الباحث

أ.م.د. بلسم شاكر شنيشل

التحليل المكاني لتكرار الشدات المطرية في العراق

Researcher

Asst. Prof.Dr. .Balsam Shaker Shnichal

Spatiotemporal Analysis of Rainfall Intensity Frequency in Iraq

مجلـــــة آداب كركـــــــوك، ، المجلد الأول، العدد الثالث أيلول ٢٠٢٥

معلومات الباحث

اسم الباحث: أ.م.د بلسم شاكر شنيشل

البريد الالكتروني: balsam_shneshil@aliraqia.edu.iq

الاختصاص العام: الجغرافية الطبيعية

الاختصاص الدقيق: المناخ ونظم المعلومات الجغرافية

مكان العمل (الحالي):

القسم: الجغرافية ونظم المعلومات الجغرافية

الكلية: الآداب

الجامعة او المؤسسة: الجامعة العراقية

البلد: العراق

الكلمات المفتاحية: الشدة المطرية؛ تصنيفWMO ؛ العراق؛ التحليل المكاني–الزماني؛ الأمطار المتطرفة.

معلومات البحث

تاريخ استلام البحث: ٢٠٢٥/٩/١

تاريخ القبول: ٢٠٢٥/٩/١٥

عنوان البحث

التحليل المكاني لتكرار الشدات المطرية في العراق

ملخص البحث

يستعرض هذا البحث التحليل المكاني–الزماني لتكرار الشدات المطرية في العراق خلال المدة (٢٠٠٧–٢٠١٨)، باستخدام بيانات الأمطار الساعية واليومية لست محطات رئيسة تمثل التباين الطبوغرافي والمناخي (دهوك، السليمانية، الرطبة، بغداد، الحي، البصرة). جرى اعتماد تصنيف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) الذي يقسم الأمطار إلى خفيفة (2.5> ملم/ساعة) ، ومتوسطة (٢,٥–١٠ ملم/ساعة)، شديدة (١٠–٥٠ ملم/ساعة)، وغزيرة جدًا/عنيفة (50<ملم/ساعة)، أظهرت النتائج سيادة الأمطار الخفيفة في عموم المحطات بواقع يزيد على (٧٧,٠٠٠) حالة لكل محطة، مع تميّز المحطات الجبلية الشمالية بارتفاع تكرار الأمطار المتوسطة والشديدة (٦٠٥ حالة متوسطة و٨٦ شديدة في دهوك) ؛(٥٥٤ متوسطة و٧١ شديدة في السليمانية)، بينما اقتصرت الأمطار العنيفة على حالات نادرة في بغداد، السليمانية، والبصرة، زمنياً تركزت الأمطار الخفيفة في ساعات الليل والفجر، والمتوسطة في الفترات الصباحية–الظهيرة، فيما غلبت الأمطار الشديدة على ساعات المساء، مما يعكس أثر الرفع التضاريسي والتسخين والاضطرابات السينوبتيكية، وأكدت دراسة الحالات المطرية الغزيرة (٤٥ –٦٢ ملم/ ساعة) أنّ تكامل الأخاديد العلوية عند ٥٠٠ هكتوباسكال مع التدفقات الرطبة عند ٨٥٠ هكتوباسكال والمنخفضات السطحية عند ١٠٠٠ هكتوباسكال يُعد العامل الرئيس في توليد الهطول الشديد، تبرز النتائج الفوارق المكانية بين الشمال الرطب والجنوب والغرب الجاف، وتؤكد هشاشة المناخ شبه الجاف في العراق أمام الأمطار المتطرفة النادرة، يسهم هذا البحث في وضع أساس علمي لإدارة الموارد المائية، الحد من مخاطر السيول والفيضانات، وتعزيز دقة النماذج التنبؤية في ظل سيناريوهات التغير المناخي.

جمهورية العراق/وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/جامعة كركوك/ كلية الآداب/ مجلة آداب كركوك

Kirkuk Journal of Arts Volume one, Number Three, , June 2025

Researcher information

Researcher: Assist Proff. Balsam ShakerShnichal

E-mail: balsam_shneshil@aliraqia.edu.iq

General Specialization: Physical Geography

Specialization: Climate & GIS

Place of Work (Current):

Department: Geography & GIS

College: Art

University or Institution
AL-Iraqia University

Country: Iraq

Key words: Rainfall intensity; WMO classification; Iraq; spatiotemporal analysis; extreme precipitation.

: Search information

Search Receipt history: 1/9/2025

Acceptance: 15/9/2025

college of Arts / Kirkuk University / Republic of Iraq Ministry of Higher education and scientific research

The Title

Spatiotemporal Analysis of Rainfall Intensity Frequency in Iraq

Abstract

This study investigates the spatiotemporal variability of rainfall intensity in Iraq during the period 2007–2018, using hourly and daily precipitation data from six representative stations (Duhok, Sulaymaniyah, Rutba, Baghdad, Al-Hayy, and Basrah). Rainfall events were classified according to the World Meteorological Organization (WMO) standard: light (<2.5 mm/h), moderate (2.5–10 mm/h), heavy (10–50 mm/h), and violent (>50 mm/h). Results show a clear dominance of light rainfall across all stations, exceeding 77,000 events per station, while northern mountainous stations recorded the highest frequencies of moderate and heavy rains (605 moderate and 86 heavy cases in Duhok; 554 moderate and 71 heavy in Sulaymaniyah). Violent rainfall was extremely rare, occurring only in isolated cases in Baghdad, Sulaymaniyah, and Basrah. Temporally, light rains prevailed during night and early morning hours, moderate rains during late morning and afternoon, and heavy rains during the evening, reflecting the combined influence of orographic lifting, convective heating, and synoptic disturbances. Case studies of extreme storms (45–62 mm/24h) confirmed the crucial role of upper-air troughs at 500 hPa, moist advections at 850 hPa, and surface cyclones at 1000 hPa in generating severe precipitation. The findings highlight substantial spatial disparities between the humid north and the arid west and south, underscoring the vulnerability of Iraq's semi-arid climate to rare but extreme rainfall events. This research provides a scientific foundation for water resource management, flood risk reduction, and improving predictive modeling under climate change scenarios.

اولاً: المقدمة.

تُعدّ محطات الرصد المناخي في العراق الركيزة الأساسية لفهم التباينات المطرية مكانياً وزمانياً، إذ تتوزع هذه المحطات على بيئات طوبوغرافية ومناخية متباينة تعكس خصائص الإقليم وتنوعه الطبيعي. تقع محطة دهوك في الشمال العراقي ضمن نطاق جبال زاجروس بارتفاع يفوق ٥٦٥ م فوق مستوى سطح البحر، ما يجعلها بيئة ذات تنوع تضاريسي نشطة تُسهم في تكثيف الأمطار عند اصطدام الكتل الهوائية الرطبة، أما محطة السليمانية فتتمركز على ارتفاع يقارب ٨٥٣ م في الشمال الشرقي، إذ تبرز كأحد المراكز الرئيسة للأمطار الغزيرة نتيجة طبيعتها الجبلية المفتوحة على المؤثرات الجوية من شرق المتوسط وتركيا، وعلى العكس من ذلك، تقع محطة بغداد في وسط العراق على سهل رسوبي منبسط بارتفاع ٣٢ م فوق مستوى البحر، وتمثل منطقة انتقالية بين الشمال الرطب نسبياً والجنوب الجاف، الأمر الذي يجعلها عرضة لتقلبات مناخية حادة. وفي جنوب شرق بغداد تقع محطة الحي بارتفاع يقارب ٢٠ م، وتُظهر بياناتها خصائص وسطية بين بغداد والبصرة، إذ تتأثر بامتداد الأخاديد العلوية والمنخفضات الجوية. أما محطة الرطبة فتقع في الهضبة الغربية على ارتفاع يزيد عن ٦٢٠ م، وهي منطقة شبه جافة تسودها ظروف مناخية جافة، إلّا أنّ موقعها المرتفع يجعلها تستجيب للأخاديد العلوية العابرة وتُسجّل أحياناً أمطاراً شديدة. وأخيراً، تقع محطة البصرة في أقصى الجنوب على ارتفاع يقارب ٥ م فوق مستوى البحر بالقرب من الخليج العربي و يسودها مناخ صحراوي حار، غير أنّ قربها من مصدر رطوبي مباشر يجعلها عرضة لعواصف مطرية غير اعتيادية في بعض المواسم، إنّ هذا التدرج المكاني للمحطات، الممتد من المرتفعات الشمالية الرطبة مروراً بالسهل الرسوبي الأوسط والهضبة الغربية شبه الجافة وصولاً إلى السواحل الجنوبية، يعكس التنوع الطوبوغرافي–المناخي للعراق، ويؤكد ما أشار إليه Al-Lami et al. (2021) من أنّ مؤشرات الأمطار القصوى تُظهر تبايناً واضحاً بين الشمال الغزير المطر والجنوب والغرب الأكثر جفافاً، مما يستدعي إجراء تحليل مكاني وزماني دقيق لفهم ديناميكية الأمطار الشديدة في البلاد.

