

استجابة المسطحات المائية لأمطار آذار 2026 في العراق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد
Response of Water Bodies to March 2026 Rainfall in Iraq Using
Remote Sensing Techniques

م.د. مجيب رزوقي فريح
مركز المستنصرية للدراسات العربية والدولية - الجامعة المستنصرية

Abstract

The problem of the study lies in the fluctuation of rainfall amounts in Iraq, its uneven spatial distribution, as well as the variation in rainfall intensity. This results in differing responses of water bodies, without the availability of an accurate spatial assessment that clearly illustrates these variations after the rainfall of March 2026. The research aims to evaluate the spatial and temporal changes in water bodies in Iraq, and to analyze their response to rainfall quantities and

intensities using remote sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS). The study hypothesizes the existence of a relationship between rainfall quantities and intensities and the changes in the areas of water bodies, such that these areas increase in regions with higher precipitation, with variation depending on the geographical location and the nature of the water body. To achieve this, meteorological station data were used to represent spatial distribution using the (IDW) method, in addition to analyzing satellite imagery (Sentinel-2) before and after rainfall, and applying the Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) to extract water bodies. The results showed clear spatial variation in the response of water bodies, where marshlands and northern reservoirs recorded significant increases, while some lakes exhibited limited or negative responses. The study confirms the efficiency of remote sensing techniques in monitoring these changes and highlights their importance in supporting water resource management and enhancing water storage in Iraq.

Keywords: Rainfall, Water Bodies, Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI), Satellite Imagery.

Email:

mujebfreh@uomustansiriyah.edu.iq

Published: 1- 6 -2026

Keywords: التساقط المطري،
المسطحات المائية، مؤشر المياه
المعياري المعدل، المرئيات الفضائية.

هذه مقالة وصول مفتوح بموجب ترخيص
CC BY 4.0

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



المخلص

تتمثل مشكلة الدراسة في تذبذب كميات التساقط المطري في العراق وعدم انتظام توزيعها المكاني واختلاف شداتها، وما يترتب على ذلك من تباين في استجابة المسطحات المائية، دون توفر تقييم مكاني دقيق يوضح حجم هذه التغيرات بعد أمطار آذار 2026، ويهدف البحث إلى تقييم التغيرات المكانية والزمانية للمسطحات المائية في العراق وتحليل استجابتها لكميات وشدة التساقط المطري باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، تفترض الدراسة عن وجود علاقة بين كميات وشدة التساقط المطري والتغير في مساحات المسطحات المائية، بحيث تزداد المساحات في المناطق ذات الهطول الأعلى، مع تباين في درجة الاستجابة تبعاً للموقع الجغرافي وطبيعة المسطح المائي، ولتحقيق ذلك، تم استخدام بيانات محطات الرصد الجوي لتمثيل التوزيع المكاني للأمطار بطريقة (IDW)، إلى جانب تحليل مرئيات القمر الصناعي

(Sentinel-2) قبل وبعد الهطول، وتطبيق مؤشر المياه المعدل (MNDWI) لاستخراج المسطحات المائية، وأظهرت النتائج تبايناً مكانياً واضحاً في استجابة المسطحات المائية، حيث سجلت الأهوار والخزانات الشمالية زيادات ملحوظة، مقابل استجابة محدودة أو سالبة في بعض البحيرات، وتؤكد الدراسة كفاءة تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد هذه التغيرات، وأهمية توظيفها في دعم إدارة الموارد المائية وتعزيز الخزين المائي في العراق.

المقدمة

شهد العراق خلال السنوات السابقة تغيرات مناخية ملحوظة تمثلت بارتفاع درجات الحرارة، وتزايد موجات الجفاف، وعدم انتظام التساقط المطري زمنياً ومكانياً، وهو ما انعكس بشكل مباشر على الموارد المائية السطحية والجوفية، وتعد هذه التغيرات جزءاً من الظواهر العالمية المرتبطة بتغير المناخ، إلا أن تأثيراتها في العراق تبدو أكثر حدة نتيجة لطبيعة مناخه شبه الجاف واعتماده الكبير على مصادر مائية خارجية، فضلاً عن ضعف البنى التحتية لإدارة المياه، وقد أدى ذلك إلى تفاقم مشكلة الشح المائي وتراجع الخزين المائي، خاصة في ظل التزايد السكاني والطلب المتنامي على المياه في القطاعات الزراعية والصناعية.

تعد الأحداث المطرية المفاجئة أو الموسمية، مصدراً مهماً لتعويض جزء من النقص في الموارد المائية، وقد شهد العراق خلال شهر آذار من عام 2026 موجة من التساقط المطري التي تباينت شدتها وتوزيعها المكاني، وأسهمت في تغذية الأنهار والبحيرات وخزانات السدود، وتمثل هذه الزيادة في المسطحات المائية مؤشراً مهماً على تحسن الخزين المائي السطحي، ولو بشكل مؤقت، الأمر الذي يعزز من فرص استدامة الموارد المائية إذا ما تم استثماره بشكل صحيح.

تعد تقنيات الاستشعار عن بعد أداة فعالة في تتبع التغيرات في المسطحات المائية والغطاء النباتي، وتقييم أثر الأحداث المناخية مثل الأمطار.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات المكانية والزمانية التي طرأت على المسطحات المائية في العراق إثر أمطار آذار 2026، وتقييم دورها في تعزيز الخزين المائي، وذلك بالاعتماد على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) ومؤشر المياه المعياري المعدل (MNDWI)، في محاولة لتقديم رؤية علمية تدعم إدارة الموارد المائية في ظل التحديات المناخية المتزايدة.

مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في تذبذب كميات التساقط المطري في العراق وعدم انتظام توزيعه المكاني، وما يترتب على ذلك من تباين في استجابة المسطحات المائية للأمطار، دون وجود تقييم مكاني دقيق يوضح حجم هذه التغيرات خاصة بعد أمطار آذار لسنة 2026 باستخدام تقنيات حديثة، الأمر الذي يحد من فهم تأثير الأحداث المطرية في تعزيز الموارد المائية السطحية.

فرضية البحث

يفترض البحث أن التذبذب المكاني والزمني لكميات التساقط المطري في العراق، خاصة أمطار آذار 2026، يؤدي إلى تباين واضح في استجابة المسطحات المائية من حيث المساحة والامتداد، وأن توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد يسهم في تقديم تقييم مكاني دقيق لهذه التغيرات، بما يعزز فهم أثر الأحداث المطرية في دعم الموارد المائية السطحية وتقدير حجم الزيادة المائية الناتجة عنها.

هدف البحث

يهدف البحث إلى رصد التغيرات المكانية للمسححات المائية في العراق إثر أمطار آذار لسنة 2026، من خلال تحليل العلاقة بين كميات الامطار ومساحة المسححات المائية، مع إبراز التباين المكاني على وفق موقعها الجغرافي.

منهج البحث

اعتمد البحث على المنهج التحليلي المكاني باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، من خلال تمثيل بيانات التساقط المطري، واستخدام مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) وتطبيق مؤشر المياه المعياري المعدل (MNDWI) لاستخراج المسححات المائية وتحليل التغيرات المكانية فيها.

أولاً: تحليل الحالة الجوية في العراق لشهر آذار لسنة 2026

ان الأنظمة الجوية المسؤولة عن هطول الأمطار في العراق تتمثل بمنخفض البحر المتوسط ويسبب هطول الأمطار في شمال العراق وأجزاء من وسطه، وذلك بحسب قوته وطبيعة الجبهة الهوائية المرافقة

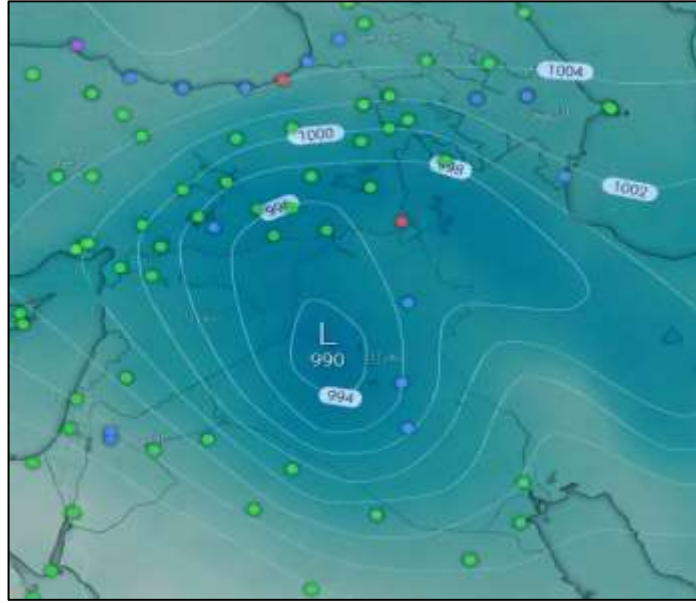


له، كذلك المنخفض السوداني الذي ينشط خلال فصل الخريف وقد يمتد أحيانا إلى فصل الشتاء، ويتفاعل بشكل كبير مع منخفض البحر الأحمر والبحر المتوسط ويغذي هذه المنخفضات برطوبة عالية نتيجة حالة عدم الاستقرار الجوي، ويعود مصدره إلى السودان، ومنخفض البحر الأحمر هو منخفض حراري ينشأ فوق البحر الأحمر نتيجة تباين التسخين بين الكتل الهوائية فوق صحارى شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى⁽¹⁾.

