إمكانية استثمار الاستمطار الصناعي في العراق باستخدام بيانات الغطاء الغيمي (دراسة تحليلية تطبيقية)

أ.د مالك ناصر عبود الكناني — **جامعة واسط/ كلية التربية للعلوم الإنسانية** — mnasir@uowasit.edu.iq

م.د غفران قاسم اسماعيل — **جامعة بابل/ كلية التربية للعلوم الإنسانية** — hum915.qufran.qasim@uobabylon.edu.iq

الكلمات المفتاحية: الاستمطار الصناعي، الغطاء الغيمي، مناخ العراق

المستخلص:

يهدف البحث إلى دراسة إمكانية استثمار تقنيات الاستمطار الصناعي في العراق بالاعتماد على تحليل بيانات الغطاء الغيمي المرصودة من قبل محطات الرصد الجوي في العراق، للكشف عن ايجاد حلول علمية لمعالجة مشكلات العجز المائي والتغير المناخي. وقد اعتمدت الدراسة المنهج التحليلي التطبيقي من خلال استخدام البيانات المناخية اليومية للمدة الزمنية (٢٠١٠-٢٠٢٣)، ولثمان محطات رصد جوي في العراق. وقد تم حساب كميات الأمطار المتساقطة وتكرارات الأيام الممطرة والأيام الغائمة.

تم تحليل خصائص أصناف الغطاء الغيمي وتحديد الحالات المطرية المرافقة لكل منها، ثم تم استخراج نسبة الغطاء الغيمي غير الممطر من الأنواع التي يمكن أن يصاحبها تساقط الأمطار، لغرض تحديد ظروف الغطاء الغيمي المناسبة لاستثمارها بالاستمطار الصناعي. وقد تبين من الدراسة قلة عدد الأيام الممطرة في العراق فهي لا تشكل سوى نسبة (٩) % تقريباً من أيام السنة في عموم العراق، بينما تشكل الأيام الغائمة في العراق نسبة (٣٨,٩) % من أيام السنة في عموم العراق، وأظهرت الدراسة أن حوالي (٣١) % من الأيام الغائمة تكون غير ممطرة وممكن استثمارها في الاستمطار الصناعي.

وبينت الدراسة أن الجزء الأكبر من الغطاء الغيمي هو ضمن الفئات (٦ ، ٧ ، ٨) أوكتاس، كما أنها تستحوذ على حوالي (٨٠) من أمطار العراق.

وخلص البحث إلى أن استثمار الاستمطار الصناعي في العراق يُعد خياراً واعداً لتعزيز الأمن المائي وتقليل آثار الجفاف، شريطة تهيئة البنية التحتية التقنية وبناء قدرات بشرية متخصصة في مجالات الأرصاد الجوية. وأوصت الدراسة بضرورة إنشاء أربعة مراكز وطنية لتقنيات الاستمطار وتطوير نظام وطني للرصد الغيمي المستمر لدعم اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية.

إمكانية استثمار الاستمطار الصناعي في العراق باستخدام بيانات الغطاء الغيمي (دراسة تحليلية تطبيقية)

أ.د مالك ناصر عبود الكناني م.د غفران قاسم اسماعيل

Assessing the Potential of Artificial Cloud Seeding Investment in Iraq Using Cloud Cover Data (An Analytical and Applied Study)

Malik Nasser Abbood Al-Kanani
University of Wasit

Ghufran Qasim Ismail
University of Babylon

Keywords: Artificial rain, cloud cover, Iraqi climate

Abstract:

This research aims to examine the potential for investing in cloud seeding technologies in Iraq through an analytical study based on cloud cover data observed by national meteorological stations. The study seeks to explore scientific and practical solutions to address the growing challenges of water scarcity and climate change. An analytical–applied methodology was adopted, utilizing daily climatic data for the period (2010–2023) obtained from eight meteorological stations distributed across Iraq. The analysis included calculating the total precipitation amounts, the frequency of rainy days, and the distribution of cloudy days throughout the study period.

The study analyzed the physical characteristics of various cloud cover types and identified the rainfall events associated with each category. Additionally, the proportion of non-precipitating clouds among those capable of producing rainfall was determined to identify the most suitable cloud conditions for potential cloud seeding operations. The findings indicated that rainy days in Iraq account for only about 9% of the total annual days, while cloudy days represent approximately 38.9%. It was also found that nearly 31% of cloudy days are non-rainy and therefore could be suitable for artificial rainfall enhancement. Moreover, the dominant cloud cover types were classified within the categories (6, 7, and 8) oktas, which collectively contribute around 80% of Iraq's total annual precipitation.