مشكلة البحث:

ما طبيعة التباين المكاني–الزماني لتوزيع الشدات المطرية في العراق خلال المدة ٢٠٠٧–٢٠١٨، وكيف يسهم تأثير العوامل الطبوغرافية والمناخية وتباين المنظومات الضغطية في تفسير هذا التباين، وما انعكاساته على إدارة الموارد المائية والوقاية من مخاطر الفيضانات؟

فرضية البحث:

يفترض البحث أنّ تكرار الشدات المطرية في العراق ليس عشوائيًا، بل يخضع لتوزيع مكاني وزماني مرتبط بالخصائص الطبوغرافية (كالجبال والهضاب والسهل الرسوبي) وبالمنظومات الجوية (الأخاديد العلوية، المنخفضات السطحية، التغذية الرطبة من البحر المتوسط والخليج العربي)، وعليه، فإنّ تحليل البيانات المطرية ساعياً، وشهرياً وسنوياً، سيوضح أنماطاً مكانية يمكن التنبؤ بها وتفسيرها علمياً.

أهمية البحث: تكمن أهمية البحث في:

يقدّم البحث قاعدة معرفية دقيقة عن تباين الشدات المطرية في العراق، بما يسهم في فهم ديناميكية الأمطار القصوى، ويعزز التخطيط المائي وإدارة مخاطر السيول والفيضانات، كما يدعم الدراسات المناخية المستقبلية بأدوات مكانية–كمية تزيد من دقة النماذج التنبؤية، مبرزًا أثر التباين الطبوغرافي في أنماط الهطول وعلاقته بالبيئة الطبيعية والبشرية.

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تصنيف الأمطار وفق معيار WMO ، وتحليل التباين المكاني–الزماني لتكرار الشدات المطرية في المحطات الرئيسة، مع إبراز أثر الطبوغرافيا على توزيعها، وإنشاء نماذج مكانية توضح أنماطها، وتفسر حالات مختارة من الأمطار الغزيرة بالربط مع المنظومات الضغطية، إضافة إلى بناء قاعدة بيانات مكانية لدعم التنبؤ المستقبلي.

المنهج العلمي المستخدم والوسائل والأدوات:

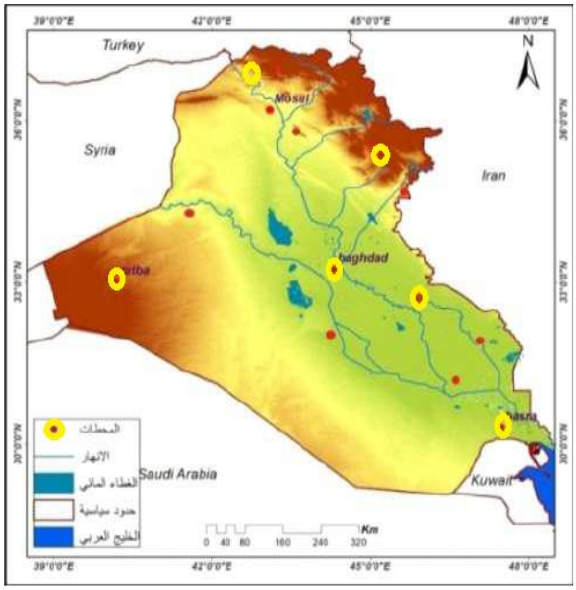
يعتمد البحث على المنهج التحليلي–الوصفي المكاني المدعوم بالأساليب الإحصائية والخرائطية، وذلك من خلال استخدام المصادر للبيانات في البحث كما يأتي:

نوع البيانات	التفاصيل	المدة الزمنية	المصدر / جهة التحميل
بيانات الأمطار الساعية واليومية والشهرية والسنوية	كميات الهطول (ملم) لمحطات: دهوك، السليمانية، الرطبة، بغداد، الحي، البصرة	2007–2018	CHRS – Center for Hydrometeorology and Remote Sensing, University of California, Irvine (PERSIANN-CDR, PERSIANN-CCS) https://chrsdata.eng.uci.edu
الخرائط الطقسية 500 ، ٨٥٠، ١٠٠٠ هكتوباسكال	خرائط سينوبتيكية وخرائط ضغط جوي لتفسير الحالات المطرية الشديدة	الحالات المطرية المختارة بين ٢٠٠٧–٢٠١٨	Plymouth State University – Vortex Weather Maps (USA) https://vortex.plymouth.edu
البيانات الطبوغرافية	نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة ٣٠ م – بيانات الارتفاعات والانحدارات	آخر إصدار متاح (SRTM 2000 مع تحديثات لاحقة حتى ٢٠١٥)	SRTM – Shuttle Radar Topography Mission, USGS Earth Explorer https://earthexplorer.usgs.gov / https://srtm.csi.cgiar.org

موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن الحدود السياسية لجمهورية العراق، التي تمتد بين دائرتـي عرض (٢٢´ ٣٧°– ٥´ ٢٩° شمالاً) وخطي طول (٤٥´ ٤٨°– ٤٥´ ٣٨°شرقاً)، بمساحة تقدر بنحو (٤٣٥,٠٥٢ كم^2)، يتميز العراق بتنوعه الطوبوغرافي والمناخي؛ إذ تتوزع تضاريسه بين الجبال الشمالية (إقليم كردستان)، والهضبة الغربية (بادية الأنبار)، والسهل الرسوبي الوسط والجنوب، فضلاً عن السواحل الجنوبية الضيقة على الخليج العربي، الشكل (١) والجدول(١)، وقد تم اختيار ست محطات مناخية رئيسة موزعة مكانياً على أقاليم العراق المختلفة، لتُمثل التباين الطوبوغرافي والمناخي، وهي: دهوك، السليمانية ، الرطبة ، بغداد، الحي ، والبصرة، هذا التوزيع يتيح فهماً شاملاً للتباين المكاني–الزماني للشدات المطرية، من الشمال الرطب إلى الجنوب شبه الجاف، ومن الغرب الصحراوي إلى الشرق الجبلي.

الشكل (١) موقع المحطات المناخية المدروسة من العراق



المصدر : اعتمادا على: ١ - وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، بيانات المحطات المناخية، ٢٠٢٣.
٢- وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، الحدود الإدارية للمحافظات العراقية، بغداد، (٢٠٢٣).

الجدول (١) المحطات المناخية المختارة في منطقة الدراسة

اسم المحطة	خط العرض(°N)	خط الطول(°E)	الارتفاع (م) عن سطح البحر	الرمز العالمي(WMO)
دهوك	36.85	42.98	565م	٦٤٨
السليمانية	35.56	45.43	853م	٦٥٦
بغداد	33.33	44.38	32م	650
الحي	32.17	46.05	20م	658
الرطبة	33.03	40.28	620م	643
البصرة	30.55	47.78	5م	632

المصدر: جمهورية العراق ، وزارة النقل ، الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي في العراق(IMOS) ،

ثانيا: التباين الزماني والمكاني للشدات المطرية .

مفهوم الشدة المطرية :

تُعرَّف الشدة المطرية (Rainfall Intensity) بحسب المنظمة العالمية للإرصاد الجوية (WMO) بأنّها كمية الهطول المطري الساقطة خلال مدّة زمنية محددة، غالبًا تُقاس بالمليمتر في الساعة (mm/h)، وهي مؤشر رئيس في تصنيف الأمطار وتقدير شدتها، وقد ظهر هذا المعيار منذ النصف الأول من القرن العشرين مع تطور مقاييس المطر الساعية، وتم اعتماده بشكل رسمي في الأدلة التقنية للأرصاد الجوية الصادرة عن WMO في سبعينيات القرن الماضي، ليكون مرجعًا موحدًا على المستوى العالمي (WMO, 2012)، ويُستخدم هذا التصنيف في الدراسات المناخية والهيدرولوجية والهندسية لتقدير

الأخطار المرتبطة بالأمطار، مثل الفيضانات السريعة والسيول والتعرية، اعتمدت WMO تصنيفًا معيارياً يحدد الشدة المطرية على النحو الآتي الجدول(٢):

الجدول (٢) تصنيف الشدة المطرية وفق WMO

نوع الشدة المطرية	المعدل (ملم/ساعة)	الوصف
خفيفة(Light)	أقل من ٢,٥	مطر رذاذي أو ضعيف التأثير
متوسطة(Moderate)	2.5 – 10	مطر متواصل متوسط الشدة
شديدة(Heavy)	10 – 50	مطر غزير، قد يسبب جرياناً سطحياً
غزيرة جداً / عنيفة (Violent/Very Heavy)	أكثر من ٥٠	عواصف مطرية عنيفة قد تؤدي إلى فيضانات فورية

World Meteorological Organization (WMO). (2012). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8, 2012 Edition, Updated 2014).* Geneva: WMO. Retrieved from https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4147

١- تكرار أنواع الشدات لمحطات منطقة الدراسة:

تم تحليل بيانات الشدات المطرية حسب التصنيف العالمي (WMO) لكل محطة، بعد استثناء أشهر الصيف (٦، ٧، ٨)، النتائج تبين الفروقات المكانية لتكرار الشدات (خفيفة، متوسطة، شديدة، غزيرة):

الجدول(٣) تصنيف الشدة المطرية للمحطات المختارة في العراق 2018–2007

المحطة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة
دهوك	77743	605	86	1
السليمانية	77834	554	71	2
الرطبة	78037	349	52	0
بغداد	78015	363	56	3
الحي	78124	282	33	0
البصرة	78076	308	53	1

المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

تشير نتائج الجدول (٣) لتحليل الشدات المطرية في العراق (٢٠٠٧–٢٠١٨) إلى تباين واضح بين المحطات الست المدروسة تبعًا للموقع الجغرافي والخصائص الطبوغرافية، ففي **محطة دهوك**، لوحظ تسجيل أعلى تكرار للأمطار المتوسطة بلغ (٦٠٥ تكرارا) والشديدة (٨٦ تكرارا) مقارنة ببقية المحطات، بينما بلغت الحالات الخفيفة(٧٧,٧٤٣) تكرارا ، وهو ما يعكس سيطرة النمط المعتدل على مناخ المنطقة الشمالية بفعل التأثيرات الجبلية والرطوبة الواردة من شرق المتوسط، أما الشدات الغزيرة جداً فقد كانت نادرة (حالة واحدة فقط)، وهو ما يتوافق مع الطبيعة شبه الرطبة التي تُظهر هيمنة الشدات المتوسطة (Al-Lami, Al-Timimi, & Al-Shamarti, 2021)، و ظهر نمط مشابه لدهوك في **محطة**

السليمانية ، إذ بلغت الأمطار المتوسطة ٥٥٤ تكرارا ، والشديدة ٧١ تكرارا ، والغزيرة (حالتين فقط)، ما يعكس أثر التضاريس الجبلية والأنظمة الرطبة القادمة من شرق المتوسط وتركيا، وتشير هذه النتائج إلى تزايد فرص الأمطار المعتدلة–الشديدة في شمال العراق، وهو ما أكده Abbas & Abdulrahman (2019) حول تزايد الشدات المطرية في شمال شرق العراق بفعل التغيرات المناخية.

أما **محطة الرطبة** الواقعة في الهضبة الغربية، فقد سُجل فيها ٧٨,٠٣٧ حالة خفيفة، و٣٤٩ متوسطة، و٥٢ شديدة، دون تسجيل أي حالة غزيرة، ما يعكس طبيعتها الصحراوية وتأثير الرياح الجافة وقلة الاضطرابات الجوية، وهو ما يتفق مع ما أورده Al–Khudhairy & Al–Khateeb (2014) حول مناخ غرب العراق، في حين كانت **محطة بغداد** و التي تمثل مناخًا انتقاليًا بين الجاف وشبه الجاف، قد سُجلت ٧٨,٠١٥ حالة خفيفة، و٣٦٣ متوسطة، و٥٦ شديدة، فضلا عن (٣ حالات) غزيرة، يشير ذلك إلى أنّ معظم الهطول يتسم بكونه خفيف الشدة، بينما تعكس الحالات الغزيرة النادرة وجود اضطرابات جوية استثنائية، وهو ما أكدته دراسات Al–Timimi, Al–Jiboori, & Al–Ali (2015) بشأن محدودية الشدات القصوى في وسط العراق.

بينما كانت **محطة الحي** الواقعة جنوب شرق العراق، سجلت ٧٨,١٢٤ حالة خفيفة، و٢٨٢ متوسطة، و٣٣ شديدة، دون تسجيل أي أمطار غزيرة، يعكس هذا النمط مناخ السهل الرسوبي المفتوح الذي يتأثر بالتبخر العالي وانخفاض تشكل السحب الركامية، وأخيرًا في **محطة البصرة**، أقصى جنوب العراق، تم تسجيل ٧٨,٠٧٦ حالة خفيفة، و٣٠٨ متوسطة، و٥٣ شديدة، و (حالة واحدة) غزيرة فقط، ما يؤكد الطبيعة الصحراوية للمنطقة وندرة الفعاليات المطرية الشديدة جدا، وهي نتائج تتفق مع وصف Salman & Al–Saadi (2015) لمناخ البصرة بأنّه جاف ذو نشاط مطري محدود.

٢– <u>التكرار الساعي لأنواع الشدات المطرية:</u>

يتضح من الجدول (٤) بصورة عامة أنّ الأمطار الخفيفة لها سيطرة شبه متجانسة على مدار ٢٤ ساعة في جميع المحطات، مع غلبة طفيفة في ساعات الليل المتأخرة والفجر (من ٠–٦)GMT ، مما يعكس استقرار الغلاف الجوي الليلي وارتفاع الرطوبة النسبية، أمّا الأمطار المتوسطة فتميل للتزايد في ساعات الصباح (بين ٨–١١)GMT وفي فترة ما بعد الظهر (١٣–١٧)GMT ، بخاصة في محطات (دهوك والسليمانية) بفعل النشاط الحملاني المدفوع بالتسخين الشمسي(Abbas & Abdulrahman, 2019) .

أمّا الأمطار الشديدة، فإنّها تُسجّل غالبًا خلال الفترة المسائية (١٨–٢٢) GMT في محطات مثل الرطبة وبغداد، ممّا يشير إلى ارتباطها بمرور اضطرابات جوية أو جبهات باردة تتزامن مع ساعات انخفاض الحرارة السطحية، في حين أنّ الأمطار الغزيرة جدًا/العنيفة نادرة جدًا، وتظهر بصورة معزولة في أوقات مختلفة من الليل أو الفجر، مثل حالة واحدة عند الساعة ٧ GMT في بغداد أو عند الساعة ١٠GMT في السليمانية، ما يؤكد ارتباطها بحالات جوية استثنائية ونادرة.

هذا النمط يبرز دور التضاريس في شمال العراق (دهوك، السليمانية) حيث تزداد شدات النهار، مقابل هيمنة الاضطرابات المسائية في وسط وغرب العراق (بغداد، الرطبة)، في حين تبقى المحطات الجنوبية (البصرة والحي) مقيدة بأمطار خفيفة ذات توزيع شبه ثابت.

الجدول (٤) التكرار الساعي GMT لأنواع الشدة المطرية

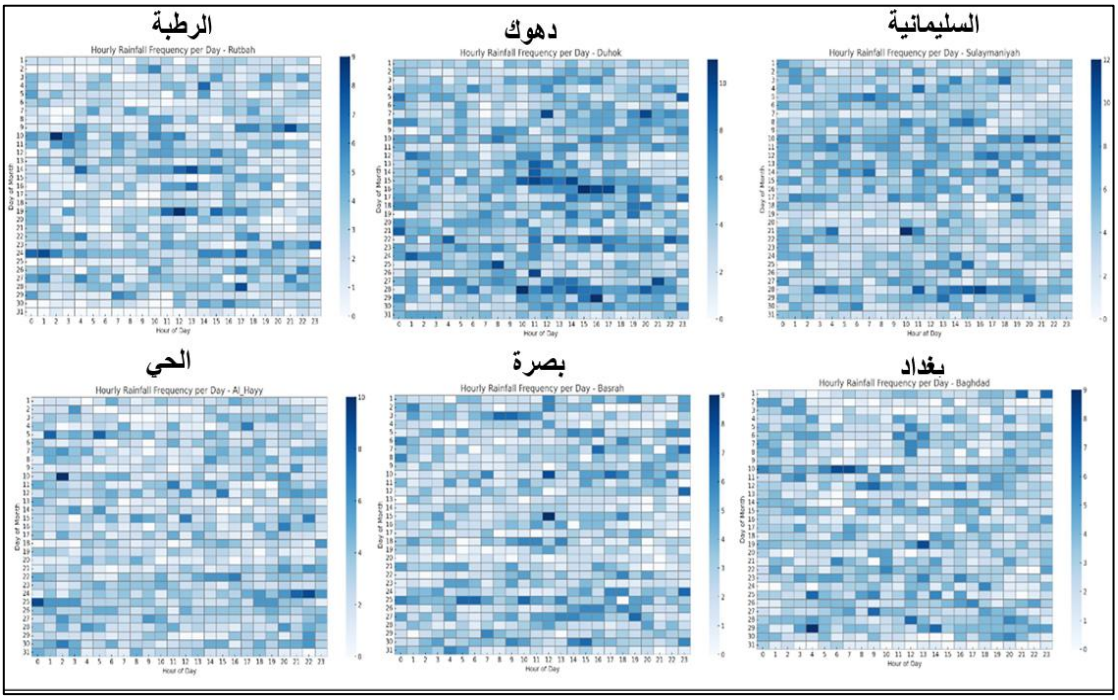
المحطات	دهوك				السليمانية				الرطبة			
hour	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة
0	3250	25	2	0	3257	21	1	0	3257	19	2	0
1	3256	17	5	1	3253	22	4	0	3261	13	4	0
2	3250	26	2	0	3252	26	1	0	3269	6	3	0
3	3250	27	1	0	3259	16	4	0	3262	15	1	0
4	3247	27	4	0	3254	22	3	0	3263	11	4	0
5	3250	25	3	0	3255	21	3	0	3262	13	3	0
6	3257	18	3	0	3254	22	3	0	3262	16	0	0
7	3259	16	3	0	3255	24	0	0	3261	15	2	0
8	3259	17	2	0	3260	18	1	0	3265	13	0	0
9	3252	21	5	0	3249	29	1	0	3262	13	3	0
10	3239	34	4	0	3248	28	1	1	3261	16	0	0
11	3241	32	5	0	3250	26	3	0	3258	20	0	0
12	3249	24	4	0	3251	26	1	0	3259	16	2	0
13	3248	27	3	0	3254	24	1	0	3259	19	0	0
14	3251	23	4	0	3247	24	8	0	3257	19	2	0
15	3237	38	2	0	3250	25	3	0	3265	11	1	0
16	3253	21	3	0	3259	16	3	0	3264	13	0	0
17	3235	39	3	0	3251	24	3	0	3264	12	1	0
18	3247	29	1	0	3251	22	5	0	3257	17	3	0
19	3247	28	2	0	3250	26	1	1	3253	21	3	0
20	3244	29	4	0	3242	34	2	0	3258	18	1	0
21	3241	32	4	0	3249	26	3	0	3258	15	4	0
22	3250	24	4	0	3252	25	2	0	3264	12	2	0
23	3260	16	3	0	3258	19	2	0	3262	14	3	0
المحطات	بغداد				الحي				البصرة			
hour	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة
0	3264	13	2	0	3260	15	3	0	3262	15	1	0
1	3262	15	1	0	3260	18	0	0	3260	15	3	0
2	3261	14	3	0	3266	10	2	0	3266	9	3	0
3	3264	13	1	0	3267	10	1	0	3263	14	1	0