تشير التقارير الصادرة عن الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي خلال شهر آذار 2026 إلى تأثر العراق بحالة من عدم الاستقرار الجوي ناتجة عن اندفاع منخفض جوي سطحي متعمق، ترافق مع كتلة هوائية باردة في طبقات الجو العليا، وقد تميزت هذه الحالة بتكرار الفعاليات الجوية خلال عدة أيام متتالية، مما أدى إلى استمرار تأثيرها على عموم مناطق البلاد.

توضح خرائط الضغط الجوي تمركز منخفض جوي واضح فوق العراق، حيث بلغت قيم الضغط في مركزه نحو (994-990) مليبار، مع تدرج في خطوط الضغط باتجاه الأطراف، وهو ما يشير إلى فعالية النظام الجوي وتأثيره الواسع، ينظر الخريطة (1)، كما أظهرت الخرائط العلوية (500 مليبار) وجود انحرافات سالبة تعكس سيطرة كتلة هوائية باردة، ساهمت في تعزيز عدم الاستقرار الجوي، وبحسب التقارير اليومية، بدأت الحالة الجوية اعتبارا من منتصف شهر آذار، حيث سادت أجواء غائمة جزئياً إلى غائمة في أغلب المناطق، مع فرص لهطول زخات مطر متفاوتة الشدة، تراوحت بين خفيفة ومتوسطة، وتخللتها فترات من الغزارة في بعض المناطق. وقد كانت هذه الأمطار مصحوبة أحيانا بالبرق والرعد، نتيجة نشاط السحب الركامية، كما أشارت التقارير إلى استمرار الفعاليات الجوية خلال الأيام اللاحقة، مع اتساع نطاق الأمطار لتشمل معظم مناطق البلاد، خصوصا المنطقتين الوسطى والشمالية، مع تسجيل ذروة تأثير الحالة الجوية خلال الفترة الممتدة من (24-25 آذار)، حيث تميزت بهطولات مطرية رعدية غزيرة في عدد من المناطق، وتشير صور الأقمار الصناعية المرفقة في التقارير إلى انتشار واسع للسحب الركامية فوق مناطق مختلفة من العراق، مع ظهور نشاط واضح لهذه السحب، خاصة خلال فترات الذروة، وهو ما يعكس الطبيعة غير المستقرة للحالة الجوية، وفي ضوء ما ورد في التقارير، يمكن وصف الحالة الجوية خلال هذه الفترة بأنها حالة ربيعية غير مستقرة متعددة المراحل، تميزت بتكرار المنخفضات الجوية، واستمرار فرص الهطول، وتذبذب عناصر الطقس بين فترات هادئة وأخرى نشطة.

خريطة (1) تمركز المنخفض الجوي السطحي فوق العراق – آذار 2026



المصدر: الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي، قسم التنبؤ الجوي، منشورات رسمية، آذار 2026.

ثانيا: التوزيع المكاني لكميات التساقط المطري في العراق لشهر آذار 2026

يعد الهطول المطري المصدر الرئيس لوجود المياه في البيئة الطبيعية، ولذلك فإنه يؤثر بشكل كبير في حياة جميع الكائنات الحية، وتختلف كميات الأمطار من منطقة إلى أخرى تبعا لموقعها الجغرافي على سطح الأرض، إن القياس الدقيق للأمطار مهم في العديد من التطبيقات، مثل الزراعة وإدارة الموارد المائية، كما له دورا أساسيا في الدورة الهيدرولوجية، لذلك من الضروري مراقبة مستويات الأمطار⁽²⁾، يعد التباين الموسمي للأمطار في العراق واضحا للغاية، حيث يتميز الصيف بجفاف تام تقريبا، بينما يمتد موسم الأمطار من أكتوبر الى مايو، ان السبب الرئيس للأمطار الغزيرة في الشتاء يعود الى تكرار مرور المنخفضات الجوية المتوسطة، في حين أن تحرك نطاق الضغط المرتفع شبه المداري شمالا هو السبب في صيف شديد الجفاف⁽³⁾، يبين الجدول (1) كميات التساقط المطري المسجلة في عدد من محطات الرصد الجوي في العراق خلال شهر آذار 2026، موزعة حسب المحافظات والمحطات وبوحدة المليمتر، ويظهر الجدول تباينا مكانيا واضحا في كميات الأمطار بين مختلف مناطق البلاد، اذ تشير البيانات إلى تسجيل أعلى كمية تساقط مطري في محافظة نينوى، حيث بلغت (262.8 ملم) في محطة الموصل، تلتها ربيعة (258.9 ملم) وزمار (219.8 ملم)، مما يدل على تركيز الأمطار الغزيرة في المناطق الشمالية، كما سجلت محافظة كركوك وصلاح الدين كميات أمطار مرتفعة نسبيا، إذ تراوحت القيم بين (156-206 ملم)، في حين جاءت القيم في محافظات وسط العراق مثل بغداد وواسط ضمن مستويات متوسطة، حيث تراوحت بين (70-211 ملم)، مع ملاحظة تسجيل جنوب بغداد (211.6 ملم) كقيمة مرتفعة نسبيا مقارنة

ببقية محطات العاصمة، أما في المحافظات الجنوبية مثل البصرة وذي قار والمثنى، فقد كانت كميات التساقط أقل نسبياً، إذ تراوحت بين (37.8-83.6 ملم)، وهو ما يعكس الانخفاض التدريجي في كميات الأمطار باتجاه الجنوب، وبشكل عام تعكس القيم نمطا مكانيا واضحا للتساقط المطري في العراق خلال شهر آذار 2026، يتمثل بزيادة كميات الأمطار في المناطق الشمالية، وتناقصها تدريجياً باتجاه المناطق الوسطى ثم الجنوبية، وهو ما يتوافق مع الخصائص المناخية العامة للبلاد.

جدول (1) كميات التساقط المطري المسجلة في محطات الرصد الجوي في العراق خلال شهر آذار

2026 (ملم)