The research concludes that investing in cloud seeding technologies represents a promising strategic option for enhancing water security and mitigating drought impacts. However, successful implementation requires the establishment of adequate technical infrastructure and the development of specialized human capacities in meteorology and atmospheric sciences. The study recommends the establishment of four national centers for cloud seeding technologies and the development of a continuous national cloud monitoring system to support decision-making in water resource management.

١- المقدمة:

تمثل تقنية الاستمطار الصناعي (Cloud Seeding) إحدى أهم التقنيات الحديثة الهادفة إلى تحفيز الغطاء الغيمي لإحداث التساقط المطري أو التساقط الثلجي، من خلال تدخل الانسان واستعماله لمواد تكثيف معينة تسمى بالمواد المحفزة للهطول (Farahat & Abuelgasim, pp. 951-968)، وإنّ الجانب المهم لقيام عملية الاستمطار هو وجود غيوم تحوي كميات من بخار الماء لكنها غير قادرة على التساقط بشكل طبيعي، ولأنّ من أهم شروط حدوث التكاثف هو وجود نويات التكاثف التي تؤدي دوراً مهماً بالتسريع بعملية التكاثف قبل وصول الهواء لحد الاشباع، لذلك تعمل هذه المواد كنويات تكثيف أو تجميد، فتتجمع حولها قطرات الماء وبلورات الثلج لتكون أثقل، وتصبح الغيوم غير قادرة على حملها وتتساقط بأشكال مختلفة سواء أكان تساقطاً سائلاً أو صلباً.

وتكمن أهمية الاستمطار الصناعي في أنه يساهم في تعزيز الموارد المائية ولا سيما في المناطق التي تعاني شحةً في مواردها المائية من جهة وقلة في كميات التساقط بجميع أشكاله من جهةٍ أخرى، كما يساهم في تحسين الظروف المناخية والبيئية الملائمة للزراعة، وهو من أهم الاستراتيجيات التي يمكن من خلالها مواجهة تحديات التغير المناخي، فضلاً عن أهميته تحسين بنية الاقتصاد الريفي وتطوير الزراعة فيها.

ويعاني العراق من مشكلة شحة المياه وظروف المناخ الجاف وهي مشكلات بيئية مركبة، وما زاد من تأثيرها هو تناقص واردات مياه نهري دجلة والفرات وروافدهما لأسباب طبيعية وأخرى سياسية، باعتبار أنّ العراق بلد مصب؛ إذ يُنتج نحو (٦٠) % من موارده المائية خارج حدوده في تركيا وايران وسوريا وبشكل أساسي عبر نهري دجلة والفرات اللذين يعدّان مصادر المياه السطحية الرئيسة في العراق **(الدولي، ٢٠٢٢، صفحة ٣١)**، فضلاً زيادة حدة الجفاف وتناقص كميات الأمطار المتساقطة بشكل واضح، وكل ذلك يقلل من فرص التنمية في ظل تزايد حجم السكان والتوسع في القطاعات الاقتصادية المهمة، مما يؤثر سلباً على تحقيق الأمن المائي.

تهدف الدراسة للكشف عن الإمكانيات الطبيعية المتوافرة التي يمكن استغلالها في استخدام تقنية الاستمطار الصناعي في العراق، من خلال حساب عدد الحالات الغائمة ضمن أصناف الغطاء الغيمي المختلفة حسب نسب تغطية السماء بالغيوم، والكشف عن أكثر أنواع الأصناف مطراً، وإظهار الأصناف الملائمة لبذر المواد المحفزة للتساقط المطري خلال الأوقات التي تتواجد فيها الغيوم.

وبالتالي فإنّ مشكلة البحث تتلخص بالتساؤل العلمي التالي: هل تتوافر إمكانيات مناخية يمكن من خلالها إنجاح تقنية الاستمطار الصناعي في العراق؟

أما فرضية البحث الرئيسة فهي: بالإمكان استثمار الغطاء الغيمي غير الممطر في تحقيق الاستمطار الصناعي في العراق.