0	1	13	3264	0	1	11	3266	0	4	19	3255	4
0	3	17	3258	0	1	16	3261	0	0	14	3264	5
0	4	13	3261	0	1	11	3266	0	3	11	3264	6
1	1	10	3266	0	0	7	3271	1	1	11	3265	7
0	2	8	3268	0	0	7	3271	0	5	11	3262	8
0	0	13	3265	0	0	8	3270	0	0	16	3262	9
0	0	15	3262	0	0	6	3271	0	1	12	3264	10
0	3	13	3262	0	0	7	3271	0	2	14	3262	11
0	0	18	3259	0	2	11	3264	0	1	19	3257	12
0	4	9	3265	0	1	8	3269	0	4	24	3250	13
0	3	13	3262	0	2	16	3260	0	0	21	3257	14
0	1	17	3259	0	1	8	3268	1	1	24	3251	15
0	2	17	3258	0	0	10	3267	0	1	17	3259	16
0	1	14	3262	0	4	10	3263	1	1	17	3258	17
0	3	10	3264	0	1	15	3261	0	4	15	3258	18
0	2	10	3265	0	1	16	3260	0	3	17	3257	19
0	0	17	3260	0	1	20	3256	0	3	15	3259	20
0	5	13	3259	0	0	21	3256	0	1	14	3262	21
0	1	11	3266	0	0	12	3266	0	2	12	3264	22
0	3	10	3266	0	3	17	3259	0	3	14	3261	23

المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

يظهر الشكل (٢) أنّ النمط الزماني لتكرار الشدات المطرية في العراق يتوزع بين الليل والفجر للأمطار الخفيفة، والصباح والظهيرة للأمطار المتوسطة، والمساء للأمطار الشديدة، بينما تبقى الأمطار العنيفة شديدة الندرة ومرتبطة بظروف جوية غير اعتيادية.

الشكل (٢) التكرار الساعي لأنواع الشدة المطرية



المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

٣- التكرار الشهري لأنواع الشدات المطرية:

تبيّن من الجدول (٥) أنّ **الأمطار الخفيفة** هي النمط المسيطر على مدار الموسم المطري (أيلول–آيار) في جميع المحطات، مع تسجيل أعلى القيم خلال شهري كانون الأول وكانون الثاني، ما يعكس سيطرة المنخفضات المتوسطية الباردة، أمّا **الأمطار المتوسطة** فتظهر قممها في شهري آذار ونيسان خاصة في المناطق الجبلية (دهوك والسليمانية)، وهو ما يتوافق مع نشاط الاضطرابات الربيعية وعدم الاستقرار الحراري في تلك الفترة.

في حين إنّ **الأمطار الشديدة** تتركز في شهري كانون الأول وشباط في الوسط والجنوب (بغداد، الحي، البصرة)، بينما تزداد في شهري آذار ونيسان في الشمال (دهوك، السليمانية) بفعل التضاريس، بينما كانت **الأمطار الشديدة جدًا** نادرة جدًا، وسُجلت بشكل متفرّق خلال الخريف (أيلول وتشرين الأول) أو بداية الشتاء (كانون الثاني)، وغالبًا ما تكون مرتبطة بمرور منخفضات عميقة أو جبهات قوية.

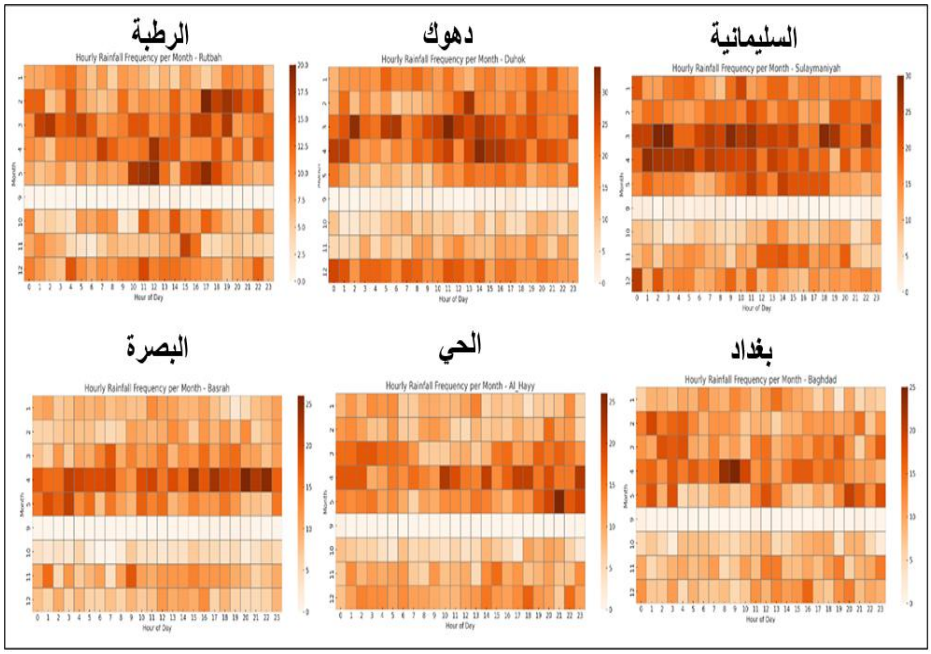
هذا النمط يعكس انطباعا عن أنّ العراق يخضع لذروة النشاط المطري في الشتاء، مع انتقال تدريجي نحو الأمطار الرعدية–التضاريسية الأكثر شدة في الربيع، خاصة في المناطق الشمالية الجبلية، في حين تبقى الأمطار الجنوبية أكثر انتظامًا وضعفًا في شدتها.(Al-Lami et al., 2021)

الجدول (٥) التكرار الشهري لأنواع الشدة المطرية

	دهوك				السليمانية				الرطبة			
mounth	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة
9	8627	11	2	0	8631	9	0	0	8640	0	0	0
10	8875	48	5	0	8897	31	0	0	8879	43	6	0
11	8573	57	10	0	8586	49	4	1	8600	32	8	0
12	8847	68	7	0	8854	59	9	0	8877	38	7	0
1	8827	65	11	1	8855	62	10	0	8872	31	1	0
2	8053	72	10	0	8062	67	6	0	8082	43	10	0
3	8821	102	5	0	8819	92	16	1	8866	60	2	0
4	8515	105	19	0	8525	109	5	0	8575	60	4	0
5	8834	87	7	0	8831	88	9	0	8872	50	6	0
	بغداد				الحي				البصرة			
mounth	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة
9	8886	36	4	1	8880	22	2	0	8867	32	5	0
10	8085	45	3	2	8109	26	0	0	8105	28	2	0
11	8876	48	4	0	8890	34	4	0	8883	41	4	0
12	8551	72	16	0	8564	67	8	0	8549	80	10	0
1	8845	72	11	0	8868	55	5	0	8871	45	11	1
2	8639	0	1	0	8640	0	0	0	8636	4	0	0
3	8896	30	2	0	8897	28	3	0	8907	18	3	0
4	8599	40	1	0	8608	30	2	0	8602	34	4	0
5	8865	29	5	0	8893	28	1	0	8882	32	8	0

المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

الشكل (٣) التكرار الشهري لأنواع الشدة المطرية



المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

من الشكل (٣) يستنتج أنّ فصل الخريف (أيلول–تشرين الثاني) هو بداية الموسم، أمطار خفيفة واسعة، مع بعض الحالات المتوسطة في الوسط والجنوب، أمّا الشتاء (كانون الأول–شباط) فإنّ ذروة النشاط المطري يتركز خلاله، وتكرار أعلى للأمطار الشديدة في الوسط والجنوب.

وتزايد الشدات المتوسطة والشديدة خلال فصل الربيع (آذار–آيار) في الشمال بفعل الاضطرابات الحرارية والتضاريس، وتتسم الأمطار الغزيرة جدًا بأنّها حالات نادرة وغير منتظمة، غالبًا وترتبط بعواصف جوية استثنائية.

