn concentration recorded a mean seasonal rainfall of 349.41 mm, with autumn contributing 38.41% of the total, whereas the representative year for winter concentration recorded only 44.03 mm, yet winter accounted for 92.69% of the seasonal rainfall, representing the highest seasonal concentration observed. The representative year for spring concentration recorded a mean of 229.30 mm, with spring contributing 57.36%, while the representative year for the balanced distribution pattern recorded 295.09 mm, distributed as 35.57% in autumn, 29.40% in winter, and 35.00% in spring.

Regarding vegetation cover, the NDVI maps showed that the best vegetation response occurred in 2019, the year representing the winter concentration pattern, where dense and very dense vegetation together reached 40.35%, while barren land declined to only 9.97%. In contrast, 2015 represented the weakest vegetation condition, with weak vegetation classes covering 91.46% of the area. Pearson correlation coefficients also showed that winter rainfall and total seasonal rainfall had the strongest relationship with dense vegetation classes, with correlation coefficients of 0.868 for winter rainfall and 0.989 for total seasonal rainfall. The study concluded that the type of seasonal rainfall concentration is more influential than rainfall amount alone, and that winter and spring concentration patterns are more effective in enhancing vegetation cover density than autumn concentration or balanced rainfall distribution not accompanied by sufficient rainfall amounts

. Keywords: Seasonal rainfall concentration variability, vegetation cover, NDVI, Chamchamal District, semi-humid region.

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

تُعد الأمطار العنصر المناخي الأكثر تأثيراً في تشكيل الغطاء النباتي، ولا سيما في الأقاليم شبه الرطبة التي تعتمد بشكل كبير على الهطول المطري في تغذية التربة بالمياه اللازمة لنمو النباتات. ولا تقتصر أهمية الأمطار على مجموعها السنوي، بل إن نمط توزيعها الفصلي يُمثل عاملاً حاسماً في تحديد كفاءة استجابة الغطاء النباتي، إذ إن التوازن الزمني للهطول بين الفصول يسهم في استدامة الرطوبة الأرضية وإطالة موسم النمو.

ويُعد تباين التركيز الفصلي للأمطار من أبرز السمات المناخية في المناطق الانتقالية، حيث تميل الأمطار إلى التركيز في فصل معين، غالباً الشتاء، مع تذبذب واضح في كميات الأمطار خلال فصل الربيع، الذي يُمثل المرحلة الحيوية لنمو النباتات. ويؤدي هذا التباين إلى اختلال التوازن المائي في التربة، مما ينعكس سلباً على العمليات الفسيولوجية للنبات، ويؤدي إلى تراجع كثافة الغطاء النباتي وتذبذب إنتاجيته.

ويعد الإقليم شبه الرطب في شمال العراق، وهو إقليم يتميز بتباين ملحوظ في التوزيع الفصلي للأمطار، حيث تعتمد النظم البيئية فيه على انتظام الهطول خلال فصلي الشتاء والربيع معاً. إلا أن التغيرات المناخية والتذبذبات الجوية قد أدت إلى زيادة عدم انتظام الأمطار من حيث التوقيت والشدة، مما أثر بشكل واضح في الغطاء النباتي الطبيعي والمزروع على حد سواء. ومع التطور الكبير في تقنيات الاستشعار عن بعد، أصبح من الممكن تحليل التغيرات في الغطاء النباتي بدقة عالية باستخدام مؤشرات مثل مؤشر الاختلاف الخضري الطبيعي (NDVI)، الذي يُعد أداة فعالة لقياس كثافة الغطاء النباتي ورصد استجابته للتغيرات المناخية، وخاصة الأمطار. ومن خلال الربط

بين البيانات المناخية والمؤشرات الفضائية، يمكن الوصول إلى فهم أعمق لطبيعة العلاقة بين التركيز الفصلي للأمطار والغطاء النباتي.

مشكلة البحث

ما أثر تباين التركيز الفصلي للأمطار في كثافة الغطاء النباتي في قضاء جمجمال ضمن الإقليم شبه الرطب في شمال العراق؟

وينتزع عنه عدد من التساؤلات الفرعية:

١. ما الأنماط السائدة للتركز الفصلي للأمطار في قضاء جمجمال خلال مدة الدراسة؟

٢. ما مستوى التباين المكاني والزمني في كثافة الغطاء النباتي في منطقة الدراسة؟

٣. هل تختلف استجابة الغطاء النباتي باختلاف فصل تركيز الأمطار؟

٤. أي الأنماط المطرية الفصلية أكثر فاعلية في تحسين كثافة الغطاء النباتي؟

فرضية البحث

يقوم البحث على فرضية مفادها أن:

تباين التركيز الفصلي للأمطار يؤثر بصورة واضحة في كثافة الغطاء النباتي في قضاء جمجمال، وأن تركيز الأمطار في الشتاء أو الربيع يكون أكثر فاعلية في زيادة كثافة الغطاء النباتي مقارنة بالتركز الخريفي أو بالتوزيع المطري الأقل كفاءة.

ويمكن دعمها بفرضيات فرعية على النحو الآتي:

١. توجد علاقة ارتباط بين نمط التركيز الفصلي للأمطار وبين كثافة الغطاء النباتي في قضاء جمجمال.
٢. يحقق التركيز الشتوي للأمطار استجابة نباتية أعلى من بقية أنماط التركيز الفصلي.
٣. لا يؤدي التوزيع المعتدل للأمطار بالضرورة إلى أعلى كثافة نباتية ما لم يقترن بكمية مطر كافية.
٤. تتباين مساحات فئات الغطاء النباتي بين السنوات المختارة تبعاً لتباين نمط التركيز الفصلي للأمطار.

هدف البحث

يهدف البحث إلى تحليل تأثير تباين التركيز الفصلي للأمطار في كثافة الغطاء النباتي في قضاء جمجمال، من خلال دراسة التباين الزمني للأمطار وربطه بمؤشرات الغطاء النباتي، بما يسهم في تفسير التغيرات البيئية في المنطقة، وتقديم قاعدة علمية تدعم التخطيط البيئي وإدارة الموارد الطبيعية في الإقليم شبه الرطب شمال العراق.

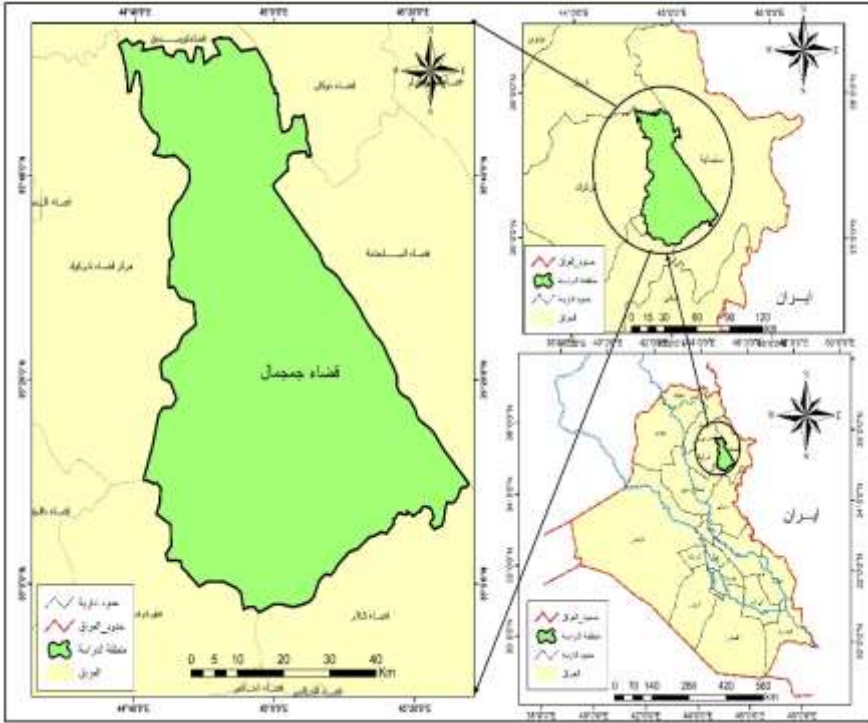
الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة

يقع قضاء جمجمال ضمن محافظة السليمانية، في الجزء الشمالي الشرقي من العراق ضمن النطاق شبه الرطب. ويُعد من أفضية محافظة السليمانية المعتمدة إدارياً ضمن بيانات هيئة إحصاء إقليم كردستان. جغرافياً، يقع القضاء بين مدينتي كركوك والسليمانية، إذ يتموضع إلى الشرق من كركوك وإلى الغرب من مدينة السليمانية، الأمر الذي يجعله ضمن منطقة انتقالية تربط السهل بالمناطق المتموجة والجبلية في

شمال العراق. كما أن موقع محافظة السليمانية أصلاً في الشمال الشرقي من العراق يضع قضاء جمجمال ضمن هذا الإطار الإقليمي الأوسع.