٢- مفهوم الاستمطار الصناعي وطرق الحصول عليه

يعرف الاستمطار الصناعي على أنه التقنية التي تهدف إلى تعزيز التساقط (مطر أو ثلج) عبر إدخال مواد مُعدَّة داخل أو على مستوى الغيوم، من أجل تعزيز تكاثف قطرات الماء أو بلورتها إلى بلورات ثلجية تسقط بفعل الجاذبية. تعرف هذه التقنية أيضاً بتعديل الأحوال الجوية (weather modification) لكنها تركز تحديداً على (تغيير الهطول)، كما تبيّن دراسة حديثة أنها لا تخلق سحابة من العدم، بل تتطلّب وجود سحابة تحتوي على بخار ماء أو سائل مائي ولديها ظروف مناسبة مسبقة (Wang، ٢٠١٩، الصفحات ٥٥-٦٠).

ومن طرق الاستمطار تندرج في الغالب إلى فئتين رئيسيتين: أولاً، **الإستمطار الجليدي (glaciogenic seeding)**، والذي يستهدف سحُباً تحتوي على ماء سائل مبرَّد (supercooled liquid water)ويُستخدم فيه نوى تجمُّد مثل مركّب اليوديد الفضي (AgI) أو ثاني أكسيد الكربون المجفَّف (dry ice)لتسريع تكوين بلورات الجليد التي تنمو وتسقط. ثانياً، **الإستمطار المحبّ للرطوبة (hygroscopic seeding)**، والذي يُستخدم في السُحب الدافئة التي تحتوي على ماء سائل وتُعتمد فيها مواد محبّة للرطوبة (مثل أملاح أو محبّات تكاثف) لتعزيز عملية التصادم والتلاحم (collision-coalescence) للقطرات الصغيرة إلى قطيرات كبيرة تسقط. دراسة «... Evaluation of hygroscopic cloud seeding» على سُحب دافئة أوضحت أن استخدام مواد محبّة للرطوبة ضمن سحابة مناسبة يمكن أن يعطي تأثيراً فعلياً لكن النتائج لا تزال "غير مؤكدة بالكامل (Lin، ٢٠٢٣)

وإنّ الغيوم الملائمة للاستمطار تختلف باختلاف الطريقة. فعند استخدام الطريقة الجليدية، يجب أن تكون السحابة تحتوي على ماء سائل مبرَّد (أي تحت الصفر تقريباً) أو تكون في مناطق ذات ارتفاع كافٍ وظروف تجمُّد ملائمة. أما الطريقة المحبّة للرطوبة فتُفضَّل سحباً دافئة أو معتدلة الحرارة تحتوي على محتوى ماء سائل جيد، وتوافر تيارات صاعدة تساعد على نمو القطرات وتلاحمها. على سبيل المثال، يُذكر أن سحُباً دافئة بها قطرات مائية كثيرة (liquid-water clouds) وارتفاعاتها والجو العام المناسب تجعلها مرشحة جيداً للإستمطار المحبّ للرطوبة (Korneev، ٢٠١٧).