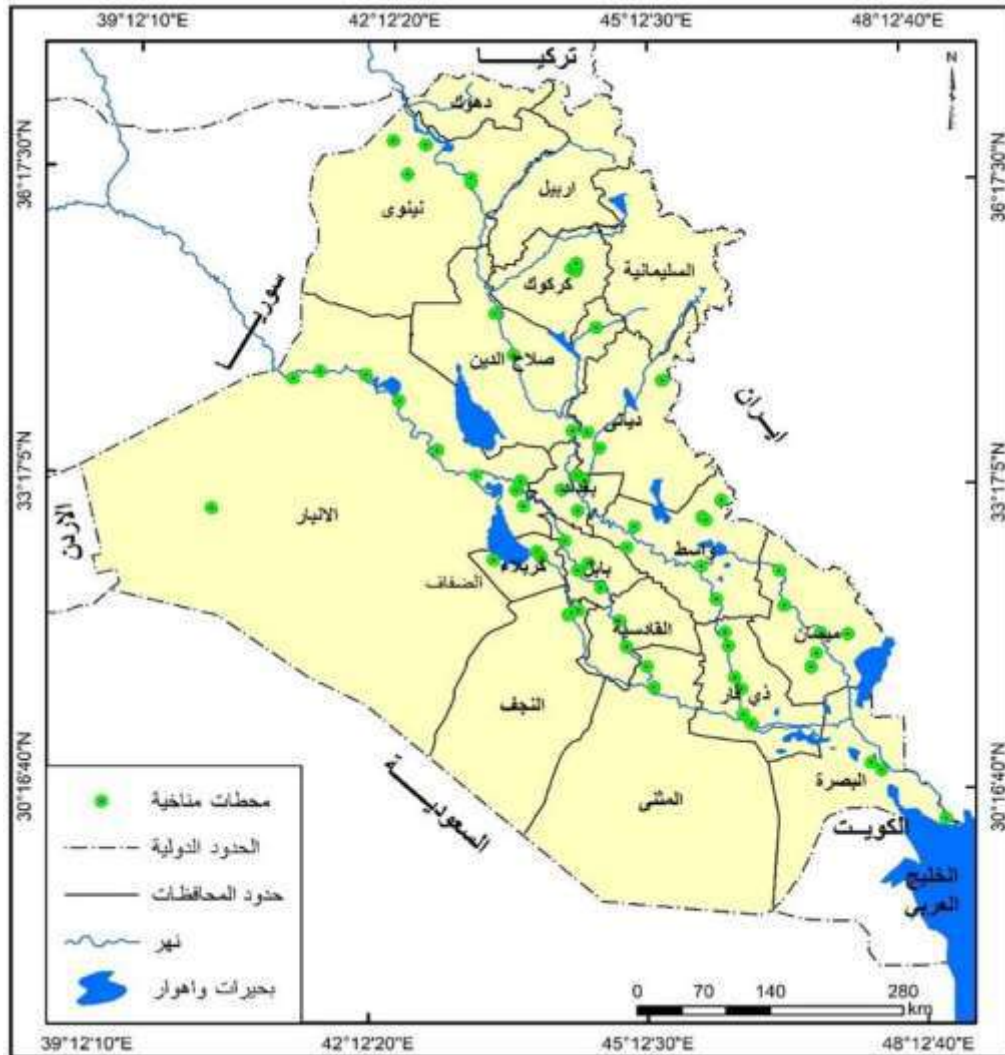
ت	المحافظة	المحطة	الامطار/ملم	ت	المحافظة	المحطة	الامطار/ملم
1	نينوى	الموصل	262.8	35	البصرة	حي الحسين	83.6
2	نينوى	ربيعة	258.9	36	ذي قار	الشطرة	81.6
3	نينوى	زمار	219.8	37	البصرة	مطار البصرة	81.4
4	بغداد	جنوب بغداد	211.6	38	واسط	العزبية	80.7
5	نينوى	مطار الموصل	206.5	39	الأنبار	الحصي	79.7
6	كركوك	رحيم أوه	206	40	بغداد	مطار بغداد	77.1
7	كركوك	مطار كركوك	205.8	41	الأنبار	عامرية الفلوجة	75.6
8	كركوك	حي دوميز	201.8	42	الأنبار	هيت	74.8
9	كركوك	كركوك	178.7	43	بغداد	حي طارق	72.6
10	ديالى	خانقين	178.6	44	بابل	المسيب	70.2
11	صلاح الدين	طوزخورماتو	174.5	45	البصرة	الفاو	69.6
12	كركوك	تازة	156	46	المثنى	الرميثة	67.8
13	ديالى	الخالص	152.6	47	بابل	ناحية النيل	67.3
14	صلاح الدين	تكريت	144.9	48	ذي قار	الغراف	65.9
15	صلاح الدين	العباسي	140	49	كربلاء	كربلاء	64.6
16	واسط	زرباطية	130.7	50	ميسان	قلعة صالح	63.8
17	ديالى	بهرز	130.3	51	الديوانية	الحمزة الشرقي	63.3
18	نينوى	تلعفر	128	52	كربلاء	الحسينية	63
19	واسط	جصان	125.1	53	ذي قار	الناصرية	61.4
20	واسط	الكوت	119.6	54	ميسان	سيد احمد الرفاعي	59.8
21	الأنبار	عنه	113.6	55	المثنى	السماوة	59.8
22	الأنبار	حديثة	113.5	56	كربلاء	عين التمر	58.6
23	ميسان	علي الغربي	112.6	57	الأنبار	الرطبة	58
24	صلاح الدين	بيجي	108.6	58	ميسان	المشراح	55.6
25	واسط	بدره	105	59	الأنبار	الصكرة	54.8
26	واسط	الشحيمية	103.2	60	بابل	القاسم	54.7
27	ذي قار	قلعة سكر	90.4	61	ميسان	العمارة	53
28	الأنبار	القائم	88.6	62	ذي قار	الفضلية	52.3
29	الأنبار	قضاء الفلوجة	88.5	63	بابل	الحلة	51.4
30	الأنبار	الرمادي	88.4	64	النجف	النجف	50.2
31	واسط	الحي	87.4	65	النجف	الغدير	46.7
32	بغداد	الشعب	87.2	66	ذي قار	الرفاعي	44.8
33	النجف	العباسية	85.5	67	الديوانية	الديوانية	37.8
34	ميسان	علي الشرقي	85.4				

المصدر: الهيئة العامة للأبنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم الرصد الجوي، منشورات رسمية، آذار 2026.

ثالثاً: الإسقاط المكاني لمحطات الرصد الجوي وتمثيل بيانات التساقط المطري

تمت عملية الإسقاط المكاني لمحطات الرصد الجوي باستخدام برنامج (ArcMap) من خلال إعداد جدول بيانات يحتوي على إحداثيات المحطات، ثم استيراده إلى البرنامج، بعد ذلك استُخدمت أداة (Display XY Data) لتحويل البيانات الجدولية إلى طبقة نقطية، مع تحديد نظام الإحداثيات الجغرافي (WGS 1984) ومن ثم تحويلها إلى النظام الإسقاطي (UTM Zone 38N) المعتمد في تمثيل بيانات العراق. تمت مراجعة مواقع النقاط للتأكد من دقتها ومطابقتها لمواقعها الحقيقية، ثم جرى تصديرها كطبقة مكانية، (Shapefile) وتوضح الخريطة (2) مواقع المحطات المناخية بعد عملية الإسقاط المكاني، حيث تم تمثيل توزيعها الجغرافي داخل العراق.

خريطة (2) خريطة مواقع محطات الرصد الجوي



المصدر: اعتماداً على مواقع محطات الرصد الجوي الصادرة عن الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي، 2026، باستخدام برامجيات (Arcgis 10.4)