فلكياً، يقع قضاء جمجمال عند دائرة عرض تقارب 35.5° شمالاً وخط طول يقارب 44.8° شرقاً، وتضع هذه الإحداثيات المنطقة ضمن العروض الوسطى الدافئة نسبياً، وهو ما يفسر تأثرها بالأنظمة المطرية الشتوية والربيعية السائدة في شمال العراق. خريطة (١).

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر: الهيئة العامة للمساحة خريطة العراق بمقياس ١/١٠٠٠٠٠٠

المحور الاول

تحليل التركيز الفصلي للأمطار

يُقصد بتركز الأمطار ازدياد سقوط المطر في فترة زمنية محددة أو في فصل معين على حساب بقية أشهر أو فصول السنة، أي إن الهطول لا يتوزع بانتظام على الموسم المطري، بل يميل إلى التجمع في جزء منه. وتتبع أهمية هذا المفهوم من كونه يصف البنية الزمنية للهطول، وليس كميته الكلية فقط؛ فقد تتقارب منطقتان في مجموع الأمطار السنوي، لكنهما تختلفان في درجة انتظام المطر أو تركزه، الأمر الذي يقود إلى آثار بيئية وزراعية وهيدرولوجية مختلفة⁽¹⁾.

وتكتسب دراسة تركيز الأمطار في العراق أهمية خاصة بسبب الطبيعة الانتقالية لمناخه؛ إذ تتباين مساهمة الخريف والشتاء والربيع من سنة إلى أخرى، كما تختلف شدة التركيز بين الشمال والوسط والجنوب. وقد بينت دراسات عراقية أن الخريف يميل في عدد من المحطات إلى تركيز أعلى نسبياً، في حين يبدو الشتاء أكثر تجانساً، بينما يظهر الربيع حالة وسطية أو متباينة بحسب الموقع، كما يتضح أن النطاقين الشمالي والشمالي الشرقي من العراق أكثر وضوحاً في التركيز مقارنة بالأجزاء الجنوبية الغربية⁽²⁾.

وعلى مستوى شمال العراق، توصلت دراسات متخصصة إلى أن المحطات الشمالية تشترك غالباً في ذروة تركيز مطري تقع في قلب الموسم المطري، مع اختلاف طول الموسم بين محطة وأخرى. كما أظهرت نتائج مؤشر PCI السنوي وجود تركيز معتدل عموماً في عدد من محطات الشمال، في حين اتسم الفصل الرطب بانتظام أكبر من الفصل الجاف، وأظهر الشتاء درجات تركيز أقل من الخريف والربيع في عدد من

المواقع. وهذه النتيجة مهمة لأنها توضح أن قيمة المطر لا ترتبط بارتفاع الكمية فقط، بل أيضًا بمدى انتظام سقوطها داخل الموسم المطري نفسه⁽³⁾.

ومن الناحية التطبيقية، لا تقتصر أهمية تركيز الأمطار على الوصف المناخي، بل تمتد إلى تفسير الفاعلية البيئية للهطول؛ فالأمطار التي تتركز بشدة في فترة قصيرة قد تزيد من احتمالات الجريان السطحي والانجراف، وتقلل من كفاءة التخزين الرطوبي في التربة، في حين يتيح التوزيع الأكثر اعتدالاً استمرار الرطوبة لفترة أطول ودعم مراحل النمو النباتي. لذلك تُستخدم مؤشرات التركيز في دراسات المخاطر الهيدرولوجية والانجراف وتخطيط الموارد المائية وتحليل العلاقة بين المطر والغطاء النباتي، ولا سيما في البيئات شبه الرطبة⁽⁴⁾.

وبناءً على ذلك، فإن دراسة تركيز الأمطار في قضاء جمجمال لا تعني فقط معرفة أي الفصول أكثر مطراً، بل تعني كذلك الكشف عن درجة هيمنة فصل معين على أمطار الموسم، ومدى اختلاف هذا النمط بين السنوات، ثم تفسير أثره في كثافة الغطاء النباتي. فحين تتركز الأمطار في الشتاء أو الربيع مع كميات مناسبة، تكون الاستفادة الرطوبية غالباً أعلى من الحالات التي يتركز فيها المطر في فترة قصيرة أو بكمية محدودة، وهو ما يجعل تحليل التركيز الفصلي خطوة أساسية في تفسير التباين النباتي في الإقليم شبه الرطب شمال العراق⁽⁵⁾.

اعتمد التحليل على بيانات NASA POWER الشهرية للمطر للمحطات الافتراضية الثلاثة التي تم اعتمادها ضمن منطقة الدراسة شمال ووسط وجنوب المنطقة من خلال تجميع الأمطار ضمن ثلاثة فصول الخريف، الشتاء، والربيع وتذكر وثائق NASA POWER أن التراكمات الشهرية في المنتج المناخي تبنى من دمج بيانات متعددة بعد معالجات جودة وتجميع زمني على المستوى الأسبوعي ثم الشهري، وهو ما

يجعلها مناسبة لتحليل التوزيع الفصلي عند غياب القياسات الأرضية الكثيفة (NASA POWER Project, 2026).

ومن الناحية المناخية، تشير الدراسات الخاصة بالعراق وشماله إلى أن معظم الأمطار تتركز في الأشهر الباردة، مع امتداد واضح للموسم المطري في الشمال من تشرين الثاني إلى نيسان أو أيار، بينما تكون أشهر الصيف جافة إلى حد بعيد، كما بينت دراسات أحواض شمال شرق العراق أن التوزيع السنوي للأمطار يميل بقوة إلى الشتاء والربيع، مع حصص أقل للخريف وحضور شبه منعدم للصيف⁽⁶⁾.

ويقصد بتركز الفصل أن يكون هذا الفصل صاحب أعلى مساهمة نسبية من مجموع أمطار الموسم في السنة نفسها. أما التوزيع النسبي المعتدل فقد حدد هنا إجرائياً عندما كانت أعلى حصة فصلية لا تتجاوز 45% وأدنى حصة لا تقل عن 20% في المحطات جميعاً ضمن السنة نفسها. وهذا معيار تحليلي يساعد على تمييز المواسم المتوازنة نسبياً عن المواسم التي يهيمن فيها فصل واحد بوضوح.

١ - التركيز الخريفي للأمطار

يبين جدول (١) أن مساهمة الخريف في النظام المطري السنوي تبقى الأقل نسبياً مقارنة بالشتاء والربيع، وأن عدد سنوات التركيز الخريفي محدود جداً في المحطات الثلاث. وهذا ينسجم مع الأدبيات المناخية التي تصف بداية الموسم المطري في العراق الشمالي بوصفها مرحلة انتقالية، إذ تبدأ الأمطار في الخريف ولكن التقل الأكبر يتجه عادة إلى الشتاء ثم الربيع.

جدول (١) التركيز الخريفي للأمطار

المعدل للفصل	متوسط مساهمة الفصل %	نسبة سنوات التركز %	عدد سنوات التركيز	المحطة
58.68	19.47	2.8	1	Station 1
63.43	20.69	11.1	4	Station 2
65.31	20.83	13.9	5	Station 3

NASA POWER Data Access المصدر: بالاعتماد على بيانات منصة **Viewer** التابعة لوكالة ناسا.

التركز الخريفي المشترك ظهر في موسم واحد فقط هو 1994-1995 ، وهو ما يؤكد أن هيمنة الخريف على الموسم المطري حالة نادرة نسبيا . علميا، يعكس ذلك أن أمطار أوائل الموسم وحدها لا تكفي غالبا لتصبح مركز النقل المائي ما لم تقترن ببداية مبكرة وقوية واستمرار محدود لاحق للأمطار الشتوية والربيعية.