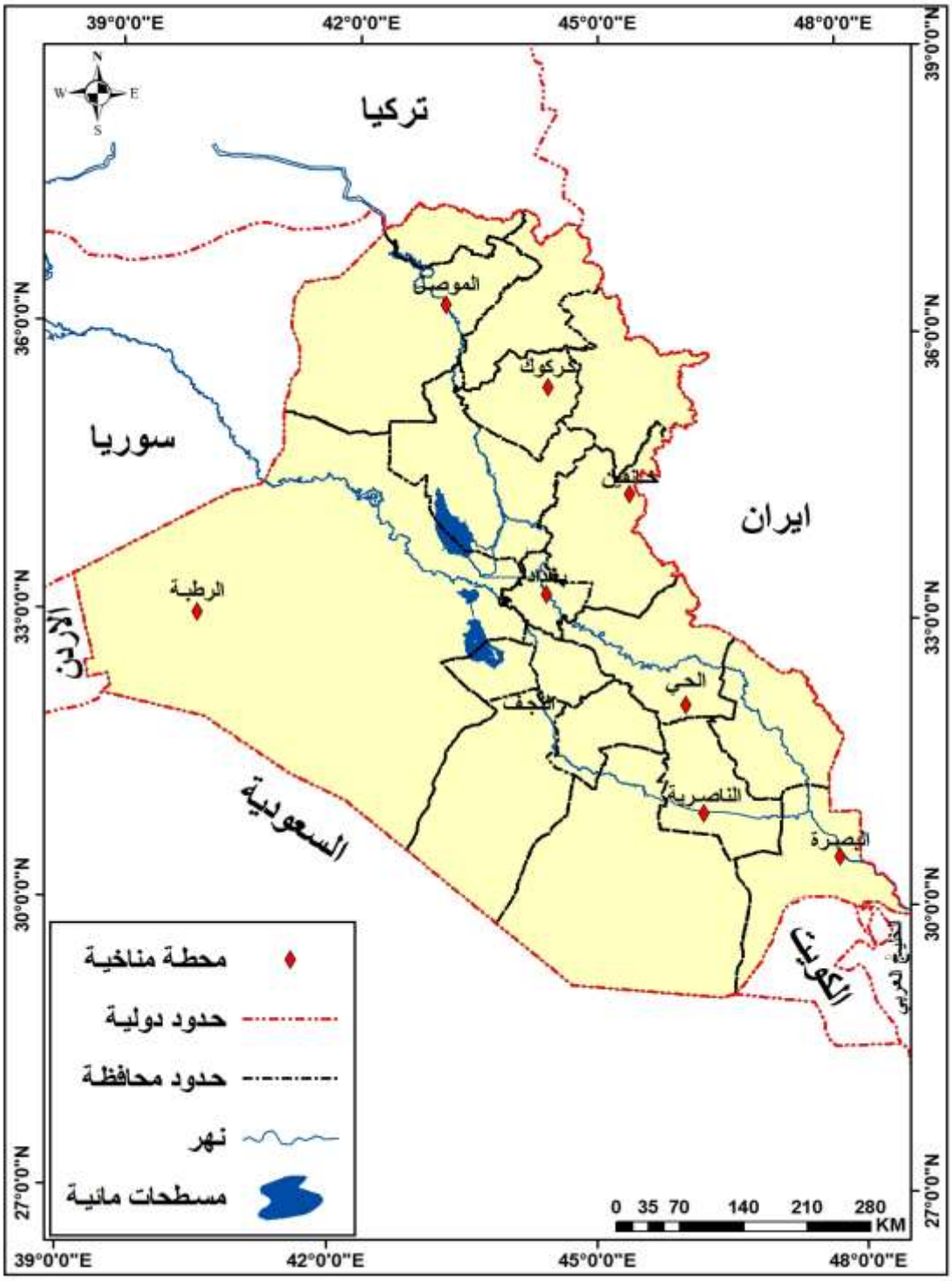
٣- اجراءات الدراسة

تم الاعتماد على البيانات اليومية للحالات المطرية خلال المدة (٢٠١١-٢٠٢٣) ولثمان محطات رصد جوي في العراق، ينظر الجدول (١) والخريطة (٢)، وتم حساب عدد الأيام الممطرة والأيام الغائمة وكميات التساقط المطري، واستخراج نسبة الغطاء الغيمي لجميع أصناف تغطية السماء بالغيوم، كما تم اجراء حساب تكرارات الأمطار التي حدثت لكل نوع من أنواع الغطاء الغيمي، للكشف عن إمكانية استثمار الحالات الغائمة غير الممطرة.

جدول (١): محطات الرصد الجوي المعتمدة بالدراسة

المحطة	الارتفاع (م)	الموقع بالنسبة لدوائر العرض (شمالاً)	الموقع بالنسبة لخطوط الطول (شرقاً)	الرمز
الموصل	٣٨٢	٣٦ ٤٧	٤٣ ٠٩	٦٠٨
كركوك	٣٣١	٣٥ ٤٧	٤٤ ٤٢	٦٢١
خانقين	٢٠٢	٣٤ ٢١	٤٥ ٢٣	٦٣٧
بغداد	٣١,٧	٣٣ ١٨	٤٤ ٢٤	٦٥٠
الرطبة	٦٣٠,٨	٣٣ ٠٢	٤٠ ١٧	٦٤٢
الحي	١٧	٣٢ ٠٨	٤٤ ٠٢	٦٦٥
الناصرية	٥	٣١ ٠١	٤٦ ١٤	٦٧٦
البصرة	٢	٣٠ ٣١	٤٧ ٤٧	٦٨٩

المصدر: وزارة النقل، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، أطلس مناخ العراق، ٢٠١٢.