٤ – التكرار السنوي لأنواع الشدات المطرية:

تشير البيانات في الجدول (٦) إلى أنّ **الأمطار الخفيفة** هي السمة المسيطرة في جميع السنوات والمحطات، إذ يتجاوز تكرارها ستة آلاف حالة سنويًا، ما يعكس الطبيعة العامة للمناخ العراقي شبه الجاف، إلّا أنّ هناك تذبذبًا ملحوظًا في بعض السنوات مثل (٢٠٠٧، ٢٠٠٩، ٢٠١٨) التي سجلت أعلى تراكمات نسبية، خاصة في الشمال (دهوك، السليمانية).

الجدول (٦) التكرار السنوي لأنواع الشدة المطرية

	دهوك				السليمانية				الرطبة			
year	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة
2007	6471	52	5	1	6516	33	3	0	6496	27	6	0
2008	6536	35	5	0	6541	31	4	0	6553	20	3	0
2009	6502	45	5	0	6492	57	3	0	6526	22	4	0
2010	6471	74	7	0	6493	50	9	0	6525	27	0	0

2011	6496	46	10	0	6525	26	1	0	6533	18	1	0
2012	6526	45	5	0	6531	41	4	0	6539	35	2	0
2013	6495	53	4	0	6492	55	5	0	6517	33	2	0
2014	6488	59	5	0	6513	31	7	1	6525	24	3	0
2015	6493	45	8	0	6479	62	5	0	6518	20	8	0
2016	6529	40	5	0	6528	46	0	0	6545	27	2	0
2017	6498	47	7	0	6480	60	11	1	6511	38	3	0
2018	6467	74	10	0	6470	74	7	0	6475	66	10	0
	بغداد			الحي				البصرة				
year	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة	خفيفة	متوسطة	شديدة	غزيرة جدًا/عنيفة
2007	6520	31	1	0	6490	36	3	0	6490	33	6	0
2008	6553	18	5	0	6562	12	2	0	6556	16	4	0
2009	6500	48	4	0	6529	22	1	0	6529	19	4	0
2010	6527	22	3	0	6532	18	2	0	6531	19	2	0
2011	6533	18	1	0	6533	19	0	0	6522	25	5	0
2012	6543	31	2	0	6556	20	0	0	6551	20	5	0
2013	6514	36	2	0	6529	20	3	0	6527	21	4	0
2014	6525	24	3	0	6523	26	3	0	6533	16	3	0
2015	6518	24	4	0	6519	26	1	0	6511	30	5	0
2016	6546	23	5	0	6544	28	2	0	6544	29	1	0
2017	6510	31	11	0	6527	24	1	0	6518	29	5	0
2018	6453	66	6	3	6505	39	7	0	6490	57	3	1

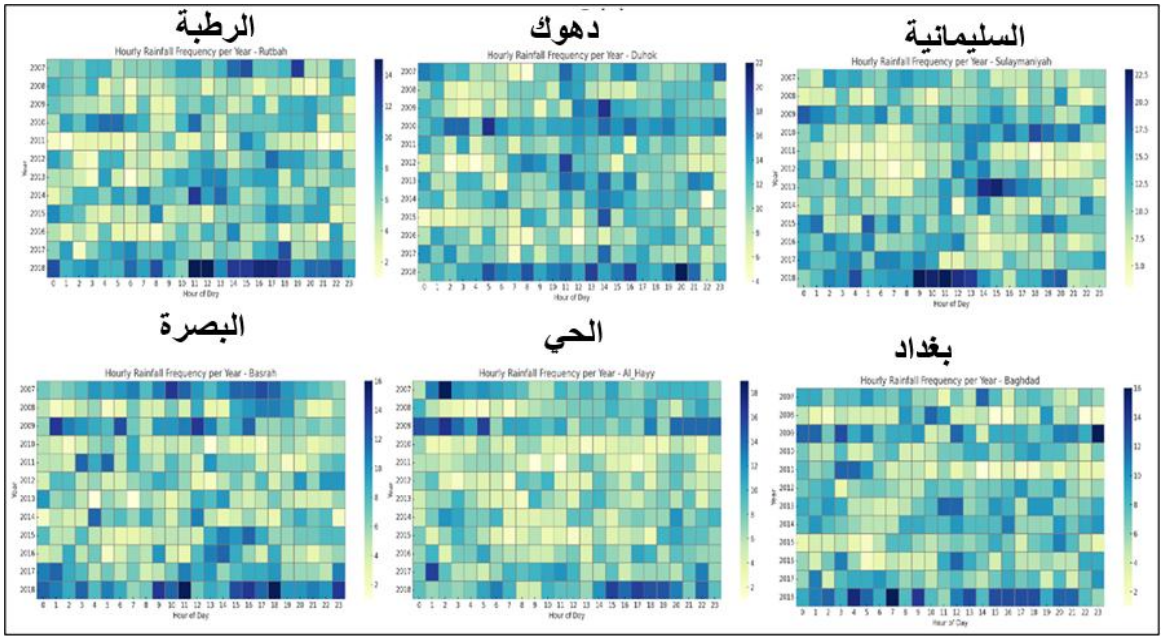
المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

أمّا **الأمطار المتوسطة** فتبين وجود قمم واضحة في أعوام (٢٠١٠، ٢٠١٣، ٢٠١٨) خصوصًا في دهوك والسليمانية، ممّا يعكس دور المنخفضات المتوسطية العميقة التي تنشط في هذه المواسم، وبالنسبة إلى **الأمطار الشديدة**، فإنّ تكرارها منخفضًا (أقل من ١٥ حالة سنويًا في أغلب المحطات)، مع بروز أعوام استثنائية مثل ٢٠١١ و٢٠١٧ و٢٠١٨ التي شهدت نشاطًا أكبر في الرطبة وبغداد.

فيما يخص **الأمطار الغزيرة جدًا/العنيفة** فهي نادرة جدًا ومحصورة في سنوات قليلة (٢٠٠٧، ٢٠١٤، ٢٠١٧، ٢٠١٨)، وغالبًا ما ظهرت في محطات محددة مثل بغداد، السليمانية، والبصرة، وهو ما يعكس ارتباطها بظروف جوية غير اعتيادية مثل مرور منخفضات عميقة أو اضطرابات محلية قوية.

والشكل (٤) يشير إلى أنّه يمكن القول إنّ النمط الزماني يعكس غلبة الأمطار الخفيفة والمعتدلة طوال السنوات، مع تكرار محدود للشديدة وظهور استثنائي للغزيرة جدًا، ممّا يوضح هشاشة السجل المناخي العراقي أمام الحالات المتطرفة ونُدرتها، وهو ما أشار إليه Al-Lami et al. (2021) في تحليله للشدات المطرية القصوى.

الشكل (٤) التكرار الشهري لأنواع الشدة المطرية



المصدر: بالاعتماد على بيانات، https://chrsdata.eng.uci.edu

ثالثا: تحليل النماذج الطقسية:

تم اختيار نماذج مناخية للرصدات التي سجلت أعلى كمية أمطار خلال وقت الرصد لكل محطة مناخية وتحليل الحالة السينوبيتكية المرافقة لها لمستويات (١٠٠٠، ٨٥٠، ٥٠٠) هكتوباسكال وحالة عناصر الطقس المصاحبة لها ، ينظر الملحق (١) والشكل (٥) :

١. **نموذج محطة دهوك (١٥ نيسان/أبريل ٢٠١٦):**

سجلت محطة دهوك هطول مطري غزير بلغ(**٤٥ ملم/ساعة**) ، تأثر بامتدادات المنخفض المتوسطي المتمركز فوق القائم المتزامن مع وجود مركز مرتفع سيبيري شمال شرق تركيا في المستوى السطحي ١٠٠٠هكتوباسكال ، ممّا جعلها منطقة التقاء لكتلتين هوائيتين مختلفتين في الخصائص، كتلة مدارية دافئة رطبة مسحوبة بواسطة المنخفض انسجم اتجاه حركتها مع امتداد السلاسل الجبلية من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي، ممّا أدى إلى رفع الكتلة الهوائية فوق المرتفعات وانخفاض حرارتها تدريجيًا، فازداد التكاثف ونتجت أمطار غزيرة ، وأخرى قطبية باردة من الشمال الشرقي، وقد نتج عن هذا التصادم تشكّل جبهة هوائية لعبت فيها الكتلة الدافئة الدور الأقوى، وهو ما عزز من فعالية الرفع الجبهي وحدّة الهطول.

أمّا عند مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال فقد سيطر منخفض قطبي بارد، في حين هيمن على مستوى ٥٠٠ هكتوباسكال أخدود علوي قطبي عميق، وكلاهما عززا من عملية التكاثف والرفع الرأسي.