٢- التركيز الشتوي للأمطار

يوضح جدول (٢) لفصل الشتاء أن هذا الفصل يمثل القلب المطري للمحطات الثلاث، إذ يحقق أعلى متوسط مساهمة فصلية، ويستحوذ على العدد الأكبر من سنوات التركيز، ولا سيما في محطة 1 ثم محطة 2. وهذا متوافق مع الدراسات الإقليمية التي تشير إلى أن القسم الأكبر من أمطار العراق وشماله يقع في الأشهر الباردة، وأن نظم المنخفضات الشتوية تشكل المحرك الرئيس للمجاميع الموسمية. سجل الشتاء 14 موسما مشتركا في التركيز بين المحطات الثلاث، وهو أعلى عدد ضمن الفصول. وهذا يدعم الرأي المناخي القائل بأن شتاء العراق الشمالي أكثر الفترات ثباتا في الفاعلية المطرية وأشدّها تأثيرا في بناء المجاميع الموسمية. خريطة (٢)

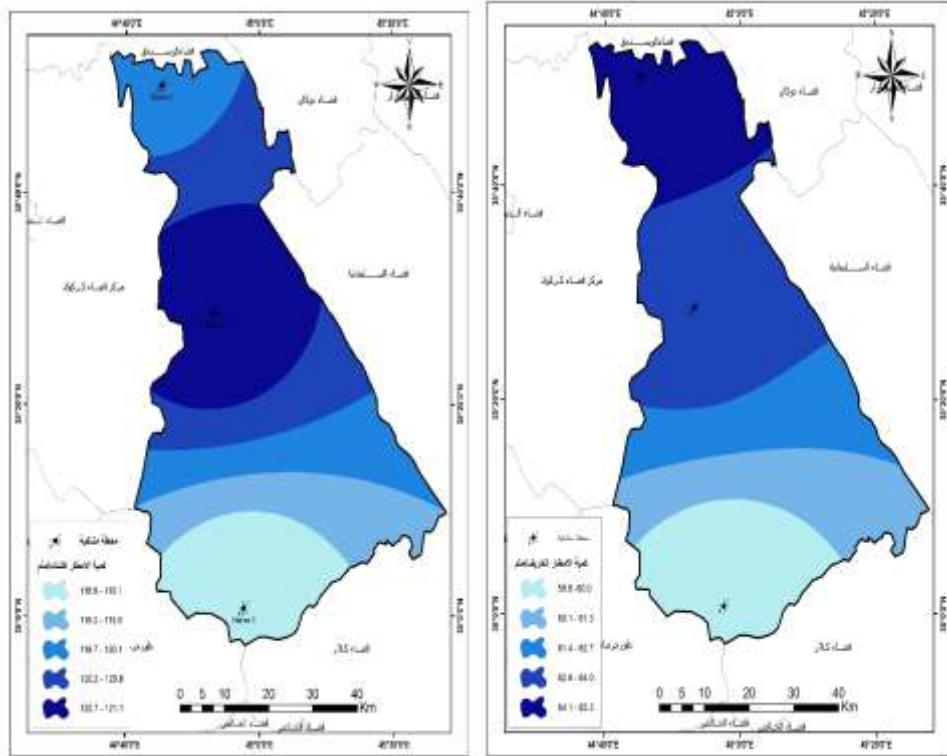
تباين التركيز الفصلي للأمطار واثره على كثافة الغطاء النباتي في قضاء جمجمال ضمن الإقليم شبه الرطب في شمال العراق

جدول (٢) التركيز الشتوي للأمطار

المحطة	عدد سنوات التركيز	نسبة سنوات التركيز %	متوسط مساهمة الفصل %	المعدل ملم
Station 1	20	55.6	45.28	118.6
Station 2	17	47.2	42.96	121.12
Station 3	14	38.9	41.24	119.98

المصدر: بالاعتماد على بيانات منصة NASA POWER Data Access Viewer التابعة لوكالة ناسا

خريطة (٢) النمذجة المكانية للتركز الفصلي للأمطار لفصلي الخريف والشتاء



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على برنامج Gis v10.8

٣- التركيز الربيعي للأمطار

يكشف جدول (٣) لفصل الربيع أن هذا الفصل يحتل مرتبة متقدمة جدا في التركيز، بل يقترب من الشتاء أو يوازيه في بعض المحطات، خاصة محطة 3. وهذه النتيجة منطقية في شمال العراق والمناطق القريبة من الإقليم الجبلي، حيث تستمر فاعلية الأمطار إلى الربيع وتبقى مساهمته المائية كبيرة، كما يظهر في دراسات شمال شرق العراق التي سجلت وزنا مرتفعا للربيع بعد الشتاء مباشرة. سجل الربيع 14 موسما مشتركا في التركيز بين المحطات الثلاث، وهو عدد مرتفع جدا ومقارب للشتاء. وتدل هذه النتيجة على أن نهاية الموسم المطري تحتفظ بدور هيدرولوجي مهم في المنطقة، وأن الحالات الربيعية قادرة على ترجيح الكفة الفصلية في عدد كبير من المواسم، وهو ما ينسجم مع خصائص الأحواض الشمالية الشرقية للعراق .

تظهر الخلاصة أن التوافق المكاني بين المحطات يكون قويا جدا عندما يكون التركيز شتويا أو ربيعيا، بينما يضعف بشدة في حالة الخريف. وهذا يعني أن البنية المطرية الإقليمية أكثر استقرارا في منتصف الموسم ونهايته منها في بدايته، وهي سمة تتفق مع النمط المتوسطي-شبه الجاف السائد في شمال العراق .

جدول(٣) التركيز الربيعي للأمطار

المعدل	متوسط مساهمة الفصل %	نسبة سنوات التركز %	عدد سنوات التركيز	المحطة
101.5	35.26	41.7	15	Station 1
109.39	36.34	41.7	15	Station 2
116.33	37.93	47.2	17	Station 3

المصدر: بالاعتماد على بيانات منصة NASA POWER Data Access Viewer

التابعة لوكالة ناسا

٣- التوزي المعتدل للأمطار

يُظهر الجدول (٤) أن سنوات التوزيع النسبي المعتدل كانت محدودة التكرار، إذ بلغ عددها ٤ سنوات فقط في كل محطة من أصل ٣٦ سنة، أي ما نسبته ١١.١٪ من مجموع سنوات الدراسة. وهذا يعني أن هذا النمط لا يمثل الحالة المطرية الغالبة، بل يعد من الأنماط الأقل ظهوراً مقارنة بسنوات التركيز الفصلي الواضح.

وعلى مستوى المتوسطات العامة للمحطات الثلاث، بلغ متوسط مساهمة الخريف نحو ٣٣.٦٧٪، وبلغ متوسط مساهمة الشتاء نحو ٣٤.٥٣٪، في حين بلغ متوسط مساهمة الربيع نحو ٣١.٨٠٪. وتوضح هذه الأرقام أن الفصول الثلاثة كانت متقاربة نسبياً في سنوات الاعتدال، مع تقدم طفيف لفصل الشتاء، يليه الخريف، ثم الربيع. وهذا يؤكد أن التوزيع المعتدل لا يعني التساوي التام، وإنما يعني أن الفروق بين الفصول بقيت ضمن حدود محدودة.

أما من حيث حدود التباين، فقد بلغ متوسط أدنى مساهمة فصلية في المحطات الثلاث نحو ٢٤.٤٥٪، في حين بلغ متوسط أعلى مساهمة فصلية نحو ٤٣.٤٩٪. ويشير ذلك إلى أن أدنى فصل لم ينخفض إلى مستويات هامشية، كما أن أعلى فصل لم يصل إلى درجة الهيمنة المطلقة، وهو ما ينسجم مع وصف هذه السنوات بأنها سنوات توزيع نسبي معتدل.