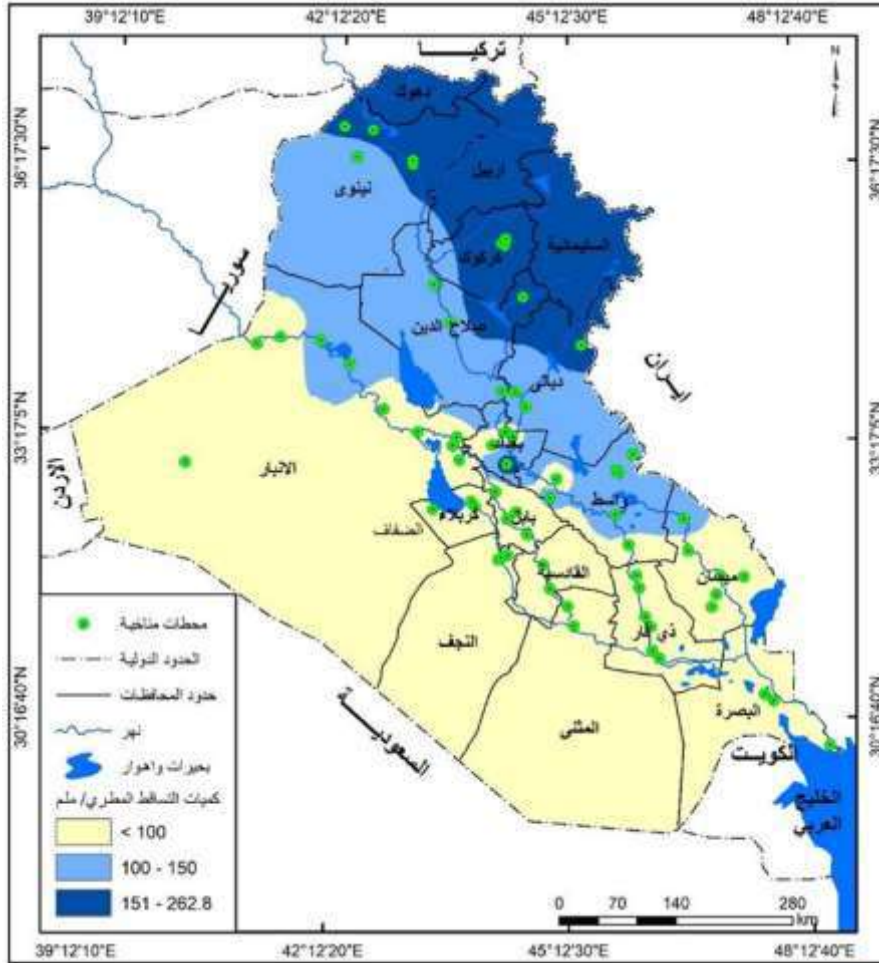


ان تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS) لها دور مهم في مراقبة التساقط المطري في المناطق المختلفة، وقد أظهرت تقنية الوزن العكسي للمسافة (IDW) دقة أعلى مقارنة بطرق الاستيفاء المكاني الأخرى⁽⁴⁾، تم اجراء عملية نمذجة للتساقط المطري من خلال تطبيق أسلوب الاستيفاء المكاني (IDW)، وذلك اعتمادا على بيانات محطات الرصد الجوي الواردة في الجدول السابق، اذ جرى إدخال طبقة المحطات بعد إجراء الإسقاط المكاني لها وربط كل محطة بقيمة كمية التساقط المطري المسجلة خلال شهر آذار 2026، بعد ذلك تم استخدام أداة (IDW) لتحويل القيم النقطية إلى سطح مكاني مستمر، وبناء على ذلك تم إنتاج خريطة (3) التي تمثل التوزيع المكاني للأمطار في عموم العراق.

وقد تم تصنيف القيم الناتجة إلى ثلاث فئات رئيسية، تمثلت بـ: الفئة الأولى (أقل من 100 ملم)، والفئة الثانية (100-150 ملم)، والفئة الثالثة (151-262.8 ملم)، حيث تم تمثيلها باستخدام التدرج اللوني لإظهار التباين المكاني، وتظهر الخريطة نمطا مكانيا واضحا للتساقط المطري، حيث تتركز القيم المنخفضة ضمن الفئة الأولى في المناطق الجنوبية والغربية من العراق، (المنثى والنجف والأنبار وأجزاء من ذي قار والبصرة)، وهو ما يتوافق مع القيم المسجلة في الجدول، والتي أظهرت انخفاض كميات الأمطار في هذه المناطق.

أما الفئة الثانية، التي تمثل القيم المتوسطة، فتنتشر في المنطقة الوسطى، وتشمل محافظات بغداد وواسط وبابل وأجزاء من ديالى وصلاح الدين، حيث تعكس هذه الفئة تدرجا انتقاليا بين المناطق ذات التساقط المنخفض والمرتفع، وهو ما يتطابق مع القيم المتوسطة المسجلة في محطات هذه المناطق. في حين تتركز الفئة الثالثة، التي تمثل أعلى كميات التساقط، في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية، في محافظات نينوى وكركوك وأربيل والسليمانية، حيث سجلت هذه المناطق أعلى القيم في الجدول، محطات الموصل وربيعة وزمار، مما يعكس غزارة الأمطار في تلك المناطق، كما تظهر الخريطة تدرجا مكانيا واضحا في كميات التساقط، إذ تزداد الأمطار تدريجيا من الجنوب نحو الشمال، وهو ما يعكس الخصائص المناخية السائدة في العراق.

خريطة (3) التوزيع المكاني للتساقط المطري في العراق لشهر آذار 2026



المصدر: اعتماداً على بيانات محطات الرصد الجوي الصادرة عن الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي، 2026، باستخدام برمجيات (Arcgis 10.4).

رابعاً: تحضير مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) للتحليل متعدد الزمن

تعد البحيرات وغيرها من المسطحات المائية عناصر حيوية للتنوع الأحيائي والتوازن البيئي وتوفير الموارد اللازمة للأنشطة البشرية، ولأجل إدارة الموارد المائية بكفاءة وحماية البيئة، من الضروري تتبع وفهم التغيرات التي تطرأ على هذه المسطحات عبر الزمن، وقد أثبتت تقنيات الاستشعار عن بعد فعاليتها في تتبع التغيرات في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي عبر مساحات جغرافية واسعة⁽⁵⁾، كما ان المسطحات المائية من أكثر العناصر البيئية استجابة للتساقط المطري، إذ تنعكس التغيرات في كميات الأمطار مباشرة على امتدادها المكاني، وفي ظل التذبذب المناخي الذي يشهده العراق، تبرز أهمية تحليل هذه الاستجابة لفهم ديناميكية الموارد المائية السطحية، وقد شهد شهر آذار 2026 حالة مطرية أدت إلى تغيرات في حجم المسطحات المائية، مما يستدعي تقييم هذه التغيرات بدقة، وفي هذا السياق،

تتيح تقنيات الاستشعار عن بعد، ولا سيما مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2)، إمكانية إجراء تحليل متعدد الزمن من خلال مقارنة المرئيات الفضائية قبل وبعد الهطول المطري. تم الاعتماد في هذه الدراسة على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) وهي كوكبة أقمار صناعية تابعة لبرنامج (Copernicus) تديرها وكالة الفضاء الأوروبية ومهمتها مراقبة الأرض وتعطي صوراً ضوئية بدقة مكانية عالية، وقد ساهم برنامج (Copernicus) في تعزيز فعالية مراقبة سطح الأرض، تعد أقمار (Sentinel-2) المجموعة الثانية ضمن سلسلة بعثات (Sentinel)، وهي مزودة بماسحات متعددة الأطياف على متنها،⁽⁶⁾ يوفر القمر الصناعي (Sentinel-2) صوراً متعددة الأطياف تستخدم في إعداد خرائط الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض ورصد التغيرات فيها، كما يستخدم في إنتاج خرائط المتغيرات الحيوية-الفيزيائية مثل محتوى الكلوروفيل في الأوراق، ومحتوى الماء، إضافة إلى استخدامه في إعداد خرائط المخاطر، وكذلك في توفير صور سريعة لدعم جهود الاستجابة للكوارث، ويتألف من 13 نطاقاً طيفياً موزعة لـ 4 نطاقات بدقة مكانية تبلغ 10 أمتار، و6 نطاقات بدقة 20 متراً، و3 نطاقات بدقة 60 متراً⁽⁷⁾،

تم استخدام عدة مرئيات فضائية مصححة ومرجعة جغرافياً للقمر الاصطناعي (Sentinel-2) عن طريق المنصة الأوروبية الرسمية المسماة (Copernicus Open Access Hub) (<https://scihub.copernicus.eu>) وهي المنصة التي يتم منها تحميل بيانات الأقمار الاصطناعية الثلاثة (Sentinel, 1,2,3)، ولكي تكون المقارنة علمية ودقيقة تم تحميل المرئيات الفضائية قبل وبعد حدوث الهطول المطري لشهر اذار لسنة 2026، ومن ثم إدخالها إلى برنامج نظم المعلومات الجغرافية لإجراء عمليات المعالجة المسبقة والتحليل المكاني، بهدف رصد التغيرات في المسطحات المائية.

خامساً: رصد التغيرات في المسطحات المائية باستخدام مؤشر (MNDWI)

في الوقت الحاضر، أصبحت تقنيات الاستشعار عن بعد وسيلة أساسية لمراقبة المسطحات المائية، نظراً لقدرتها على توفير بيانات شاملة وفورية وديناميكية وبتكلفة منخفضة مقارنة بالقياسات الميدانية التقليدية، وقد تم تطوير العديد من الطرق لاستخراج المسطحات المائية من صور الاستشعار عن بعد، وقد طُرحت عدة مؤشرات مائية خلال العقود الماضية، حيث قدم (McFeeters 1996) مؤشر الفرق المعياري للمياه (NDWI) ورغم انه فعال في إبراز المياه، إلا أنه يتأثر بالمناطق العمرانية، مما يؤدي إلى المبالغة في تقدير المسطحات المائية، ولتجاوز هذه المشكلة، طور (Xu 2006) مؤشر الفرق المعياري المعدل للمياه (MNDWI) والذي يستخدم حزمة الأشعة تحت الحمراء القصيرة (SWIR) بدلاً من (NIR) وقد أثبتت العديد من الدراسات انه أكثر دقة في الكشف عن المسطحات المائية واستخراجها مقارنة بـ (NDWI)⁽⁸⁾، وتتراوح قيم المؤشر بين (1+ ، 1-)، حيث تمثل القيم الأقل من



(0) الأسطح غير المائية كالغطاء النباتي والتربة والعمران، بينما تشير القيم الأكبر من (0) إلى المياه الضحلة أو الأراضي الرطبة، والمسطحات المائية المفتوحة⁽⁹⁾، ويمكن اشتقاقه عن طريق المعادلة الاتية⁽¹⁰⁾.

$$MNDWI = (B3 - B11) / (B3 + B11)$$

اذ ان:

MNDWI = مؤشر المياه المعياري المعدل.