خريطة (١): محطات الرصد الجوي المعتمدة في الدراسة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: Arc Map 10.3
أطلس مناخ العراق، ٢٠١٢

وتخضع أمطار العراق لحركة المنخفضات الجوية الرئيسة وهي منخفضات البحر المتوسط والمنخفضات السودانية والمنخفضات المندمجة وكذلك المنخفضات الحرارية التي تتشكل على مياه البحر الأسود وبحر قزوين، ؛ فالمنخفضات المتوسطية تشكل نسبة تأثير في أجواء العراق (١٣,٩)% والمنخفضات السودانية نسبة (٥,١%) والمنخفضات المندمجة (٤,٢)% ومنخفضات بحر قزوين والبحر الأسود نسبة (١,٨)% **(الكناني، ٢٠١١، صفحة ٨٨ ، ٩٢ ، ٩٥ ، ١٠٩)**، وهذه المنخفضات جميعها تبدأ تأثيراتها من شهر تشرين الأول وتنتهي في شهر آيار، ولذلك فإنّ الموسم المطري في العراق يتحدد ضمن هذه الأشهر الثمان. وبما أنّ موقع العراق الجغرافي والفلكي يجعل وصول هذه المنخفضات متعذراً في كثير من الأوقات، أو أنّ تأثيراتها تكون غير فعالة، أي أنها لا تساهم بأي تساقط مطري، أو أنها تساعد على تساقط الأمطار في منطقة ولا تساهم بتساقطه في منطقة أخر، وهذا الأمر يحدث بسبب طبيعة حركة هذه المنخفضات الجوية والمسالك التي تتخذها وتواجد المنظومات الجوية الأخرى المنافسة لها التي تعيق من حركتها وتغير مساراتها عند دخولها لأجواء العراق. وكل ذلك انعكس على قلة التساقط المطري في العراق من جهة وعلى تذبذبه من جهةٍ أخرى.

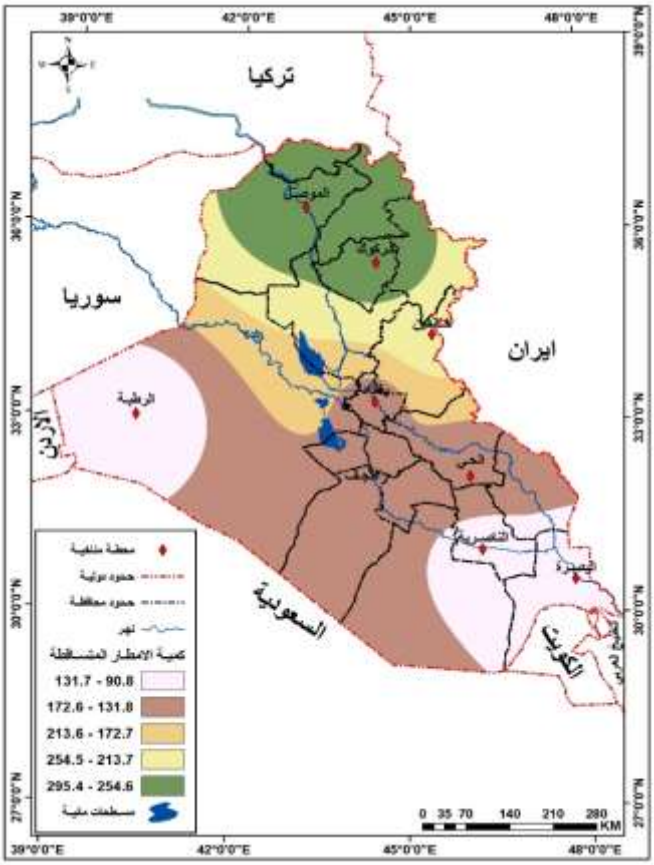
وبشكل عام فإن أمطار العراق (وفق محطات الرصد الجوي المعتمدة) لا تزيد في معدلها العام عن (١٨٠,٦) ملم، مما يعني أن أكثر مناطق العراق تستلم كميات أمطار منخفضة، وهي تتراوح بين (٩٠,٨) ملم في محطة الرطبة و(٢٩٥,٤) ملم في محطة الموصل، وتتفاوت المناطق الأخرى بين هذين المعدلين، إذ أنها تزداد في شمال العراق وتتناقص جنوباً، ففي كركوك (٢٨١,١) ملم وفي خانقين (٢٥٠,٢) ملم، ثم تتناقص أكثر لتصل في بغداد (١٥٩,٥) ملم وفي الحي الى (١٥٢,٨) ملم وفي الناصرية الى (١١٣,٦) ملم وفي البصرة (١٠١,١) ملم، ووفق تصنيف منظمة FAO للأراضي الجافة فإنّ معظم مساحة العراق ضمن المناخ الجاف (Hyper arid) الذي تقل فيه كمية التساقط المطري عن (٢٠٠) ملم، وأما المناطق التي تتراوح كمية الأمطار فيها بين (٢٠٠-٥٠٠) ملم فهي ضمن المناطق شبه قاحلة (semi-arid) **(https://www.fao.org/4/y5738e/y5738e06.htm)**، ينظر الجدول (٢) والخريطة (٢) ومعظم كميات الأمطار المتساقطة تتركز معظم ما بين شهري تشرين الثاني ونيسان، اذ تصل نسبة الامطار خلالها (٨٩,٧) % أما الأشهر الأخرى التي تتساقط فيها الأمطار فتكون قليلة ولا تزيد نسبتها عن (١٠,٣) %، لأنّ نشاط المنخفضات الجوية يكون ضعيفاً في بداية الموسم المطري وفي نهايته، ولذلك تكون الأمطار ذات كميات قليلة في شهري تشرين الأول وأيار. وفي جميع محطات الرصد الجوي المعتمدة تبين أنّ أكثر الأشهر مطراً هو شهر كانون الثاني الذي تراوحت كمية أمطاره بين (١١,٥) ملم في الرطبة و (٤٨,٤) ملم في الموصل، وإن أقل الأشهر مطراً هو أيار الذي لم تزد فيه نسبة الأمطار في مناطق العراق كافة عن (٥,١) % وبمعدل (٥,٢) ملم وإن أقل أمطاره تركزت في البصرة بمعدل (٢,٤) ملم وأكثرها في الموصل بمعدل (١٤,٥) ملم.