جدول (٤) التوزيع الفصلي المعتدل للأمطار

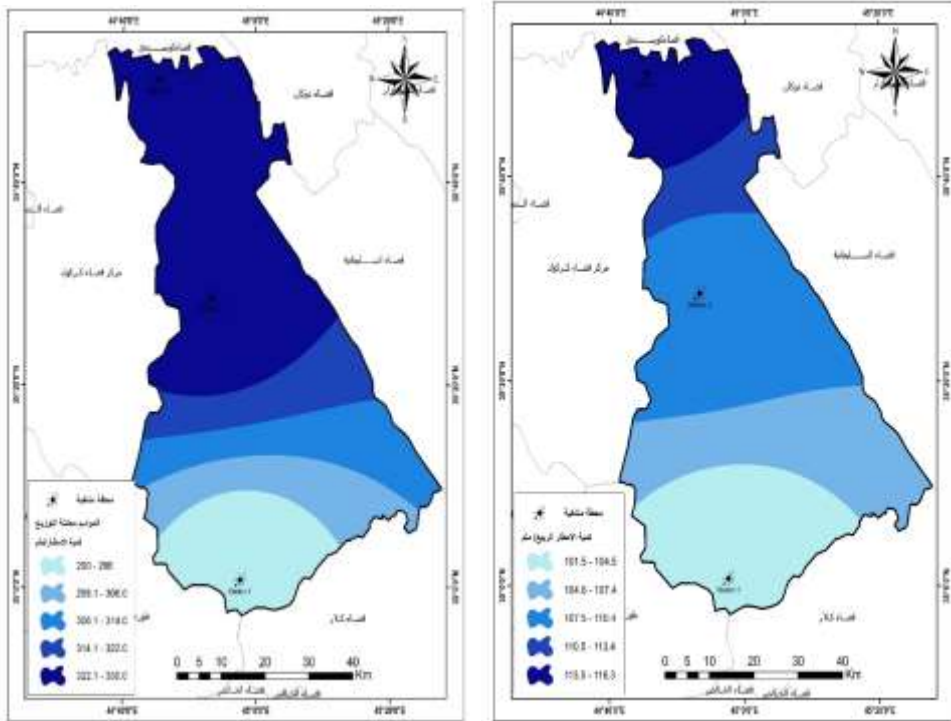
المحطة	عدد سنوات	النسبة %	متوسط مساهمة الخريف %	متوسط مساهمة الشتاء %	متوسط مساهمة الربيع %	المعدل (مم)
Station 1	4	11	29	39	32	290
Station 2	4	11	36	33	31	330
Station 3	4	11	36	31	32	329

المصدر: بالاعتماد على بيانات منصة NASA POWER Data Access

Viewer التابعة لوكالة ناسا

وفيما يتعلق بكميات الأمطار، بلغ متوسط المعدل المطري العام لسنوات التوزيع المعتدل في المحطات الثلاث نحو ٣١٦.٣٣ مم، توزعت بين ٢٨٩.٥٢ مم في المحطة الأولى، و٣٣٠.٤٦ مم في المحطة الثانية، و٣٢٩.٠١ مم في المحطة الثالثة. وهذا يعني أن سنوات الاعتدال لم تكن بالضرورة الأعلى مطراً، لكنها اتسمت أساساً بكون الأمطار موزعة بين الفصول بطريقة أكثر توازناً.

خريطة (٣) النمذجة المكانية للتركز المطري للأمطار لفصل الربيع والتوزيع المعتدل



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على برنامج Gis v10.8

❖ الية اختيار السنوات الممثلة

بهدف تحديد سنة ممثلة لكل صنف من أصناف التركيز المطري التي تم التوصل إليها في التحليل السابق، وذلك لكي تُستخدم هذه السنوات لاحقًا في المناقشة المناخية أو في المقارنة المكانية بين المحطات.

تم أولاً تصنيف السنوات إلى أصناف بحسب فصل التركيز المشترك بين المحطات الثلاث، أي السنوات التي ظهر فيها الفصل نفسه بوصفه الفصل الأعلى مساهمة في مجموع أمطار الموسم المطري (أيلول-أيار). (وتكوّنت الأصناف من: التركيز الخريفي المشترك، والتركز الشتوي المشترك، والتركز الربيعي المشترك، إضافة إلى صنف السنوات ذات التوزيع النسبي المعتدل.

اعتمد اختيار السنوات الممثلة على مبدأ تمثيل النمط المطري السائد داخل كل صنف أكثر من تمثيل سنة شاذة أو ضعيفة المطر. وعليه اختيرت سنة التركيز الخريفي لأنها الوحيدة التي ظهر فيها تركب خريفي مشترك بين المحطات الثلاث، في حين اختيرت سنة التركيز الشتوي من بين السنوات ذات التركيز الشتوي المشترك بشرط أن تكون مطيرة نسبياً وتمثل سيادة واضحة للشتاء. أما سنة التركيز الربيعي فاخترت من السنوات الحديثة التي يتصدر فيها الربيع مجموع الأمطار بصورة واضحة، بينما اختيرت سنة التوزيع المتوازن من السنوات التي تقاربت فيها حصص الفصول الثلاثة دون هيمنة حادة لفصل واحد. ولغرض توحيد العرض في الجدول، استعمل متوسط المحطات الثلاث بوصفه قيمة ممثلة واحدة لكل صنف.

جدول (٥) السنوات المختارة حسب التركيز المطري الفصلي والتوزيع المعتدل

الصف	السنة المختارة	المجموع (مم)	الخريف (مم)	النسبة %	الشتاء (مم)	النسبة %	الربيع (مم)	النسبة %
التركز الخريفي	1994-1995	349.41	134.36	38.41	118.63	33.99	96.42	27.61
التركز الشتوي	2018-2019	533.81	79.29	14.16	312.74	58.91	141.78	26.93
التركز الربيعي	2023-2024	399.33	62.01	15.68	121.31	30.35	216.01	53.97
التوزيع المعتدل	2014-2015	304.91	110.66	35.82	116.61	38.71	77.64	25.47

المصدر: بالاعتماد على بيانات منصة NASA POWER Data Access Viewer التابعة لوكالة ناسا

تحليل نمط تركيز الأمطار في السنوات المختارة

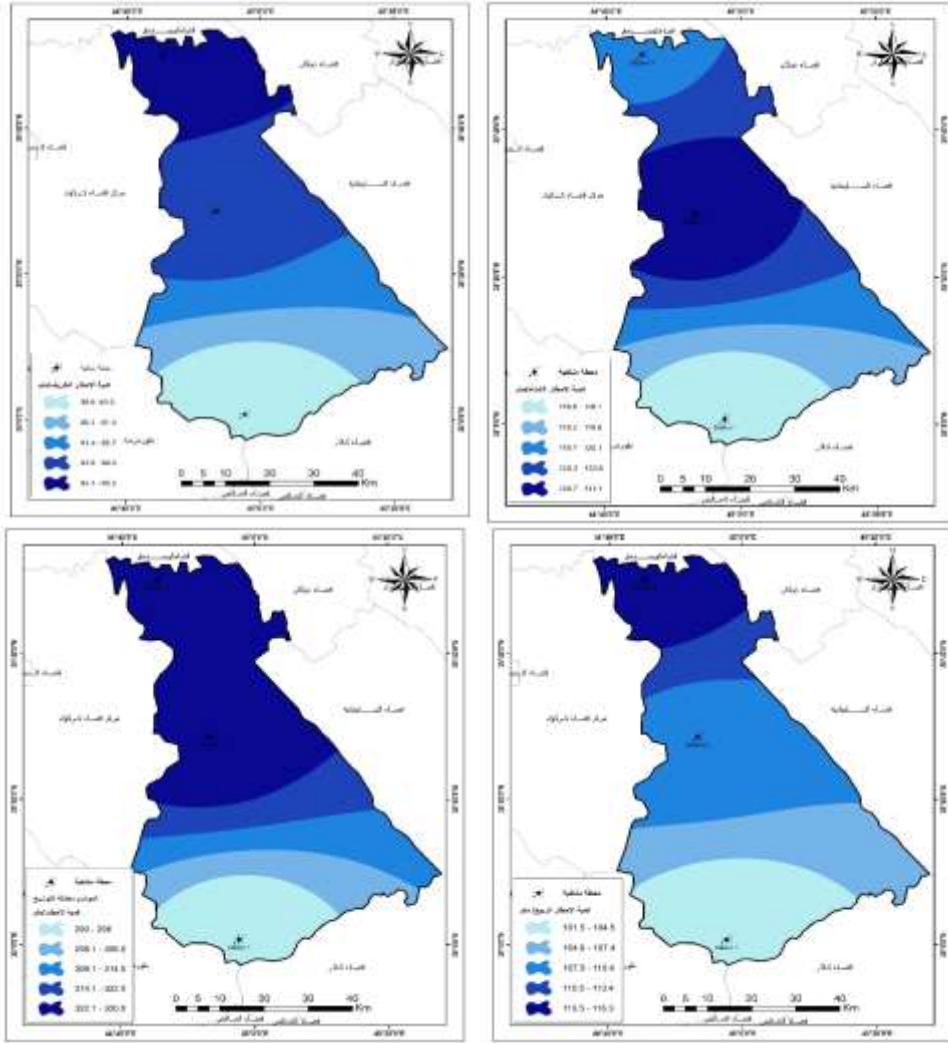
من خلال الجدول (٥) يلاحظ ان الموسم المطري ١٩٩٤-١٩٩٥ مثل صنف التركيز الخريفي المشترك، إذ بلغ متوسط أمطار الخريف ١٣٤.٣٦ مم مشكلاً ٣٨.٤١٪ من إجمالي الموسم، مقابل ٣٣.٩٩٪ للشتاء و ٢٧.٦١٪ للربيع. ويشير ذلك إلى أن السيادة المطرية كانت للخريف، لكن من دون انقطاع كامل لإسهام الشتاء والربيع، مما يعكس بداية موسمية رطبة مبكرة نسبياً.