B3 = الطول الموجي الأخضر.

B11 = الأشعة تحت الحمراء القصيرة.

تم تطبيق مؤشر المياه المعياري المعدل (MNDWI) على عدد من المسطحات المائية في مناطق متفرقة من العراق، بهدف استخراج مساحاتها ونسبهم المئوية، كما تم الاعتماد على طريقة التغير النسبي لمعرفة نسبة ومقدار التغير وتحديد اتجاهات المؤشر على وفق الصيغة الاتية⁽¹¹⁾:

$$\times \text{التغير النسبي} = \frac{\text{القيمة الجديدة} - \text{القيمة القديمة}}{\text{القيمة القديمة}} \times 100$$

بعد تطبيق مؤشر المياه المعياري المعدل (MNDWI) على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) للفترتين قبل وبعد الهطول المطري، يبين جدول (2) التغيرات التي طرأت على مساحات المسطحات المائية في العراق خلال شهر آذار 2026، حيث يعرض لكل مسطح مائي المساحة قبل الهطول وبعده، إضافة إلى نسبة التغير المئوية التي تم احتسابها لبيان مقدار الزيادة أو النقصان في المساحة، ومن خلال الجدول يتضح وجود تباين في استجابة المسطحات المائية، إذ سجلت بعض المواقع زيادات ملحوظة في المساحة، في حين أظهرت مواقع أخرى تغيرات محدودة أو انخفاضاً، مما يعكس اختلاف الخصائص الهيدرولوجية والموقع الجغرافي لكل مسطح مائي.

جدول (2) التغيرات في مساحة المسطحات المائية قبل وبعد الهطول المطري ونسبة التغير

المسطح المائي	المساحة قبل الهطول المطري	المساحة بعد الهطول المطري	نسبة التغير %
بحيرة الحبانية	148.5	158	6.4
بحيرة الرزازة	319.8	281.3	-12
بحر النجف	123.3	110.2	-10.6
بحيرة الثرثار	1468	1490.5	1.5
بحيرة الموصل	138.3	239.3	73.1
بحيرة دربندخان	83.2	101.1	21.5
بحيرة دهوك	1.8	2	11.1
بحيرة دوكان	151	229	51.7
بحيرات موسمية في نينوى	24.2	91	276
هور الشويجة	45.4	921.6	1931.7
هور الحمار	579	727.8	25.7
هور الدلمج	72.9	115	57.8
هور السعدية	97.4	122.1	25.4
هور صاروت	33.4	55.8	67.1

المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) قبل وبعد الهطول المطري، وتحليل مؤشر (MNDWI) باستخدام برمجيات (Arcgis 10.4).

وتظهر الاشكال (1، 2، 3، 4) خرائط التمثيل المكاني لهذه التغيرات، حيث تعكس بصريا القيم الكمية الواردة في جدول (2)، مما يتيح فهم توزيع الزيادة أو النقصان في مساحات البحيرات بشكل أكثر وضوحا، إذ يتضح من الشكل (A, B-1) خرائط بحيرة الثرثار أن المسطح المائي شهد توسعا طفيفا، وهو ما يتوافق مع نسبة التغير المحدودة (1.5%)، مما يدل على استجابة ضعيفة نسبيا للأمطار، أما بحيرة الحبانية فيظهر الشكل (C, D-1) توسعا ملحوظا في أطرافها، حيث ازدادت مساحة المسطح المائي بعد الهطول، وهو ما ينسجم مع نسبة التغير الإيجابية (6.4%) ويعكس استجابة معتدلة، في المقابل يبين الشكل (E, F-1) خرائط بحيرة الرزازة تراجعاً واضحاً في المساحة المائية، حيث تقلصت أجزاء منها، وهو ما يتطابق مع نسبة التغير السالبة (-12%)، مما يشير إلى ضعف استجابتها للهطول المطري، أما الشكل (G, H-1) لبحيرة سد الموصل فيظهر توسعا كبيرا في المسطح المائي، وهو ما يعكس نسبة التغير المرتفعة (73.1%)، مما يدل على استجابة قوية للأمطار، خاصة في المناطق الشمالية.

أما الشكل (2) فيبين لوحة الخرائط الخاصة بالتغيرات المكانية لبحيرة دربندخان، بحيرة سد دوكان، بحيرة سد دهوك، إضافة إلى بعض البحيرات الموسمية جنوب محافظة نينوى، والتي تُظهر استجابة أكثر وضوحا للهطول المطري، وهو ما ينسجم مع القيم الكمية الواردة في الجدول (2)، إذ يوضح الشكل (A, B-2) خرائط بحيرة دربندخان أنها توسعت بعد الهطول، خاصة في الأجزاء الشمالية والشرقية، وهو ما يتوافق مع نسبة التغير الإيجابية المسجلة في الجدول (2) والبالغة (21.5%)، مما يعكس استجابة جيدة للأمطار في

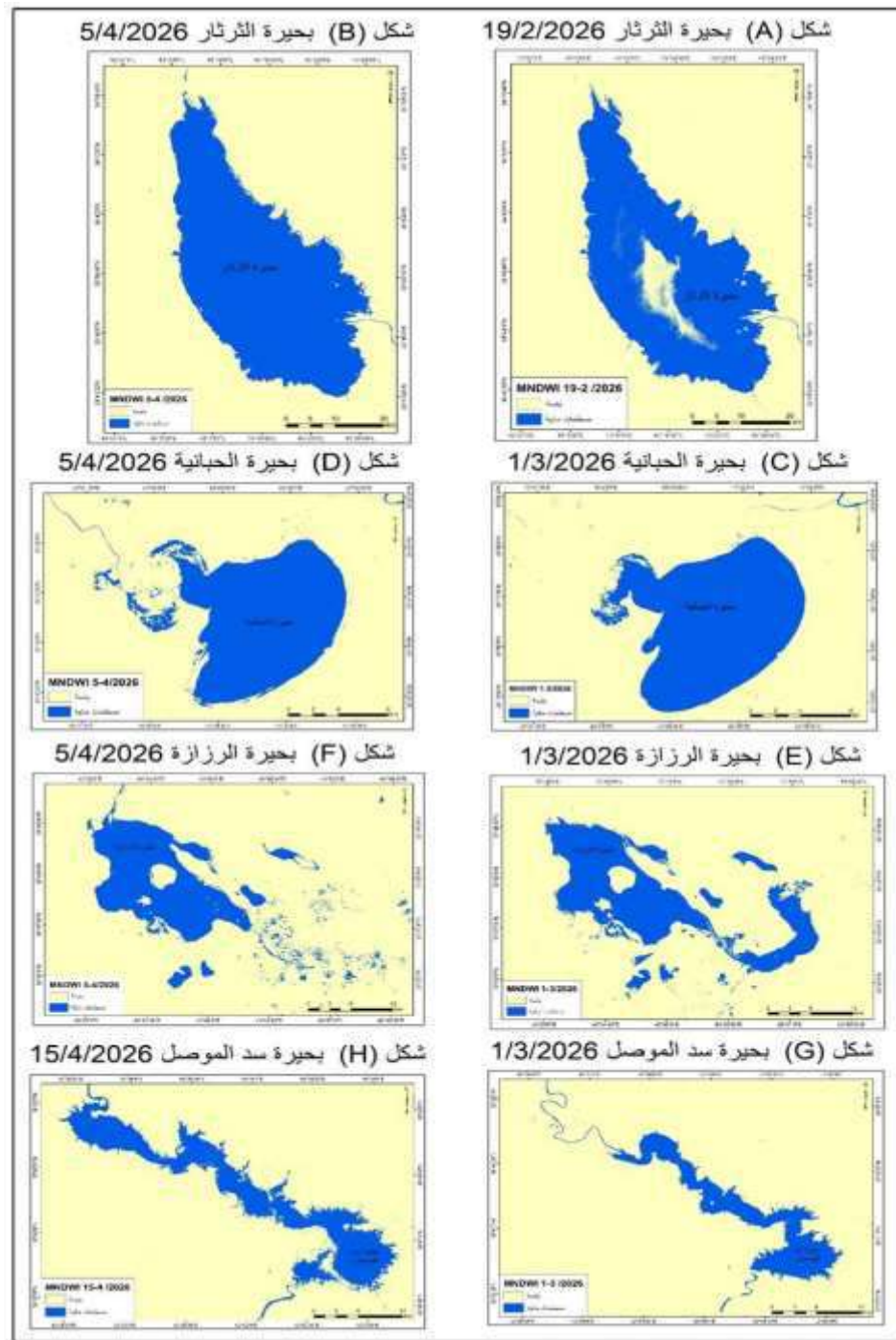
المناطق الجبلية، أما الشكل (C,D -2) يبين زيادة واضحة في بحيرة سد دوكان من حيث المساحة ، اذ ازداد الامتداد المائي بشكل ملحوظ، وهو ما يتطابق مع نسبة التغير المرتفعة (51.7%) ، مما يدل على كفاءة استجابة الخزانات المائية في شمال العراق للتساقط المطري، كما يوضح الشكل (E,F-2) خرائط بحيرة سد دهوك بانها توسعت، وإن كان بدرجة أقل مقارنة بسد دوكان، وهو ما ينسجم مع نسبة التغير البالغة (11.1%)، مما يشير إلى استجابة معتدلة للهطول، في المقابل، يظهر الشكل (G,H-2) خرائط لبحيرات الموسمية جنوب محافظة نينوى، اذ ظهرت مسطحات مائية جديدة واتسعت بشكل ملحوظ بعد الهطول، وهو ما يعكس نسبة التغير العالية (276%)، مما يدل على أن هذه المسطحات تعد الأكثر تأثراً واستجابة للأمطار نظراً لاعتمادها المباشر على مياه الهطول.