جدول (2): المعدلات الشهرية والمجاميع السنوية لكميات الامطار المتساقطة في العر اق للمدة (2011-2023)

المحطة	التكرار	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	المجموع
الموصل	المعدل	48.4	35.2	56.2	45.2	14.5	0.3	0.0	0.0	0.9	12.2	36.2	46.3	295.4
	%	16.4	11.9	19.0	15.3	4.9	0.1	0.0	0.0	0.3	4.1	12.3	15.7	100.0
كركوك	المعدل	44.5	37.9	51.4	29.9	8.9	0.0	0.0	0.0	0.2	12.5	47.9	47.9	281.1
	%	15.8	13.5	18.3	10.6	3.2	0.0	0.0	0.0	0.1	4.4	17.0	17.0	100.0
خانقين	المعدل	37.1	33.6	32.8	26.1	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.3	57.2	35.1	250.2
	%	14.8	13.4	13.1	10.4	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	22.9	14.0	100.0
بغداد	المعدل	32.2	16.7	20.9	15.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	39.1	20.9	159.5
	%	20.2	10.5	13.1	9.9	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	24.5	13.1	100.0
الرطبة	المعدل	11.5	14.3	10.3	5.8	11.5	0.2	0.0	0.0	0.0	6.0	16.7	14.5	90.8
	%	12.7	15.7	11.3	6.4	12.7	0.2	0.0	0.0	0.0	6.6	18.4	16.0	100.0
الحي	المعدل	21.1	13.4	20.0	16.1	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	39.6	22.3	152.8
	%	13.8	8.8	13.1	10.5	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	25.9	14.6	100.0
الناصرية	المعدل	16.7	14.1	18.8	8.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	29.6	17.3	113.6
	%	14.7	12.4	16.5	7.7	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	26.1	15.2	100.0
البصرة	المعدل	14.8	9.3	12.9	5.4	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	28.2	18.7	101.1
	%	14.6	9.2	12.8	5.3	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	27.9	18.5	100.0
المعدل	المعدل	28.3	21.8	27.9	19.1	8.1	0.1	0.0	0.0	0.1	10.4	36.8	27.9	180.6
	%	15.7	12.1	15.5	10.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.1	5.8	20.4	15.4	100.0

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، بيانات غير منشورة.