بينما الموسم ٢٠١٨-٢٠١٩ تمثل صنف التركيز الشتوي المشترك تمثيلاً قوياً، إذ بلغ متوسط إجمالي الموسم ٥٣٣.٨١ مم، ووصل متوسط أمطار الشتاء إلى ٣١٤.٣٣ مم تقريباً بما يعادل ٥٨.٩١٪ من مطر الموسم، مقابل ١٤.١٦٪ فقط للخريف و ٢٦.٩٣٪ للربيع. ويعني هذا أن الذروة المطرية تركزت بوضوح في الشتاء، وهو النمط الأكثر انسجاماً مع الصفة الشتوية للهطول في الإقليم شبه الرطب.

اما الموسم المطري ٢٠٢٣-٢٠٢٤ تمثل صنف التركيز الربيعي المشترك، إذ بلغ متوسط أمطار الربيع ٢١٧.٠٤ مم مشكلاً ٥٣.٩٧٪ من إجمالي الموسم، بينما انخفضت حصة الخريف إلى ١٥.٦٨٪ وحصة الشتاء إلى ٣٠.٣٥٪. ويظهر من

ذلك أن القسم الأكبر من المطر تأخر إلى الربيع، وهو نمط يعزز الرطوبة المتأخرة ويجعل الربيع الفصل الحاسم في الاستجابة النباتية وأخيرا الموسم المطري ٢٠١٤-٢٠١٥ تمثل صنف التوزيع النسبي المتوازن، إذ توزعت الأمطار بين الفصول الثلاثة بنسب متقاربة نسبياً؛ فقد بلغت حصة الخريف ٣٥.٨٢٪، والشتاء ٣٨.٧١٪، والربيع ٢٥.٤٧٪. ورغم تقدم الشتاء بفارق محدود، فإن الفروق بين الفصول لم تكن حادة، الأمر الذي يجعل هذه السنة مثلاً مناسباً للتوازن النسبي في التوزيع الفصلي للأمطار.

خريطة (٤) كمية الامطار للموسمين المطريين الممتمئين للتركز الخريفي والشتوي



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على برنامج Gis v10.8

المحور الثاني: الغطاء النباتي

يُعدّ الغطاء النباتي أحد أهم المؤشرات البيئية التي تعكس التفاعل بين العناصر المناخية والسطح الأرضي، لأنه يمثل الناتج الحيوي المباشر لتوافر الرطوبة وخصوبة التربة وملاءمة الظروف الحرارية لنمو النبات. وتبرز أهميته في الدراسات الجغرافية

والبيئية من كونه عنصرًا حساسًا للتغيرات المطرية، ولا سيما في الأقاليم شبه الرطبة، حيث ترتبط كثافته وتوزيعه ودرجة اخضراره بكمية الأمطار وتوزيعها الزماني والفصلي. لذلك فإن دراسة الغطاء النباتي لا تقتصر على وصف مظهره المكاني، بل تمتد إلى تحليل ديناميته الزمنية بوصفه استجابة حيوية مباشرة للتقلبات المناخية، خاصة تباين التركيز الفصلي للأمطار.

ويعد مؤشر NDVI من اهم المؤشرات الطيفية واوسعها استخداما في الدراسات البيئية اذ تم عتمادة لأول مرة من قبل الباحث Rouse et al كمؤشر طيفي لدراسة الغطاءات النباتية وهو ناتج عن المعالجة الإحصائية للقناتين الطيفيتين الحمراء RED وتحت الحمراء القريبة NIR ووفقا للعلاقة الآتية :

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

تستفيد خوارزمية NDVI من حقيقة أن الغطاء النباتي الأخضر يعكس ضوءًا أقل وضوحًا ومزيدًا من NIR ، بينما تعكس النباتات الخضراء المتناثرة أو الأقل جزءًا أكبر من المرئي والأقل قرب الأشعة تحت الحمراء. يجمع NDVI بين خصائص الانعكاس هذه في نسبة لذا فهو مؤشر متعلق بقدرة التمثيل الضوئي. نطاق القيم التي تم الحصول عليها بين -1 و +1. تتوافق القيم الإيجابية فقط مع المناطق المزروعة ؛ كلما ارتفع المؤشر ، زاد محتوى الكلوروفيل في الهدف. تم استخدام NDVI لتحديد وتفسير مجموعة من مقاييس الفينولوجيا التي تصف أحداث دورة حياة النبات الدورية وكيف تتأثر بالتغيرات الموسمية والسنوية في المناخ يشير دليل NDVI المتكامل موسميًا إلى نشاط التمثيل الضوئي خلال موسم النمو ؛ وقد يشير معدل التغيير في NDVI إلى سرعة زيادة أو نقصان التمثيل الضوئي. تتأثر هذه المقاييس بعدة

خصائص للنباتات. وهو مؤشر جيد يدمج تأثير التغيرات المناخية على الغطاء النباتي وفقا لمقاييس ونماذج زمانية ومكانية (7).

وبناءً على ذلك، فإن اعتماد مؤشر NDVI في دراسة قضاء جمجمال يُعد مناسباً من الناحية المنهجية، لأنه يتيح قياس التغير في كثافة الغطاء النباتي بصورة كمية، وربطه بالتباين الفصلي للأمطار، ومن ثم تفسير أثر عدم تجانس التركيز المطري في الاستجابة النباتية ضمن الإقليم شبه الرطب شمال العراق. وهذا الربط بين البيانات المناخية والمؤشرات المستخرجة من المرئيات الفضائية يوفر أساساً علمياً متيناً لفهم العلاقات البيئية السائدة في منطقة الدراسة وتفسير تذبذب الكثافة النباتية بين المواسم والسنوات الممثلة لكل نمط تركيز وكما يأتي:

أولاً: نموذج التركيز الخريفي

من خلال تحليل الجدول (٦) تُظهر بيانات سنة ١٩٩٥ هيمنة واضحة للفئات النباتية الضعيفة على حساب الفئات الكثيفة؛ إذ بلغت مساحة الأراضي الجرداء ١٢١٧ كم^٢ تمثل ٣٠.٥٠٪ من الإجمالي، وبلغت مساحة الغطاء النباتي الضعيف جداً ١٣٢٥ كم^٢ بنسبة ٣٣.٢١٪، في حين سجل الغطاء النباتي الضعيف ٩١٠ وحدات بنسبة ٢٢.٨١٪. وبذلك يصل مجموع الفئات الضعيفة إلى ٨٦.٥٢٪ من إجمالي المساحة المصنفة، مقابل ١٠.٠٨٪ فقط للغطاء الكثيف و ٣.٣٨٪ للغطاء الكثيف جداً. وتدل هذه النتيجة على أن التركيز الخريفي لم يكن كافياً لإنتاج استجابة نباتية واسعة، وهو ما ينسجم مع الدلالة العامة لـ NDVI، إذ ترتبط القيم المنخفضة عادة بضعف الغطاء النباتي وزيادة انكشاف السطح. وتؤكد خريطة سنة ١٩٩٥ هذا الاتجاه؛ إذ تُظهر سيادة واضحة للفئات الجرداء والضعيفة في الجنوب والوسط، في حين تتحصر المساحات الخضراء الأكثر كثافة في الشرق والشمال الشرقي مع جيوب محدودة في

الشمال. وتشير هذه الصورة إلى أن التحسن النباتي كان موضعياً ولم يتحول إلى نمط عام على مستوى القضاء، بما يعني أن الأمطار الخريفية أسهمت في تنشيط الغطاء النباتي في أجزاء محدودة فقط، دون أن توفر رطوبة مستمرة تسمح بانتشار أوسع للفئات الكثيفة. وهذا يتفق مع كون NDVI يعكس الاستجابة الحيوية الفعلية للنباتات، لا مجرد حدوث الهطول بحد ذاته.