وقد انعكس هذا التفاعل الجوي بوضوح في الخصائص المناخية المسجلة بالمحطة؛ إذ بلغ معدل الحرارة اليومي نحو 15.3°C، فيما سُجل ضغط جوي منخفض (890) هكتوباسكال (ورطوبة نسبية مرتفعة نسبيا (٦٢%) ورياح غربية–شمالية غربية بسرعة ٣,٢ م/ث ، هذه القيم تعكس بيئة غير مستقرة مثالية لتطور السحب الركامية، وهو ما يتفق مع ما أشارت إليه الدراسات المناخية العراقية والعربية التي أوضحت أنّ التقاء الكتل الهوائية الرطبة الدافئة مع الباردة القطبية، بدعم من الأخاديد العلوية والمنخفضات السطحية، يُعد من أبرز محددات الأمطار الغزيرة في شمال العراق.(الكناني& مطشر . 2020) (E3S, 2024)

٢. **نموذج محطة السليمانية (٢٤ تشرين الثاني/نوفمبر ٢٠١٧):**

شهدت محطة السليمانية هطولًا مطريًا غزيرًا بلغ **(٦٢ ملم/ساعة)**، ارتبط بوضوح بتكامل المنظومات الضغطية في المستويات الثلاثة (١٠٠٠، ٨٥٠، ٥٠٠ هكتوباسكال) مع الظروف المناخية المحلية، فعند مستوى ١٠٠٠ هكتوباسكال تمركز منخفض عميق فوق شمال شرق العراق وغرب إيران، مما عزّز من تقارب الرياح السطحية وزاد من تغذية المنطقة بالرطوبة، وهو ما انسجم مع الضغط المنخفض المسجل في المحطة (٨٩٧ هكتوباسكال). أمّا عند مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال فقد خضعت المنطقة لتأثير منخفض قطبي بارد اندفع من شرق المتوسط وتركيا، ترافق مع رياح شمالية غربية رطبة وفرت تغذية مستمرة ببخار الماء لتطور السحب الركامية، وفي المستوى العلوي ٥٠٠ هكتوباسكال ظهر أخدود علوي عميق ممتد من شرق أوروبا وتركيا نحو العراق، معززاً برودة وعدم استقرار ديناميكي ساعدا على رفع الهواء الرطب بكفاءة.

انعكست هذه المنظومات على عناصر الطقس المرصودة في المحطة، إذ بلغ متوسط الحرارة اليومية نحو (٩,٢°م) مع رطوبة نسبية مرتفعة (٧٠%)، وهي بيئة مثالية لتطور العواصف المطرية، إنّ هذا الترتيب العمودي المتكامل—من المنخفض السطحي عند ١٠٠٠ هكتوباسكال، مرورًا بالمنخفض القطبي عند ٨٥٠ هكتوباسكال، وصولًا إلى الأخدود العلوي عند ٥٠٠ هكتوباسكال—قد أسهم في نشوء حالة عدم استقرار قوية فوق شمال شرق العراق، نتج عنها هطول مطري غزير جدًا في السليمانية.

٣. **نموذج محطة الرطبة (٢٤ شباط/فبراير ٢٠٠٧):**

شهدت محطة الرطبة هطولًا مطريًا بلغ **(٣١ ملم)**، وهو مقدار مرتفع نسبيًا قياسًا ببيئة صحراوية شبه جافة كالأنبار، وقد ارتبطت هذه الحالة بتكامل المنظومات الضغطية في المستويات الثلاثة (١٠٠٠، ٨٥٠، ٥٠٠ هكتوباسكال) مع الخصائص المناخية المحلية، فعند مستوى ١٠٠٠ هكتوباسكال تموضَع

منخفض سطحي مندمج للمنخفضين (المتوسطي والسوداني)، ما عزّز من التقارب الأفقي للرياح وأسهم في دفع الهواء الرطب نحو غرب العراق، أمّا عند مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال فقد خضعت المنطقة لتأثير امتداد منخفض قطبي بارد ترافق مع تدفق غربي–شمالي غربي محمّل بالرطوبة من شرق المتوسط، انسجم مع الرياح المرصودة في الرطبة (اتجاه غربي بسرعة ٣,٧ م/ث) وأسهم في رفع فعّال للهواء فوق تضاريس الهضبة الغربية، وفي المستوى العلوي ٥٠٠ هكتوباسكال ظهرت أمواج مستقيمة، ما وفر تبريدًا علويًا معتدلًا أسهم في تعزيز الرفع الواسع النطاق وإن كان بدرجة أقل ممّا يحدث عادة في البيئات الجبلية.

انعكست هذه المنظومات على عناصر الطقس المرصودة في المحطة، إذ بلغ متوسط الحرارة اليومية (١١,٣°م) مع رطوبة نسبية متوسطة (٥٩%)، وهي ظروف مناسبة لتشكل هطولا مطريا عند توافر آليات رفع ديناميكي ، ومن المرجح أنّ الهطول المسجل كان مزيجًا من المطر الجبهي الناتج عن عبور الجبهة الباردة وبعض الخلايا الرعدية المحلية، وتبرز هذه الحالة أهمية التداخل بين المنخفض السطحي المندمج عند ١٠٠٠ هكتوباسكال، والامتداد القطبي عند ٨٥٠ هكتوباسكال، والأمواج المستقيمة عند ٥٠٠ هكتوباسكال في توليد هطول غزير فوق مناطق جافة كالأنبار.

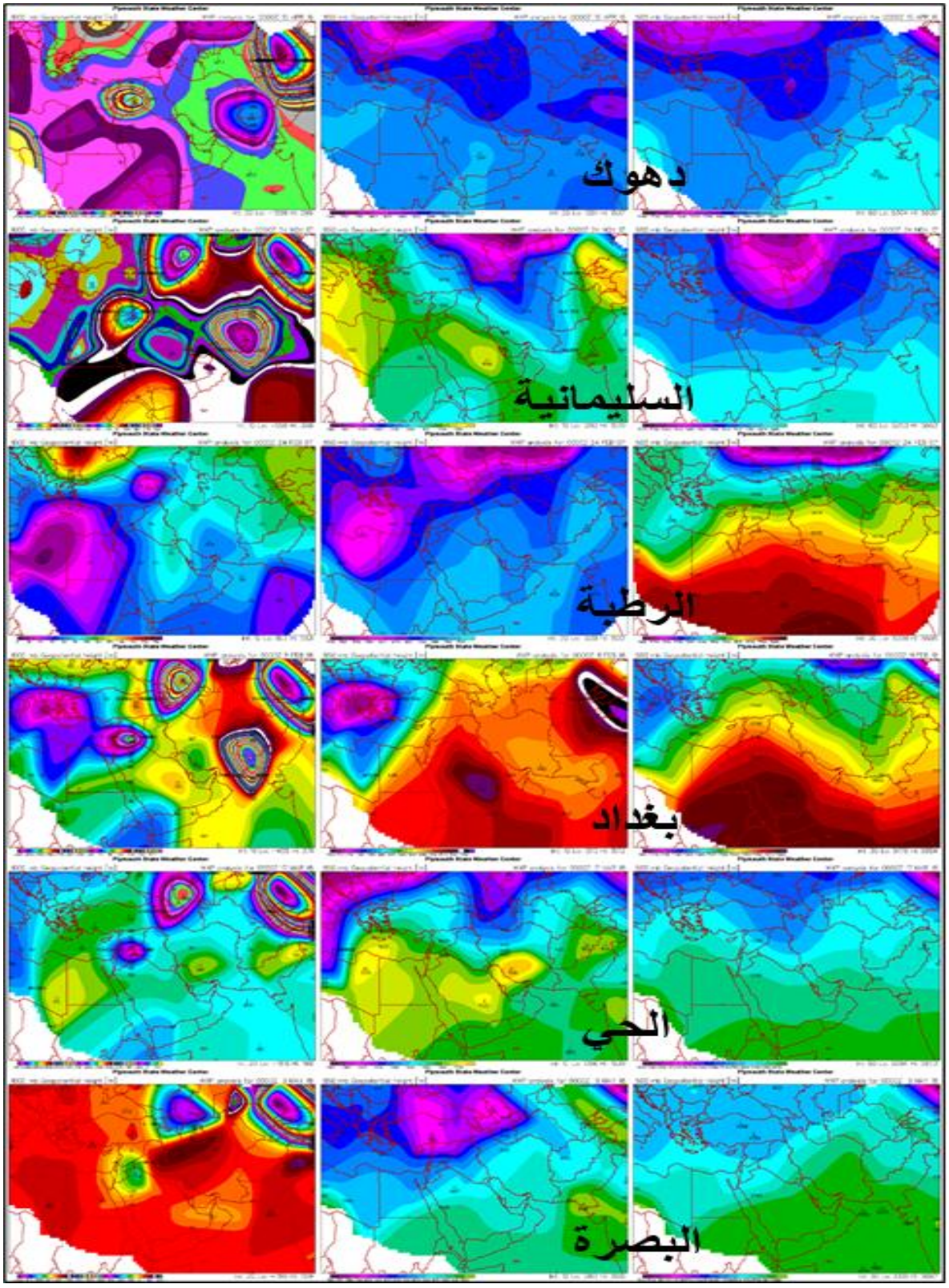
٤. **<u>نموذج محطة بغداد (١١ شباط/فبراير ٢٠١٨):</u>**

شهدت محطة بغداد هطولًا مطريًا غزيرًا بلغ **(٥٦ ملم/ ساعة)**، ارتبط بوضوح بتداخل المنظومات الجوية في المستويات الثلاثة، فعند مستوى ١٠٠٠ هكتوباسكال كانت المنطقة تحت تأثير امتدادات سلسلة من عوائل المنخفضات المتوسطية، شملت منخفضًا متمركزًا عند الحدود العراقية–السورية، وآخر فوق البحر المتوسط والجزر اليونانية، إلى جانب منخفض شمال شرق العراق فوق أذربيجان، وهو ما عزز من التقارب السطحي وزاد من فرص تشكل السحب الممطرة، أما عند مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال فقد خضعت بغداد لامتداد مرتفع جوي متمركز فوق الجزيرة العربية، ما ولّد تباينًا حراريًا وضغطيًا ساعد على دفع الهواء الرطب نحو الطبقات العليا، وفي المستوى العلوي ٥٠٠ هكتوباسكال ظهرت المنطقة تحت تأثير شرق انبعاج ، وهو ما أتاح تبريدًا علويًا مناسبًا ودعمًا ديناميكيًا لعملية الرفع واسعة النطاق.