اما الشكل (3) يعرض التغيرات المكانية لبحر النجف واهوار (الدلمج، السعدية، الشويجة) والتي تظهر بشكل عام استجابة واضحة للتساقط المطري باستثناء بحر النجف تراجع في المساحة المائية بعد الهطول المطري، حيث تقلصت بعض الأجزاء مقارنة بالفترة السابقة، وهو ما يتطابق مع نسبة التغير السالبة (-10.6%) الواردة في الجدول (2)، مما يدل على ضعف استجابته للأمطار، ويرتبط ذلك بطبيعة تغذيته المحدودة وتأثير عوامل أخرى مثل التبخر، الشكل (A,B -3)، أما هور الدلمج فقد ازدادت رفعتة المائية وانتشرت بشكل اكبر بعد الهطول وهو ما يتوافق مع نسبة التغير (57.8%) ، مما يعكس استجابة قوية نتيجة طبيعة الأهوار المنخفضة واعتمادها المباشر على المياه السطحية، الشكل (C,D-3)، كذلك الحال في هور السعدية فقد توسع بنسبة تغير بلغت (25.4%)، مما يدل على استجابة جيدة للهطول المطري، الشكل (E,F-3)، في حين بينت خرائط هور الشويجة تغيرا كبيرا، حيث اتسعت المسطحات المائية بشكل واسع وظهرت تجمعات جديدة للمياه، وهو ما يعكس نسبة التغير العالية جدا (1931.7%) ، مما يدل على أن هذا الهور يعد من أكثر المناطق استجابة للأمطار، الشكل (G,H-3).

اما الشكل (4) يمثل لوحة الخرائط لهور الحمار وهور صاروت، ففي هور الحمار يلاحظ من خلال المقارنة الزمنية توسع في الرقع المائية وازدياد في الترابط بين الأجزاء المنفصلة، حيث أصبحت المساحات أكثر اتصالا بعد الهطول، ما يعكس تغذية مائية إضافية أدت إلى إعادة تنشيط أجزاء كانت محدودة أو شبه جافة سابقا، ويشير ذلك إلى استجابة واضحة تتماشى مع ما ورد في الجدول (2) من ارتفاع ملحوظ في نسبة التغير البالغة (25.7%)، الشكل (A,B-4) أما هور صاروت، فيظهر نمطا مختلفا نسبيا، حيث لم يقتصر التغير على التوسع فقط، بل شمل أيضا تحسنا في كثافة وانتشار المياه داخل حدود الهور، مع زيادة في المساحة الكلية واتضح معالم المسطح المائي بشكل أكثر انتظاما بعد الهطول، ويعكس هذا السلوك استجابة إيجابية تتوافق مع نسبة التغير المرتفعة المسجلة في الجدول (2) والبالغة (67.1%)، الشكل (4-4).

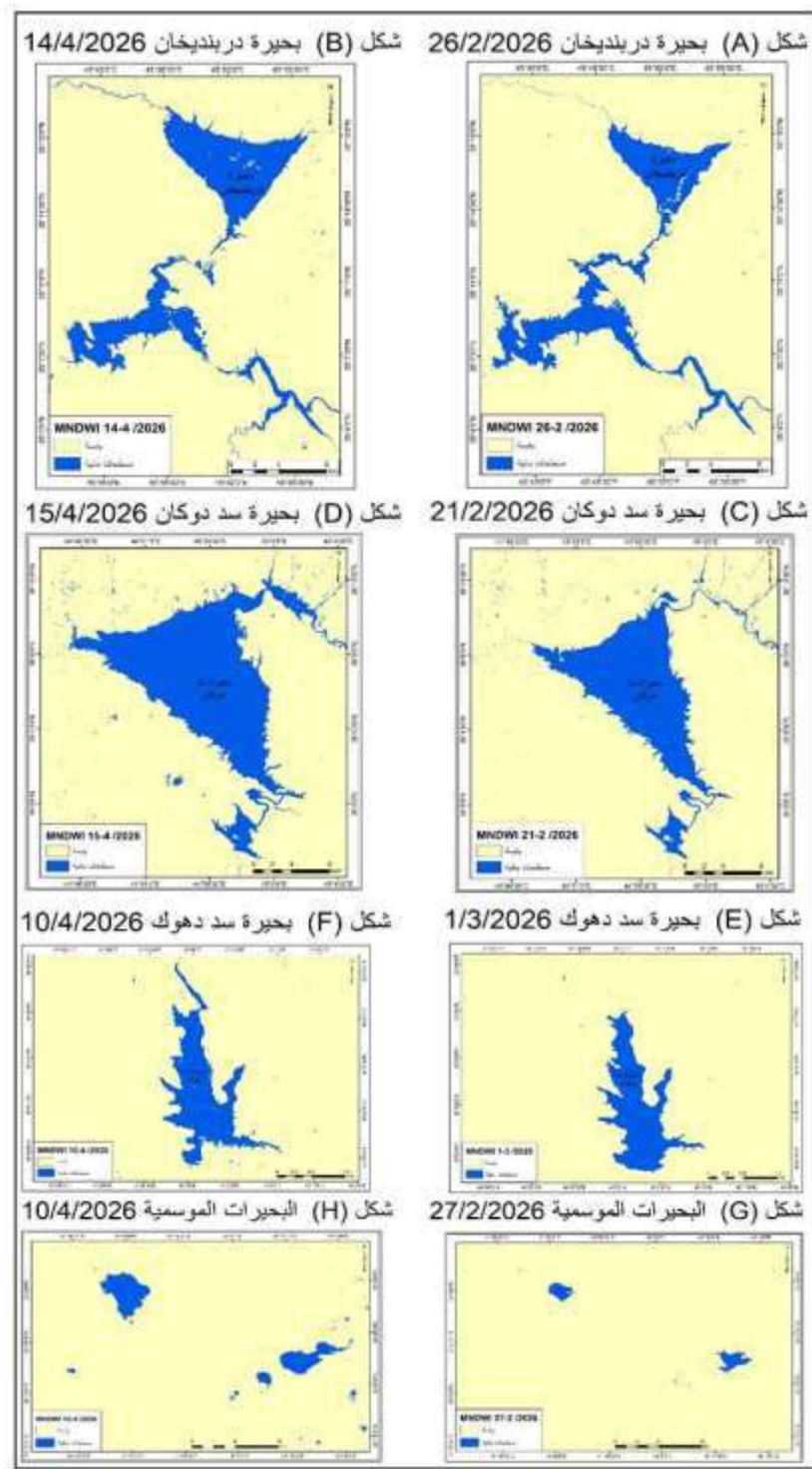
(C,D)، وبشكل عام، تبرز هذه التغيرات التي بينتها اشكال اللوحات الدور المهم للتساقط المطري في إعادة تنشيط المسطحات المائية وتعزيز امتدادها المكاني.