جدول (٦) مساحات أصناف الغطاء النباتي في منطقة الدراسة

نمط التركيز السنوات	التركز الخريفي	التركز الشتوي	التركز الربيعي	التوزيع المعتدل
1995	2019	2024	2015	
1217	398	852	922	ترب جرداء
1325	833	1182	1720	غطاء نباتي ضعيف جدا
910	1150	846	1007	غطاء نباتي ضعيف
402	1037	676	243	غطاء نباتي كثيف
135	573	435	98	غطاء نباتي كثيف جدا

المصدر: عمل الباحث من خلال معالجة صور الأقمار الصناعية للقمر الأمريكي لاند سات ٥،٧،٨

والملتقطة في فصل الربيع للسنوات المختارة

ثانياً: نموذج التركيز الشتوي

تمثل سنة ٢٠١٩ أفضل النماذج المختارة من حيث حالة الغطاء النباتي. فقد انخفضت مساحة الأراضي الجرداء إلى ٣٩٨ كم^٢ فقط بنسبة ٩.٩٧٪، وبلغت مساحة الغطاء الضعيف جداً ٨٣٣ كم^٢ بنسبة ٢٠.٨٨٪، والغطاء الضعيف ١١٥٠ كم^٢ بنسبة ٢٨.٨٢٪، في حين ارتفعت مساحة الغطاء النباتي الكثيف إلى ١٠٣٧ كم^٢ بنسبة ٢٥.٩٩٪، والكثيف جداً إلى ٥٧٣ كم^٢ بنسبة ١٤.٣٦٪. وبذلك بلغت الفئات الكثيفة مجتمعة ٤٠.٣٥٪، وهي أعلى نسبة بين السنوات الأربع. ويشير ذلك إلى أن التركيز الشتوي كان الأكثر كفاءة في دعم النمو النباتي، على الأرجح بسبب دوره في إعادة شحن رطوبة التربة خلال الجزء البارد من الموسم، بما يهيئ ظروفًا أفضل للنمو اللاحق. وتدعم خريطة ٢٠١٩ هذه النتيجة بوضوح، إذ يظهر توسع كبير للألوان

الخضراء الفاتحة والغامقة في الشمال والشمال الشرقي والشرق، مع تحسن نسبي في أجزاء من الوسط أيضاً، في مقابل تراجع ملموس للمساحات الجرداء. وتكشف هذه الخريطة عن استجابة نباتية قوية وأكثر انتشاراً مكانياً من بقية النماذج، بما يجعل سنة ٢٠١٩ الممثل الأوضح للعلاقة الإيجابية بين التركيز الشتوي وتحسن كثافة الغطاء النباتي. وهذه القراءة تتسجم مع الاستخدام المعياري لـ NDVI في تتبع التغيرات في كثافة النبات وصحته ومراقبة "الاضرار" الموسمي والمكاني.

ثالثاً: نموذج التركيز الربيعي

تمثل سنة ٢٠٢٤ حالة وسطية بين النمط الشتوي الأفضل وبين النمطين الخريفي والمعتدل الأضعف. فقد بلغت مساحة الأراضي الجرداء ٨٥٢ كم^٢ بنسبة ٢١.٣٥٪، وبلغ الغطاء النباتي الضعيف جداً ١١٨٢ كم^٢ بنسبة ٢٩.٦٢٪، وبلغ الغطاء النباتي الضعيف ٨٤٦ كم^٢ بنسبة ٢١.٢٠٪، ليصل مجموع الفئات الضعيفة إلى ٧٢.١٨٪. وفي المقابل، بلغت مساحة الغطاء النباتي الكثيف ٦٧٦ كم^٢ بنسبة ١٦.٩٤٪، والغطاء الكثيف جداً ٤٣٥ كم^٢ بنسبة ١٠.٩٠٪، أي ما مجموعه ٢٧.٨٤٪ للفئات الكثيفة. وتدل هذه القيم على أن التركيز الربيعي حسن الغطاء النباتي بدرجة ملحوظة، لكنه لم يبلغ مستوى التحسن الذي تحقق في النموذج الشتوي.

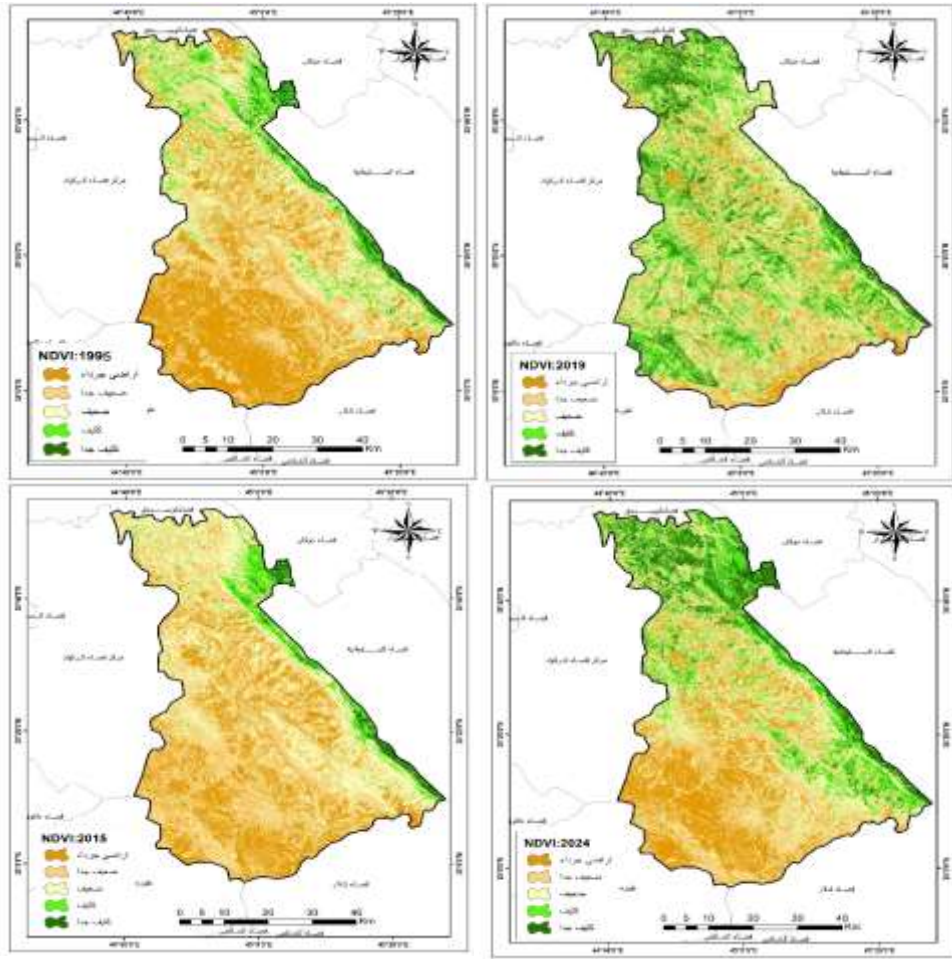
أما الخريطة الخاصة بسنة ٢٠٢٤ فتُظهر استمرار التركيز الأفضل للغطاء النباتي في الشرق والشمال الشرقي، مع تحسن محدود في بعض أجزاء الشمال والوسط، في حين تبقى الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية أكثر ميلاً إلى التجرد والضعف النباتي. ويفهم من ذلك أن المطر الربيعي كان ذا أثر إيجابي، لكنه ظل أقل فاعلية من المطر الشتوي في تكوين غطاء نباتي كثيف وواسع الانتشار، وهو أمر منطقي بيئياً لأن فعالية المطر الربيعي تكون أعلى عندما يسبقه خزن رطوبي شتوي جيد في التربة.