انعكست هذه المنظومات على عناصر الطقس المرصودة في المحطة، إذ بلغ متوسط الحرارة اليومية نحو (١٣,٧°م) مع رطوبة نسبية متوسطة (٧٤%)، فيما سُجِّل ضغط جوي منخفض (١٠٠٨ هكتوباسكال)

متوافق مع تأثير المنخفضات السطحية، هذه البنية الرأسية – من امتدادات المنخفضات المتوسطية عند ١٠٠٠ هكتوباسكال، مرورًا بتأثير المرتفع للجزيرة العربية عند ٨٥٠ هكتوباسكال، وصولًا إلى انبعاج المرتفع العلوي عند ٥٠٠ هكتوباسكال – قد هيأت ظروفًا مثالية لعدم الاستقرار فوق وسط العراق، وأسفرت عن حالة مطرية غزيرة جدًا في بغداد.

الشكل (٥) يوضح الخرائط الطقسية للنماذج المختارة



المصدر: الاعتماد على https://vortex.plymouth.edu

٥. **نموذج محطة الحي (١٧ آذار/مارس ٢٠١٨):**

شهدت محطة الحي هطولًا مطريًا غزيرًا بلغ **(٤٥ ملم/ساعة)**، بفعل تفاعل ديناميكي وحراري بين مستويات الغلاف الجوي الثلاثة، فعند مستوى ١٠٠٠ هكتوباسكال كانت المنطقة واقعة تحت تأثير مركز مرتفع سيبيري متمركز جنوب غرب ايران ، الذي أسهم في سحب الهواء البارد الرطب مروراً بالخليج العربي نحو العراق وأوجد تدرجًا ضغطيًا ملائمًا للتقارب السطحي، أمّا عند مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال فقد خضعت المنطقة لتأثير منخفض قطبي امتدت مراكز تأثيره نحو العراق، ممّا ولّد تدفقات رطبة غربية–جنوبية غربية زادت من فرص تشكّل السحب الركامية، وفي المستوى العلوي ٥٠٠ هكتوباسكال ظهر أخدود علوي بارد ممتد من شرق المتوسط، وفر تبريدًا وعدم استقرار ديناميكي هيأ الظروف المثالية لرفع الهواء الرطب بكفاءة.

انعكست هذه المنظومات على عناصر الطقس المرصودة في المحطة، إذ بلغ متوسط الحرارة اليومية (١٩,٦°م) مع رطوبة نسبية متوسطة (٧٥%)، وهي بيئة ملائمة لتطور العواصف المطرية، إنّ التداخل بين المرتفع السيبيري عند ١٠٠٠ هكتوباسكال، والمنخفض القطبي عند ٨٥٠ هكتوباسكال، والأخدود العلوي البارد عند ٥٠٠ هكتوباسكال، قد وفّر بيئة مثالية لعدم الاستقرار فوق وسط العراق، وأسفر عن هطول مطري غزير في محطة الحي، متوافقًا مع ما أشارت إليه الدراسات المناخية حول دور تلاقي المنخفضات القطبية والأخاديد العلوية مع التأثيرات السطحية في توليد الأمطار الغزيرة.

٦. **نموذج محطة البصرة (٩ أيار/مايو ٢٠١٨):**

شهدت محطة البصرة هطولًا مطريًا غزيرًا بلغ(**٥١ ملم/ ساعة)**، ارتبط بوضوح بتداخل المنظومات الجوية في المستويات الثلاثة، فعند مستوى ١٠٠٠ هكتوباسكال كانت المنطقة تحت تأثير المرتفع السيبيري مع ظهور مركز ثانوي له فوق وسط إيران، ممّا عزّز من التدرج الضغطي في السهل الرسوبي الجنوبي وأوجد بيئة مواتية للتقارب السطحي، أمّا عند مستوى ٨٥٠ هكتوباسكال فقد تأثرت المنطقة بامتدادات المنخفض القطبي المتمركز غرب تركيا، ما ولّد تدفقًا غربيًا–شماليًا غربيًا رطبًا ساعد على تغذية الغلاف الجوي ببخار الماء، وهو ما انسجم مع الرياح المرصودة شمالية غربية (شمالية غربية بسرعة ٤,١ م/ث). وفي المستوى العلوي ٥٠٠ هكتوباسكال برزت تأثيرات امتدادات غرب انبعاج التيار الهوائي المداري الصاعد، ما وفر دعمًا ديناميكيًا وعدم استقرار علوي ساعدا على تعزيز الرفع الواسع النطاق فوق جنوب العراق.

انعكست هذه المنظومات في العناصر المناخية المرصودة في المحطة، إذ بلغ متوسط الحرارة اليومية (٣٢,١°م) مع رطوبة نسبية (٦٠%)، وهي بيئة أسهمت في توليد طاقة حمل حراري كامنة تفاعلت مع عدم الاستقرار العلوي لتشكيل خلايا رعدية مطرية كثيفة. إنّ التزامن بين المرتفع السيبيري عند ١٠٠٠ هكتوباسكال، وامتداد المنخفض القطبي عند ٨٥٠ هكتوباسكال، وتأثيرات انبعاج التيار المداري عند ٥٠٠ هكتوباسكال، قد هيأ الظروف لحدوث حالة مطرية قوية وغير معتادة في جنوب العراق.

والشكل (٦) يوضح **التغير الرأسي لدرجة الحرارة مع الضغط الجوي** (المقطع الرأسي الحراري) للمحطات المناخية في العراق خلال حالات مطرية مختارة، يمكن تلخيص التحليل وفق المحطات بالترتيب كما يلي:

١. **دهوك – ١٥ نيسان ٢٠١٦:** يظهر منحنى الانخفاض الحراري بانتظام مع الارتفاع، بمعدل تبريد قريب من المعدل الرطب (≈٦,٥ °م/كم). هذا النمط يعكس بيئة غير مستقرة ساعدت على تشكل أمطار غزيرة بفعل التضاريس الجبلية.

٢. **السليمانية – ٢٤ تشرين الثاني٢٠١٧:** التدرج الحراري المنتظم مع برودة قوية في الطبقات العليا يعكس بيئة جبلية غير مستقرة. دعم ذلك تدفقا رطبا من شرق المتوسط، ما أدى إلى هطول غزير جداً (٦٢ ملم).

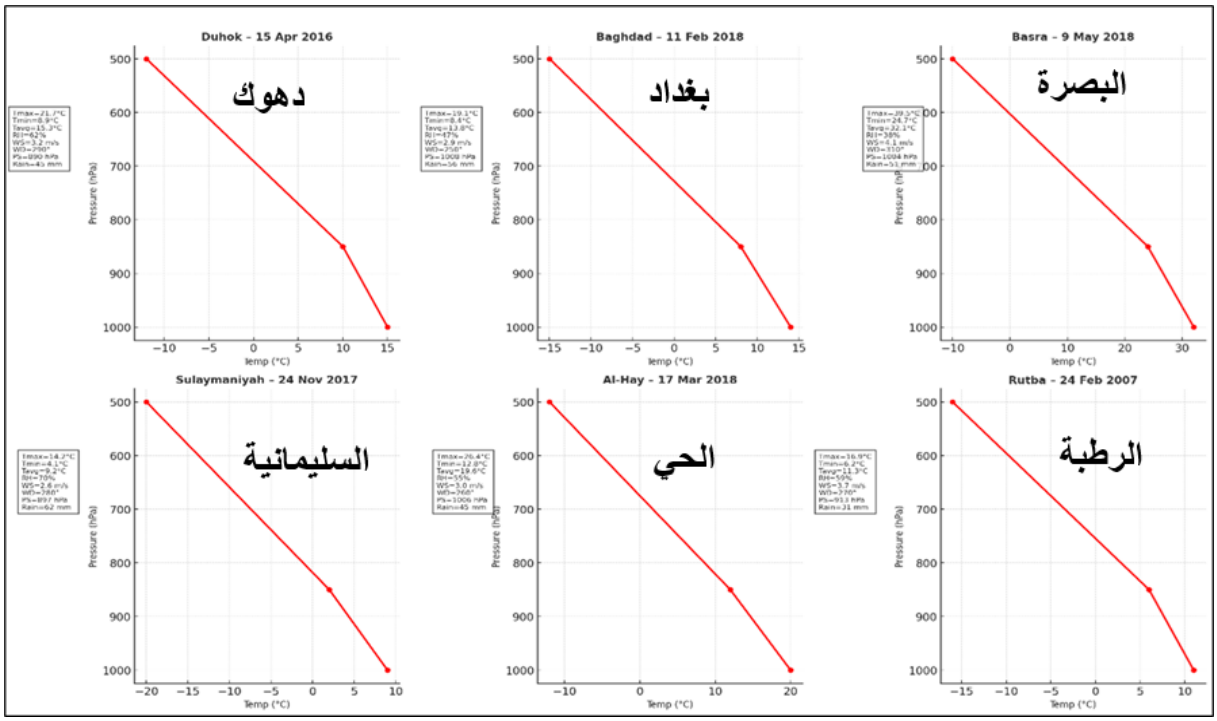
٣. **الرطبة – ٢٤ شباط ٢٠٠٧:** يبين الملف الحراري برودة معتدلة في الطبقات العليا مع ميل رأسي شبه منتظم. على الرغم من الطبيعة الجافة للمنطقة، إلّا أنّ التدرج الحراري مع تقارب الرياح السطحية سمح بحدوث هطول شديد(٣١ ملم).