شكل (1) التغيرات المكانية لبحيرات الترار والحبانية والرزازة وسد الموصل قبل وبعد أمطار آذار 2026



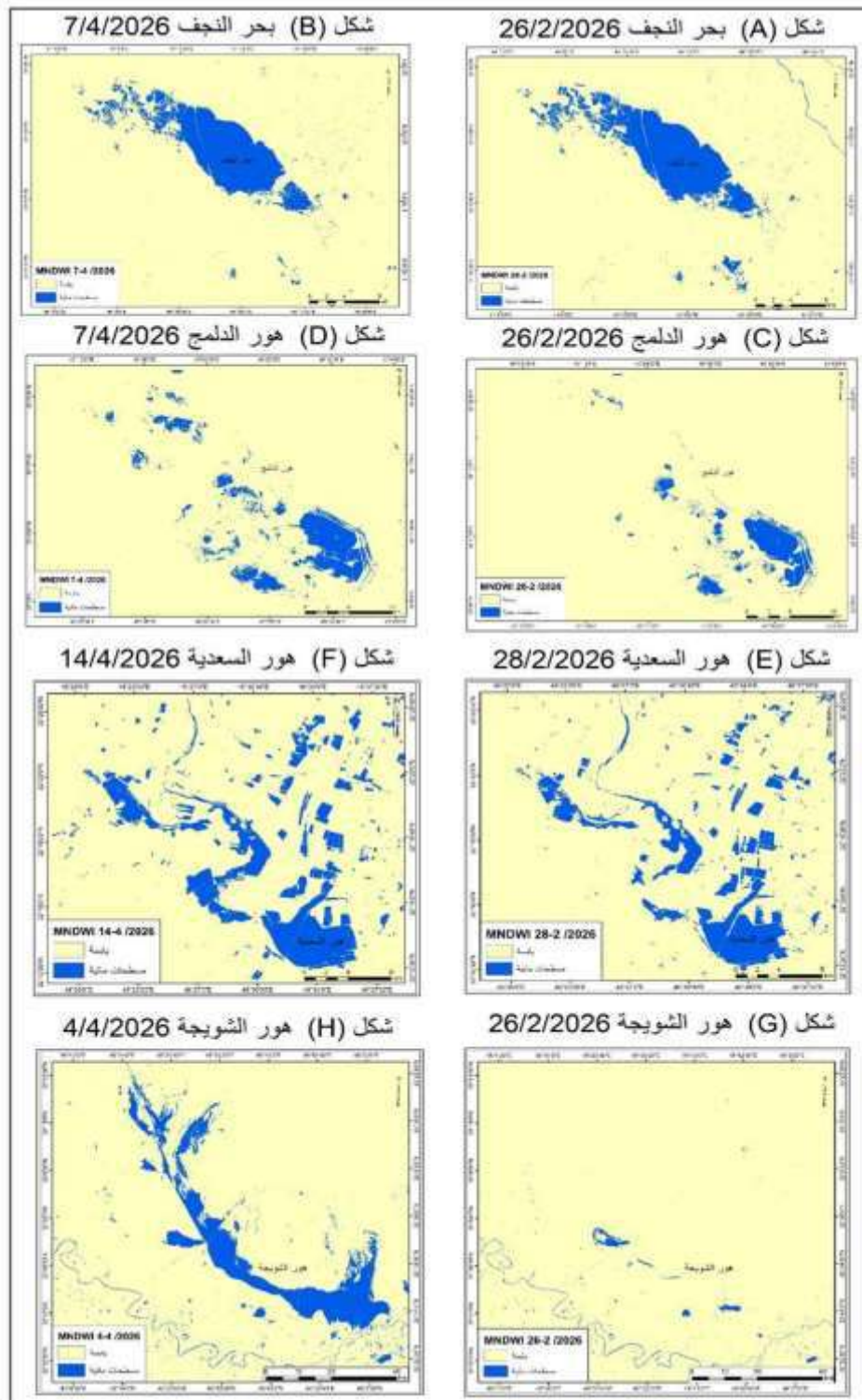
المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) وتحليل مؤشر (MNDWI) باستخدام برامجيات (Arcgis 10.4).

شكل (2) التغيرات المكانية لبحيرات دربندخان وسد دوكان وسد دهوك والبحيرات الموسمية جنوب نينوى قبل وبعد أمطار آذار 2026



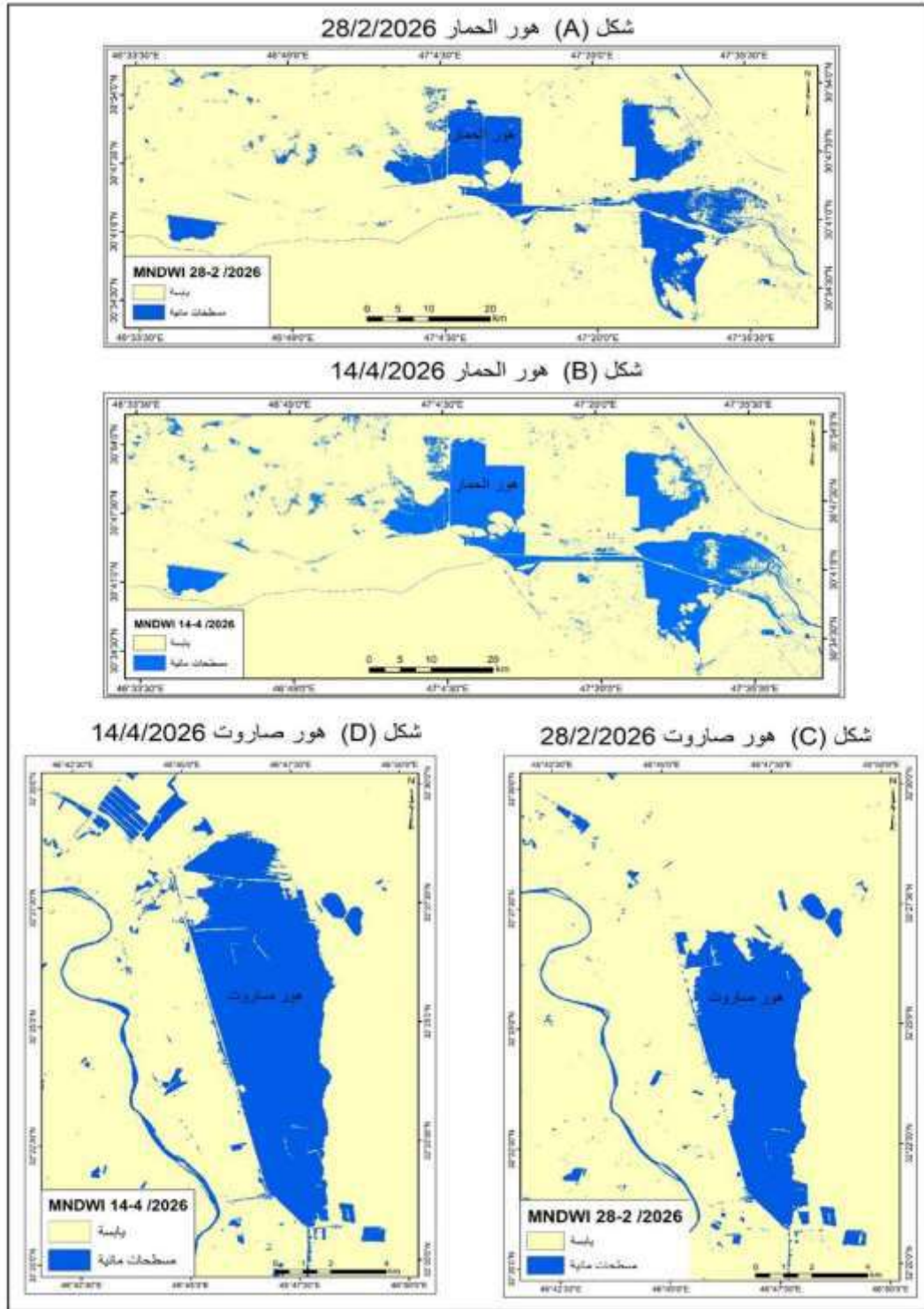
المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) وتحليل مؤشر (MNDWI) باستخدام برامجيات (Arcgis 10.4).

الشكل (3) التغيرات المكانية لبحر النجف واهوار (الدلمج والسعدية والشويجة) قبل وبعد أمطار آذار 2026



المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) وتحليل مؤشر (MNDWI) باستخدام برامجيات (Arcgis 10.4).