خريطة (٢): كميات الأمطار المتساقطة في العراق للمدة (٢٠١٠-٢٠٢٣)

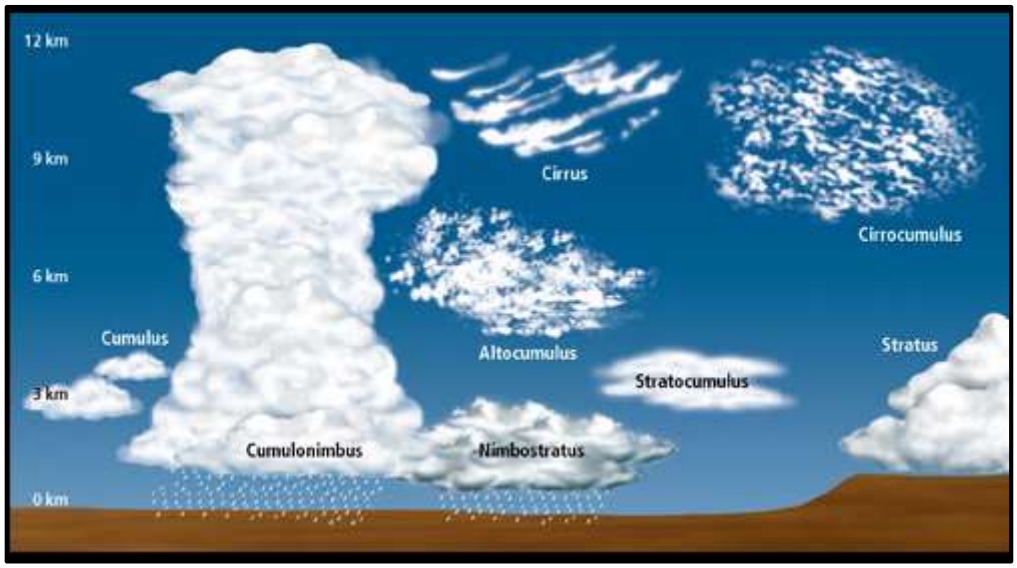


المصدر: الباحثان بالاعتماد على: Arc Map 10.3 ، أطلس مناخ العراق، ٢٠١٢.

٤- التحليل الكمي لتكرارات الأيام الممطرة والأيام الغائمة في العراق

هناك علاقة وثيقة بين الغطاء الغيمي والتساقط المطري، إذ أنّ كمية الأمطار وشدتها وغزارتها هي نتيجة لما تحمله الغيوم من كميات رطوبة، ومدى توافر الظروف الجوية الملائمة لتنشيط عملية التساقط، وبشكل عام فإنّ الغيوم الممطرة هي الغيوم المنخفضة والمتمثلة بالغيوم الركامية المزنية والغيوم الطبقية والغيوم الطبقية الركامية، كما يظهر من الشكل (١).

شكل (١): أنواع الغيوم الممطرة وغير الممطرة



وتنبغي الإشارة الى أنه ليست جميع الأيام الغائمة ممطرة، فقد يحصل أن تكون السماء ملبدة بالغيوم وتكون قيمة التغطية (٨) أوكتاس ولا يكون اليوم ممطراً، وقد يكون أقل من ذلك من حيث نسبة التغطية (٦) أو (٧) أوكتاس ويكون الجو ممطراً، إذ أنّ كمية الأمطار لا تتوقف في أغلب الأحيان على نسبة الغطاء الغيمي في السماء ومدى كثافته، وانما على نوعية الغيوم التي قد تتوافر فيها شروط التساقط المطري، وهذا ما تم الكشف عنه في هذه الدراسة أنّ بعض الأمطار المتساقطة في جميع مناطق العراق كانت نسب الغطاء الغيمي فيها منخفضة ولم تكن السماء مغطاة تماماً بالغيوم، وفي حالات كثيرة لم تسجل أي منطقة في العراق عندما كانت السماء مغطاة تماماً بالغيوم.

وتتشكل تبعاً للاختلافات الحرارية والرطوبية للكتل الهوائية المدارية والقطبية التي تساهم في تكوين المنخفضات الجوية الجبهوية التي تضم مجموعة من قطاعات الهواء المختلفة، واختلافات حالات التصعيد الهوائي للجبهات الهوائية الباردة والدافئة ؛ إذ تلتقي كتلة هوائية بحرية دافئة (أخف) بكتلة هوائية باردة (أثقل) وحينها يُجبر الهواء الدافئ على الارتفاع ويبرد بخار الماء الدافئ ثم يتكاثف وتتشكل الغيوم، وكلما زاد ارتفاعها تصبح غير مستقرة بسبب تراكم المزيد من قطرات الماء (Agyimpomaa2, 2015, p. 91) وهذا يؤدي الى تشكيل أنواع مختلفة من الغيوم، فالجبهة الباردة تمتاز بتشكل الغيوم من النوع الركامي المزني المنخفض الذي يكون محتواه الرطوبي كبيراً جداً ويكون التساقط غزيراً وكثيفاً وقطراته كبيرة على شكل وابل، وقد يصحبه حدوث ظواهر طقسية مركبة أخرى كالعواصف الرعدية بكلا نوعيها البرقية وغير البرقية وكذلك