رابعاً: نموذج التوزيع المعتدل

على الرغم من أن سنة ٢٠١٥ تمثل التوزيع المطري المعتدل بين الفصول، فإنها سجلت أضعف بنية نباتية بين النماذج المختارة. فقد بلغت مساحة الأراضي الجرداء ٩٢٢ كم^٢ بنسبة ٢٣.١١٪، وبلغ الغطاء النباتي الضعيف جداً ١٧٢٠ كم^٢ بنسبة ٤٣.١١٪، وبلغ الغطاء النباتي الضعيف ١٠٠٧ وحدات بنسبة ٢٥.٢٤٪. وبهذا يصل مجموع الفئات الضعيفة إلى ٩١.٤٦٪ من الإجمالي، في حين لم تتجاوز مساحة الغطاء النباتي الكثيف ٢٤٣ كم^٢ بنسبة ٦.٠٩٪، وبلغ الغطاء الكثيف جداً ٩٨ كم^٢ فقط بنسبة ٢.٤٦٪. وتوضح هذه الأرقام أن اعتدال التوزيع الفصلي للأمطار لا يفضي بالضرورة إلى غطاء نباتي جيد، لأن كثافة الغطاء النباتي تتأثر أيضاً بكمية المطر الكلية وفعالية الرطوبة المخزونة في التربة.

وتظهر خريطة ٢٠١٥ سيطرة واسعة للفئات الضعيفة، لا سيما في الجنوب والجنوب الغربي والوسط، مع تراجع واضح للمساحات الخضراء الكثيفة، التي تظل متركزة بصورة محدودة في الشرق والشمال الشرقي. وتُعد هذه السنة مهمة تحليلياً لأنها تكشف أن "الاعتدال" في التوزيع المطري لا يكفي وحده لتحسين الغطاء النباتي إذا لم يقترن بكمية مطر مناسبة أو ظروف سطحية ملائمة. ومن منظور الاستشعار عن بعد، فإن NDVI يقيس كثافة الاخضرار الفعلي، ولذلك قد تعكس السنة توازناً مطرياً شكلياً مع بقاء الغطاء النباتي ضعيفاً على أرض الواقع.

خريطة (٥) أصناف الغطاء النباتي للسنوات المختارة في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحث من خلال معالجة صور الأقمار الصناعية للقمر الأمريكي لاند سات ٥,٧,٨ سات والملقطة في فصل الربيع للسنوات المختارة

القراءة الشاملة تكشف من خلال المقارنة بين النماذج الأربعة أن ترتيبها من الأفضل نباتياً إلى الأضعف هو: ٢٠١٩ (التركز الشتوي)، ثم ٢٠٢٤ (التركز الربيعي)، ثم ١٩٩٥ (التركز الخريفي)، وأخيراً ٢٠١٥ (التوزيع المعتدل). وتوضح هذه النتيجة أن نوع التركيز الفصلي للأمطار أكثر أهمية من مجرد التوازن الشكلي في توزيع المطر بين الفصول، إذ يبدو أن الأمطار الشتوية كانت الأكثر قدرة على دعم الكثافة النباتية،

في حين لم يؤدّ التوزيع المعتدل وحده إلى تحسين بنية الغطاء النباتي في السنة الممثلة له. كما تُظهر الخرائط نمطاً مكانياً متكرراً يتمثل في احتفاظ القطاع الشرقي والشمالي الشرقي بغطاء نباتي أفضل نسبياً في معظم السنوات، مقابل استمرار غلبة الفئات الجرداء والضعيفة في الجنوب والوسط، وهو ما يشير إلى تفاعل المطر مع عوامل مكانية أخرى مثل التضرس والارتفاع وخصائص السطح.

الارتباط بين فئات الغطاء النباتي وكمية الأمطار الفصلية

تبين نتائج ارتباط بيرسن بين فئات الغطاء النباتي المستخرجة من خرائط NDVI وبين كميات الأمطار الفصلية في السنوات الممثلة للأصناف الأربعة المختارة، وهي: ١٩٩٤-١٩٩٥ (التركز الخريفي)، ٢٠١٤-٢٠١٥ (التوزيع المعتدل)، ٢٠١٨-٢٠١٩ (التركز الشتوي)، و٢٠٢٣-٢٠٢٤ (التركز الربيعي). وقد اعتمدت الأمطار على متوسط المحطات الثلاث، في حين اعتمدت فئات الغطاء النباتي على المساحات المستخرجة من الخرائط المصنفة. وتُفسّر قيمة معامل بيرسن (r) ضمن المدى من -١ إلى +١؛ إذ تدل الإشارة الموجبة على علاقة طردية، والسالبة على علاقة عكسية، بينما يشير الاقتراب من ± 1 إلى قوة أكبر في العلاقة الخطية. (SciPy, n.d.)

جدول (٧) علاقة الارتباط بين الامطار واصناف الغطاء النباتي

فئة الغطاء النباتي	الخريف	الشتاء	الربيع	إجمالي الموسم
أراضٍ جرداء	0.691	-0.887	-0.339	-0.853
غطاء نباتي ضعيف جداً	0.535	-0.796	-0.562	-0.953
غطاء نباتي ضعيف	-0.045	0.856	-0.351	0.605
غطاء نباتي كثيف	-0.674	0.868	0.578	0.989
غطاء نباتي كثيف جداً	-0.826	0.770	0.722	0.933

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على برنامج spss v.28

توضح النتائج أن فئة الأراضي الجرداء ارتبطت ارتباطاً موجباً مع أمطار الخريف ($r = 0.691$)، لكنها ارتبطت ارتباطاً عكسياً قوياً مع أمطار الشتاء ($r = -0.887$) ومع إجمالي الموسم ($r = -0.853$) ويعني ذلك أن زيادة الأمطار الشتوية والمجموع المطري الكلي اقترنت بانخفاض المساحات الجرداء، في حين أن ارتفاع المطر الخريفي وحده لم يكن كافياً لتقليص هذه الفئة. وهذا يتفق مع كون الاستجابة النباتية الفعلية، كما يعكسها NDVI، تعتمد على الرطوبة الأكثر استدامة خلال موسم النمو لا على البداية المطرية المبكرة فقط (NASA Earthdata, n.d.; NASA Earth Observatory, 2000). كما أظهرت فئة الغطاء النباتي الضعيف جداً نمطاً قريباً من الأراضي الجرداء، إذ ارتبطت سلباً بقوة مع إجمالي الموسم ($r = -0.953$) ومع أمطار الشتاء ($r = -0.796$)، كما ارتبطت سلباً بدرجة متوسطة مع أمطار الربيع ($r = -0.562$) وتدل هذه العلاقات على أن تحسن الرصيد المطري، ولا سيما في الشتاء، يؤدي إلى تقليص المساحات النباتية الهشة وشبه الجرداء. وهذا ينسجم مع وظيفة مؤشرات الغطاء النباتي في تمثيل كثافة الاضرار وحالة الغطاء الحي على السطح (NASA Earthdata, n.d.) أما فئة الغطاء النباتي الضعيف فقد أظهرت ارتباطاً موجباً قوياً مع أمطار الشتاء ($r = 0.856$) وارتباطاً موجباً متوسطاً مع إجمالي الموسم ($r = 0.605$)، مقابل علاقة شبه معدومة مع أمطار الخريف ($r = -0.045$) ويمكن تفسير ذلك بأن زيادة الأمطار الشتوية لا تنقل المشهد مباشرة إلى فئات كثيفة فقط، بل قد توسع أيضاً الفئة الضعيفة بوصفها مرحلة انتقالية بين الجرداء والفئات الأعلى كثافة، لاسيما في البيئات شبه الرطبة التي تتباين فيها الاستجابة النباتية مكانياً. (USGS, n.d.)

كذلك سجلت فئة الغطاء النباتي الكثيف أوضح استجابة إيجابية للمطر، إذ ارتبطت بقوة كبيرة مع إجمالي الموسم ($r = 0.989$) ومع أمطار الشتاء ($r = 0.868$) ، وبصورة موجبة متوسطة مع أمطار الربيع ($r = 0.578$) ، بينما ارتبطت سلباً مع أمطار الخريف ($r = -0.674$). ويشير ذلك إلى أن النمط المطري الأكثر ملاءمة لزيادة الغطاء الكثيف هو النمط الذي يجمع بين موسم مطير إجمالاً وهيمنة شتوية واضحة، وهو ما ظهر بوضوح في سنة ٢٠١٨-٢٠١٩ الممثلة للتركز الشتوي (USGS, n.d.; NASA Earthdata, n.d.). كما أظهرت فئة الغطاء النباتي الكثيف جداً علاقة موجبة قوية مع إجمالي الموسم ($r = 0.933$) ، وموجبة كذلك مع أمطار الربيع ($r = 0.722$) والشتاء ($r = 0.770$) ، مقابل علاقة عكسية قوية مع أمطار الخريف ($r = -0.826$). ويعني ذلك أن أعلى درجات الكثافة النباتية ارتبطت أساساً بزيادة الرصيد المطري الكلي مع دعم شتوي-ربيعي، لا بارتفاع الحصة الخريفية وحدها. وتتسجم هذه النتيجة مع الطبيعة الزمنية للاستجابة النباتية التي يقيسها NDVI، إذ تعكس القيم المرتفعة كثافة اخضرار أعلى عندما يتوافر الماء في الزمن الأنسب للنمو.