شكل (4) التغيرات المكانية لهور الحمار وصاروت قبل وبعد أمطار آذار 2026



المصدر: اعتمادا على مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) وتحليل مؤشر (MNDWI) باستخدام برامجيات (Arcgis 10.4).



الاستنتاجات

- 1- أظهرت نتائج التحليل وجود علاقة واضحة بين شدة التساقط المطري خلال شهر آذار 2026 والتغير في مساحات المسطحات المائية، حيث تزايدت المساحات في المناطق التي سجلت كميات أمطار أعلى.
- 2- تبين أن الأهوار كانت الأكثر استجابة للهطول المطري، إذ سجلت نسب تغير مرتفعة جدا مقارنة ببقية المسطحات، نتيجة طبيعتها المنخفضة واعتمادها المباشر على مياه الأمطار.
- 3- أظهرت الخزانات المائية في شمال العراق (مثل سد الموصل ودوكان) استجابة قوية ومباشرة، مما يعكس تأثير الموقع الجغرافي وارتفاع معدلات الأمطار في تلك المناطق.
- 4- في المقابل، سجلت بعض البحيرات (مثل الرزازة وبحر النجف) انخفاضا أو استجابة ضعيفة رغم الهطول، مما يدل على تأثيرها بعوامل أخرى مثل التبخر أو محدودية التغذية المائية.
- 5- أكدت المقارنة بين الخرائط والجدول أن مؤشر (MNDWI) أداة فعالة ودقيقة في رصد التغيرات المكانية للمسطحات المائية وتحليل استجابتها للتساقط المطري.
- 6- تعكس هذه النتائج أن الأمطار التي شهدتها العراق خلال آذار 2026 كان لها دور مهم في إعادة تنشيط المسطحات المائية وزيادة امتدادها المكاني، وإن كان تأثيرها يختلف بحسب طبيعة كل مسطح وموقعه.

المقترحات

- 1- ضرورة اعتماد أنظمة مراقبة آنية باستخدام الأقمار الصناعية لمتابعة تغيرات المسطحات المائية واتخاذ قرارات سريعة في إدارة الموارد المائية.
- 2- العمل على تطوير سياسات إدارة مائية متكاملة تستند إلى بيانات الأمطار والاستشعار عن بعد لضمان توزيع أفضل للمياه بين المحافظات.
- 3- استثمار فترات الهطول المطري في تعزيز مشاريع حصاد المياه وزيادة تغذية الأهوار والخزانات الطبيعية، خاصة في المناطق التي أظهرت استجابة عالية.
- 4- توجيه الجهود نحو إعادة تأهيل المسطحات المائية ذات الاستجابة الضعيفة، من خلال تحسين قنوات التغذية وتقليل الفاقد المائي.
- 5- تعزيز التعاون بين الجهات المختصة (الأنواء الجوية، الموارد المائية، الجامعات) في بناء نظام وطني موحد للبيانات المائية والمناخية لدعم التخطيط المستقبلي.

الهوامش

- (¹) Zahraa S. Mahdi, Zainab M. Abbood, and Osama T. Al-Taai, "Thunderstorm Dynamic Analysis Based on Total Precipitation over Iraq," *Journal of Engineering Science and Technology, Special Issue on DMPCE2021*, February 2021, p. 6
- (²) Ahmed S. Al-Daoudi and Y. K. Al-Timimi, *The Spatial Pattern Assessment of Annual Rainfall in Iraq for Periods from 2001 to 2023*, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 1371 (2024), 082031, p. 1.
- (³) Ali Raheem Al-Nassari, Josep L. Pelegri, and Pánfilo Masciángoli, "On the Temporal Variability of Precipitation in Iraq: Arid-Wet Years and Extreme Events," *International Journal of Climatology*, (2026), p. 2.
- (⁴) Ahmed S. Al-Daoudi and Y. K. Al-Timimi, "The Spatial Pattern Assessment of Annual Rainfall in Iraq for Periods from 2001 to 2023," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 1371 (2024), 082031, p. 2.
- (⁵) Nada Kadhim, "Assessment of the Water Level Changes Based on Optical Satellite Images Analysis," *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. X-G-2025, *ISPRS Geospatial Week 2025*, Dubai, UAE, 6–11 April 2025, p. 445.
- (⁶) Matamy Simwanda, Vincent Raphael Nnyandja, Senjela Saal, Sarojja Sakai, and Yuji Murayama, "Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review," *Remote Sensing*, Vol. 12, No. 14 (2020), p3.
- (⁷) European Space Agency, *Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services*, SP-1322/2, March 2012, p. 6.
- (⁸) Yun Du, Yihang Zhang, Feng Ling, Qunming Wang, Wenbo Li, and Xiaodong Li, "Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band," *Remote Sensing*, Vol. 8, No. 4 (2016), p. 2.
- (⁹) 1. Lina El-Asmar, Sabah Jomaa, and Mira Al-Hajj, Assessment of Water Indices for ,)2020(Surface Water Mapping Using Sentinel-2 Data, *Remote Sensing*, Vol. 12, No. 20, p. 9.
- (¹⁰)Zahraa R. Fakher, Sahar T. Al-Mulla, and Riaed S. Jassem, "Using Remote Sensing Coupled with Analytic Hierarchy Process Approach for Evaluating Water Harvesting .in Baglia Site," *Iraqi Journal of Science*, Vol. 63, No. 12 (2022), p. 5310
- (¹¹) Andersen, Matthew A. "Calculating and Interpreting Percentage Changes for Economic Analysis." *Applied Economics Teaching Resources*, vol. 1, no. 1, (2019), p. 25

المصادر

- 1- الهيئة العامة للأحوال الجوية والرصد الزلزالي، قسم التنبؤ الجوي، منشورات رسمية، آذار 2026.
- 2- مرئيات القمر الصناعي (Sentinel-2) لسنة 2026 قبل وبعد شهر آذار عن طريق المنصة الاوربية الرسمية المسماة (Copernicus Open Access Hup).

References

- 1- General Authority for Meteorology and Seismic Monitoring, Department Forecasting, official publications, March 2026.
- 2- Sentinel-2 satellite imagery for the year 2026 before and after March, via the Copernicus platform (Copernicus Open Access Hub).

- 3- Zahraa S. Mahdi, Zainab M. Abbood, and Osama T. Al-Taai, "Thunderstorm Dynamic Analysis Based on Total Precipitation over Iraq," Journal of Engineering Science and Technology, Special Issue on DMPCE2021, February 2021.
- 4- Ahmed S. Al-Daoudi and Y. K. Al-Timimi, The Spatial Pattern Assessment of Annual Rainfall in Iraq for Periods from 2001 to 2023, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1371 (2024).
- 5- Ali Raheem Al-Nassari, Josep L. Pelegri, and Pánfilo Masciángioli, "On the Temporal Variability of Precipitation in Iraq: Arid-Wet Years and Extreme Events," International Journal of Climatology, (2026).
- 6- Ahmed S. Al-Daoudi and Y. K. Al-Timimi, "The Spatial Pattern Assessment of Annual Rainfall in Iraq for Periods from 2001 to 2023," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1371 (2024).
- 7- Nada Kadhim, "Assessment of the Water Level Changes Based on Optical Satellite Images Analysis," ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. X-G-2025, ISPRS Geospatial Week 2025, Dubai, UAE, 6–11 April 2025.
- 8- Matamy Simwanda, Vincent Raphael Nnyandja, Senjela Saal, Sarojja Sakai, and Yuji Murayama, "Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review," Remote Sensing, Vol. 12, No. 14 (2020).
- 9- European Space Agency, Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services, SP-1322/2, March 2012.
- 10- Yun Du, Yihang Zhang, Feng Ling, Qunming Wang, Wenbo Li, and Xiaodong Li, "Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band," Remote Sensing, Vol. 8, No. 4 (2016).
- 11- Lina El-Asmar, Sabah Jomaa, and Mira Al-Hajj, Assessment of Water Indices for Surface Water Mapping Using Sentinel-2 Data, Remote Sensing, Vol. 12, No. 20, 2020.
- 12- Zahraa R. Fakher, Sahar T. Al-Mulla, and Riaed S. Jassem, "Using Remote Sensing Coupled with Analytic Hierarchy Process Approach for Evaluating Water Harvesting in Baglia Site," Iraqi Journal of Science, Vol. 63, No. 12 (2022).
- 13- Andersen, Matthew A. "Calculating and Interpreting Percentage Changes for Economic Analysis." Applied Economics Teaching Resources, vol. 1, no. 1, (2019).