٤. **بغداد – ١١ شباط ٢٠١٨:** يبين الميل الرأسي تبريداً واضحاً حتى مستوى ٥٠٠ هكتوباسكال، ما يشير إلى عدم استقرار ديناميكي. وجود فرق حراري ملحوظ بين الطبقات يعزز الرفع الجبهي المصاحب للمنخفضات الشتوية، وهو ما فسر الهطول الغزير (٥٦ ملم).

٥. **الحي – ١٧ آذار ٢٠١٨ :** الانحدار الحراري متوسط لكنه مقرون برطوبة كافية عند ٨٥٠ هكتوباسكال وأخدود علوي بارد. هذا التزامن بين التسخين السطحي وعدم الاستقرار العلوي أسفر عن هطول غزير (٤٥ ملم).

٦. **البصرة – ٩ آيار ٢٠١٨:** يظهر فروقاً حرارية كبيرة بين السطح والطبقات العليا° T>30 م عند السطح مقابل قيم سالبة عند ٥٠٠ هكتوباسكال .(هذا التباين يولد طاقة حمل حراري عالية(CAPE) ، ما هيأ لعواصف رعدية غير اعتيادية في بيئة شبه صحراوية.

الشكل (٦) التغير الرأسي لدرجة الحرارة



المصدر: الاعتماد على https://vortex.plymouth.edu

ويتضح أنّ جميع المحطات تتشارك في ميل حراري رأسي يدل على **حالة عدم استقرار** بدرجات متفاوتة، لكن شدة الهطول ارتبطت بقوة التباين بين السطح والطبقات العليا، وتوافر الرطوبة، وأثر التضاريس، إذ أظهرت المحطات الجبلية (دهوك، السليمانية) استجابة أكبر بينما المحطات الصحراوية والجنوبية (الرطبة، البصرة) اعتمدت على تداخل استثنائي بين التسخين السطحي والتبريد العلوي.

رابعا: الاستنتاجات:

١. **هيمنة الأمطار الخفيفة** :أظهرت النتائج أنّ الأمطار الخفيفة هي النمط السائد في جميع محطات العراق (٢٠٠٧–٢٠١٨)، بما يعكس الطبيعة شبه الجافة للمناخ العراقي، مع تسجيل تذبذبات موسمية وسنوية مرتبطة بالمنخفضات المتوسطية.

٢. **التباين المكاني للشدات المطرية** : برزت المحطات الشمالية (دهوك، السليمانية) كأكثر المناطق تعرضًا للأمطار المتوسطة والشديدة بفعل التضاريس الجبلية والتأثيرات الرطبة القادمة من شرق المتوسط، بينما تراجعت هذه الشدات في الوسط والجنوب لتبقى محدودة وغالبًا مرتبطة باضطرابات جوية استثنائية.

٣. **التباين الزماني (ساعي–شهري–سنوي)** : يتوزع النمط الزماني للأمطار على فترات ليلية وفجرية للأمطار الخفيفة، وصباحية–ظهرية للمتوسطة، ومسائية للشديدة، في حين أنّ الأمطار الغزيرة جدًا نادرة وغير منتظمة، ممّا يعكس طبيعة الأنظمة الجوية المؤثرة.

٤. **ندرة الحالات الغزيرة جدًا** : أظهرت البيانات أنّ الأمطار الغزيرة جدًا/العنيفة تكاد تكون معدومة، واقتصرت على حالات استثنائية محدودة في بغداد، السليمانية، والبصرة، وهو ما يعكس هشاشة السجل المناخي أمام الحالات المطرية القصوى.

٥. **دور المنظومات الجوية والطوبوغرافيا** :أكدت النماذج التحليلية أنّ التفاعل بين الأخاديد العلوية، والمنخفضات السطحية، والتغذية الرطبة من شرق المتوسط والخليج العربي، إضافة إلى أثر التضاريس، يشكل العامل الحاسم في توليد الأمطار المتوسطة–الشديدة في العراق.

٦. **الأبعاد التطبيقية والتنبؤية** :يبرهن التحليل أنّ دراسة التباين المكاني–الزماني للشدات المطرية يوفر أساسًا علميًا لإدارة الموارد المائية والحد من مخاطر الفيضانات والسيول، كما يرفد النماذج التنبؤية المستقبلية بقاعدة بيانات مكانية يمكن الاعتماد عليها في خطط التكيف مع التغير المناخي.

الملحق (١) الخصائص المناخية للنماذج المختارة

المحطة	التاريخ	الساعة	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Tavg (°C)	RH (%)	WS10m (m/s)	WD10m (°)	PS (hPa)	الكمية (ملم)
دهوك	2016/٤/١٥	4	21.7	8.9	15.3	62	3.2	290	890	45.0
بغداد	2018/02/11	7	19.1	8.4	13.8	٧٤	2.9	250	1008	56.0
البصرة	09/05/2018	7	39.5	24.7	32.1	٦٠	4.1	310	1004	51.0
السليمانية	24/11/2017	10	14.2	4.1	9.2	70	2.6	280	897	62.0
الحي	17/03/2018	2	26.4	12.8	19.6	٧٥	3.0	260	1006	45.0
الرطبة	24/02/2007	4	16.9	6.2	11.3	59	3.7	270	913	31.0

المصادر العربية:

- **الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي،(2018) ، التقرير السنوي للمناخ – ٢٠١٨، بغداد: قسم المناخ.**
- **مالك ناصر عبود الكناني، & هند حسن مطشر. (٢٠٢٠). التحليل السينوبتكيي لتكرار الأمطار الغزيرة في العراق.250-233 ,(39)2 ,*Journal of Education College Wasit University* . المجلة العراقية للعلوم(IASJ)، (2024) ، تحليل العوامل المناخية المصاحبة للأمطار الشديدة في العراق(2)36 .، ١١٢-126 .**

المصادر الأجنبية:

- Abbas, F., & Abdulrahman, R. (2019). Climate change impacts on rainfall variability in the Kurdistan Region of Iraq. *Journal of Atmospheric Research, 215*, 45–56. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.08.015
- AlAnsari, N. (2019). Rainfall trends and climate variability over Iraq. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, *9*(3), 1–22.

- Al-Khudhairy, D. H., & Al-Khateeb, N. A. (2014). Climatic characteristics of western desert of Iraq. *Arabian Journal of Geosciences, 7*(12), 5027–5038. https://doi.org/10.1007/s12517-013-1102-9
- Al-Kubaisi, Q., & Al-Khalidy, S. (2015). Synoptic patterns associated with heavy rainfall over southern Iraq. *Iraqi Journal of Science, 56*(4), 3450–3463.
- Al-Lami, A. M., Al-Timimi, Y. K., & Al-Shamarti, H. K. A. (2021). Spatiotemporal analysis of some extreme rainfall indices over Iraq (1981–2017). *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences, 30*(2), 221–235. https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.2.19
- Al-Timimi, Y. K., Al-Jiboori, M. H., & Al-Ali, S. H. (2015). Climate variability and extreme rainfall events in central Iraq. *Theoretical and Applied Climatology, 122*(3–4), 713–724. https://doi.org/10.1007/s00704-014-1312-9
- CHRS Data Portal. (2024). Center for Hydrometeorology and Remote Sensing (CHRS), University of California, Irvine: PERSIANN Precipitation Data Products (PERSIANN-CDR, PERSIANN-CCS). Retrieved from https://chrsdata.eng.uci.edu
- CGIAR-CSI. (2014). SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1. Consortium for Spatial Information. Retrieved from https://srtm.csi.cgiar.org
- Hershfield, D. M. (1961). *Rainfall Frequency Atlas of the United States for Durations from 30 Minutes to 24 Hours and Return Periods from 1 to 100 Years*. U.S. Weather Bureau, Department of Commerce.
- Plymouth State University. (2024). Vortex Weather Maps – Upper Air and Surface Weather Analysis Charts (500, 850, 1000 هكتوباسكال). Retrieved from https://vortex.plymouth.edu
- Rasheed, H. R., & Al-Mahmood, S. H. (2018). Moisture transport and convective storms over Basrah: A synoptic analysis. *Basrah Journal of Science, 36*(2), 112–126.
- Salman, H. H., & Al-Saadi, H. A. (2015). Climatic classification of Basra Province and its environmental implications. *Basra Journal of Science, 33*(1), 115–128.
- USGS. (2015). Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 30 m Digital Elevation Data. United States Geological Survey, Earth Explorer. Retrieved from https://earthexplorer.usgs.gov
- World Meteorological Organization (WMO). (2012). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (WMO-No. 8, 2012 Edition, Updated 2014). Geneva: WMO. Retrieved from https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4147
- E3S Web of Conferences. (2024). **Climatic factors and extreme rainfall events in Iraq**. *E3S Web of Conferences, 496*, 01012. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449601012