بصورة عامة، تكشف النتائج أن أمطار الشتاء وإجمالي الموسم كانا الأكثر ارتباطاً بتحسين بنية الغطاء النباتي، خاصة في الفئات الكثيفة والكثيفة جداً، في حين ارتبط المطر الخريفي بزيادة الفئات الأضعف والجرداء داخل هذه العينة. لذلك يمكن القول إن الفاعلية البيئية للمطر في قضاء جمجمال لا تعتمد على حدوثه المبكر فقط، بل على حجمه الكلي وتمركزه الشتوي-الربيعي. ومع ذلك ينبغي التنبيه إلى أن هذا التحليل يعتمد على أربع سنوات ممثلة فقط، لذلك فإن علاقات الارتباط هنا تُعد استكشافية

ومفيدة للتفسير المقارن، لكنها لا تكفي وحدها للحكم الإحصائي النهائي دون توسيع السلسلة الزمنية .

الاستنتاجات

1. أظهرت النتائج أن التركيز الفصلي للأمطار في قضاء جمجمال يتباين بين السنوات والمحطات، إلا أن التركيز الشتوي والربيعي كانا الأكثر وضوحًا مقارنة بالتركز الخريفي.
2. بينت الدراسة وجود ٢٩ سنة مشتركة بين المحطات الثلاث في فصل التركيز، توزعت إلى ١٤ سنة شتوية و ١٤ سنة ربيعية وسنة خريفية واحدة فقط، مما يدل على ضعف التركيز الخريفي المشترك.
3. كانت سنوات التوزيع النسبي المعتدل محدودة، إذ بلغت ٤ سنوات فقط من أصل ٣٦ سنة، أي بنسبة ١١.١٪، وهذا يؤكد أن النمط السائد هو التركيز في فصل معين لا التوازن بين الفصول.
4. أظهرت السنوات الممثلة أن التركيز الخريفي سجل متوسط مطر بلغ ٣٤٩.٤١ ملم، والتركز الشتوي سجل ٥٣٣.٨١ ملم في السنة المطرية الممثلة، بينما بلغت حصة الربيع في السنة الربيعية الممثلة ٥٣.٩٧٪.
5. أوضحت خرائط NDVI أن أفضل حالة للغطاء النباتي ظهرت في سنة ٢٠١٩ الممثلة للتركز الشتوي، إذ بلغت الفئات الكثيفة ٤٠.٣٥٪، وانخفضت الأراضي الجرداء إلى ٩.٩٧٪.
6. سجلت سنة ٢٠١٥ الممثلة للتوزيع المعتدل أضعف حالة نباتية، إذ بلغت الفئات الضعيفة ٩١.٤٦٪ من المساحة، مما يدل على أن اعتدال التوزيع المطري لا يكفي وحده لتحسين كثافة الغطاء النباتي.

٧. أكدت معاملات الارتباط أن أمطار الشتاء وإجمالي الموسم كانا الأكثر تأثيرًا في الفئات النباتية الكثيفة، لذلك استنتجت الدراسة أن التركيز الشتوي والربيعي أكثر فاعلية في دعم كثافة الغطاء النباتي من التركيز الخريفي أو التوزيع المعتدل.

المراجع

- (1) Oliver, J. E., "Monthly Precipitation Distribution: A Comparative Index," *The Professional Geographer*, 32(3), 1980, pp. 300–309.
- (2) أحمد حسين علي، ومالك ناصر عبود الكناني، "التركز المطري اليومي للموسم-2018 (2019 في العراق"، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، (3)46، 2022، ص ص. 227-244.
- (3) Hussain, S. B., & Khalil, S. A., "Analysis of Seasonality Precipitation Concentration in Northern of Iraq," *Al-Kitab Journal for Pure Sciences*, 5(1), 2021, pp. 50–67
- (4) Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I., & Gabriels, D., "Evaluation of Indices for Characterizing the Distribution and Concentration of Precipitation: A Case for the Region of Southeastern Anatolia Project, Turkey," *Journal of Hydrology*, 328, 2006, pp. 726–732.
- (5) عمار مجيد مطلق ، تحليل الاتجاه والتغير الشهري للأمطار وأثره في التركيز الفصلي للأمطار في العراق"، مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، المجلد ٣٢، العدد ٤، ٢٠٢٥، ص ص. ١٦٩-١٩٢.
- (6) عباس، س. أ.، شوان، ي.، الرماحي، أ. ح.، وعباد، ه. ف.، "دراسة مقارنة للهطول المطري المرصود والممثل بنماذج CMIP5 في العراق للمدة ١٩٤١-٢٠٠٥"، مجلة *Atmosphere*، المجلد ١٣، العدد ١١، ٢٠٢٢، رقم المقالة ١٨٦٩.
- (7) Genesis T. Yengoh David Dent Lennart Olsson Anna E. Tengberg Compton J. Tucker, The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations, Affiliations 1 Lund University Centre for Sustainability Studies - LUCSUS Fingatan 10, SE – 223 62 Lund Box 170, SE-221 00 Lund, Sweden, 2014. p7.

المصادر

1. Oliver, J. E., "Monthly Precipitation Distribution: A Comparative Index," *The Professional Geographer*, 32(3), 1980.
2. أحمد حسين علي، ومالك ناصر عبود الكناني، "التركز المطري اليومي للموسم-2018) (2019 في العراق"، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، (3)46، 2022.
3. Hussain, S. B., & Khalil, S. A., "Analysis of Seasonality Precipitation Concentration in Northern of Iraq," *Al-Kitab Journal for Pure Sciences*, 5(1), 2021.
4. Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I., & Gabriels, D., "Evaluation of Indices for Characterizing the Distribution and Concentration of Precipitation: A Case for the Region of Southeastern Anatolia Project, Turkey," *Journal of Hydrology*, 328, 2006.
5. عمار مجيد مطلق ، تحليل الاتجاه والتغير الشهري للأمطار وأثره في التركيز الفصلي للأمطار في العراق"، مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، المجلد 32، العدد 4، 2025.
6. عباس، س. أ.، شوان، ي.، الرماحي، أ. ح.، وعباد، ه. ف.، "دراسة مقارنة للهطول المطري المرصود والممثل بنماذج CMIP5 في العراق للمدة 1941-2005"، مجلة *Atmosphere* ، المجلد 13، العدد 11، 2022، رقم المقالة 1869.
7. Genesis T. Yengoh David Dent Lennart Olsson Anna E. Tengberg Compton J. Tucker, The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations, Affiliations 1 Lund University Centre for Sustainability Studies - LUCSUS Fingatan 10, SE – 223 62 Lund Box 170, SE-221 00 Lund, Sweden, 2014.

References

1. Oliver, J. E. (1980). Monthly precipitation distribution: A comparative index. *The Professional Geographer*, 32(3).
2. Ali, A. H., & Al-Kinani, M. N. A. (2022). Daily rainfall concentration during the 2018–2019 season in Iraq. *Journal of the College of Education, Wasit University*, 46(3).
3. Hussain, S. B., & Khalil, S. A. (2021). Analysis of seasonality precipitation concentration in northern Iraq. *Al-Kitab Journal for Pure Sciences*, 5(1).
4. Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I., & Gabriels, D. (2006). Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A case for the Southeastern Anatolia Project Region, Turkey. *Journal of Hydrology*, 328.
5. Mutlak, A. M. (2025). Trend analysis and monthly rainfall variability and its impact on seasonal rainfall concentration in Iraq. *Tikrit University Journal for Humanities*, 32(4).
6. Abbas, S. A., Shwan, Y., Al-Rumahi, A. H., & Adab, H. F. (2022). A comparative study of observed precipitation and CMIP5 model simulations in Iraq for the period 1941–2005. *Atmosphere*, 13(11), Article 1869.
7. Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker, C. J. (2014). *The Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales: A Review of the Current Status, Future Trends, and Practical Considerations*. Lund University Centre for Sustainability Studies (LUCSUS), Lund University, Sweden.