تساقط البرد الذي يكون من أهم المؤشرات الطقسية على قدوم الجبهة الباردة وتأثيرها على أجواء العراق، إذ ترافقها أيضاً حدوث خط العواصف (Squall Line)، أما الجبهات الهوائية الدافئة فهي تختلف في طريقة تكوينها وبالتالي فإن الغيوم المرافقة لها تكون مختلفة أيضاً وما ينتج عنها من تساقط مطري دائماً ما يكون أكثر استمرارية في تساقطه وحجم قطراته المائية أصغر مما هي عليه في الجبهات الباردة ويكون في معظمه من نوع الرذاذ الخفيف. أما القطاعات الأخرى من المنخفضات الجوية المؤثرة في أمطار العراق قد يرافقها غطاء غيمي ولكنها تكون غير ممطرة، لذلك فإنه من المحتمل أن تكون الحالات التي تشهد قدوم المنخفضات الجوية وتشكيل الغيوم دون وجود الأمطار هو أنّ قطاعات الهواء الأخرى ما قبل أو بعد مرور أو اجتياز الجبهات الهوائية الباردة والدافئة.

ويكون اليوم ممطراً وفق تقديرات الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية عندما تتساقط كمية أمطار (٠,٠٠١) ملم خلال (٢٤) ساعة، وعلى الرغم من قلة هذه الكمية إلا أنها تعد حداً فاصلاً بين ما يمكن أن يطلق عليه يوماً ممطراً في العراق وما يمكن أن يسمى (TRACE) قطرات لا يُعتد بها. فكمية الامطار تقاس على أساس الترسبات المتراكمة للأمطار خلال (٢٤) ساعة، بغض النظر عن كونها تساقطت استمرت يوماً كاملاً أو أنها تساقطت في أوقات متفرقة أو في وقت قصير من اليوم، فقد تسقط الامطار في ساعة واحدة وما تبقى من اليوم يكون غير ممطر ومع ذلك يعد هذا اليوم ممطراً؛ إذ أنّ المعيار في تمييز اليوم الممطر عن غير الممطر هو الكمية وليست الاستمرارية.

وبطبيعة الحال فإن القيمة الفعلية للأمطار تختلف من منطقة لأخرى فحدود اليوم الممطر في الهند وبعض المناطق الرطبة تختلف عن حدوده في المناطق الجافة. كما أنّ اليوم الغائم هو اليوم الذي تكون فيه نسبة الغطاء الغيمي ما بين (١) أوكتاس إلى حدود (٨) أوكتاس، ويكون تحديده على أساس نسبة تغطية السماء بالغيوم حسب (cloud cover) الذي يصنف الى الأقسام التالية كما في الجدول (٣).

ويمثل عدد الايام الممطرة الحالات التي تتكرر فيها المنخفضات الجوية الممطرة التي تتسبب في تساقط الامطار في العراق، وبشكل عام فان عدد الايام الممطرة في العراق يكون منخفضا بالمقارنة مع عدد ايام الموسم المطري؛ اذ انها تصل الى حوالي ٧٠ يوماً في السنة في محطة الموصل وحوالي (٦٢) يوماً في محطة كركوك وتتناقص اعداد الايام الممطرة في المحطات الوسطى والجنوبية حتى أنها تصل الى نصف اعدادها في محطات الشمال في بغداد يكون عدد الايام الممطرة ٥٠ يوماً، وحوالي ٣٧ يوم في محطة الرطبة وما معدله ٤٠ يوماً في محطه الحي والى ٤٤ يوماً في محطة الناصرية وان اقل عدد الايام الممطرة يكون في محطه البصرة بمعدل ٣١ يوما. وإنّ انخفاض عدد الايام التي تتساقط فيها الامطار يجعل عدد الأيام الجافة سواء كانت خلال الموسم المطري أو غيره تكون منخفضة؛ ولذلك فان الصفة السائدة لمناخ العراق هي الجفاف سواء كان جفاف فصلياً او جفافاً دائماً؛ اذ ان معظم محطات الرصد في الجوي في العراق تتصف بزيادة عدد ايام الجفاف على عدد ايام الامطار.

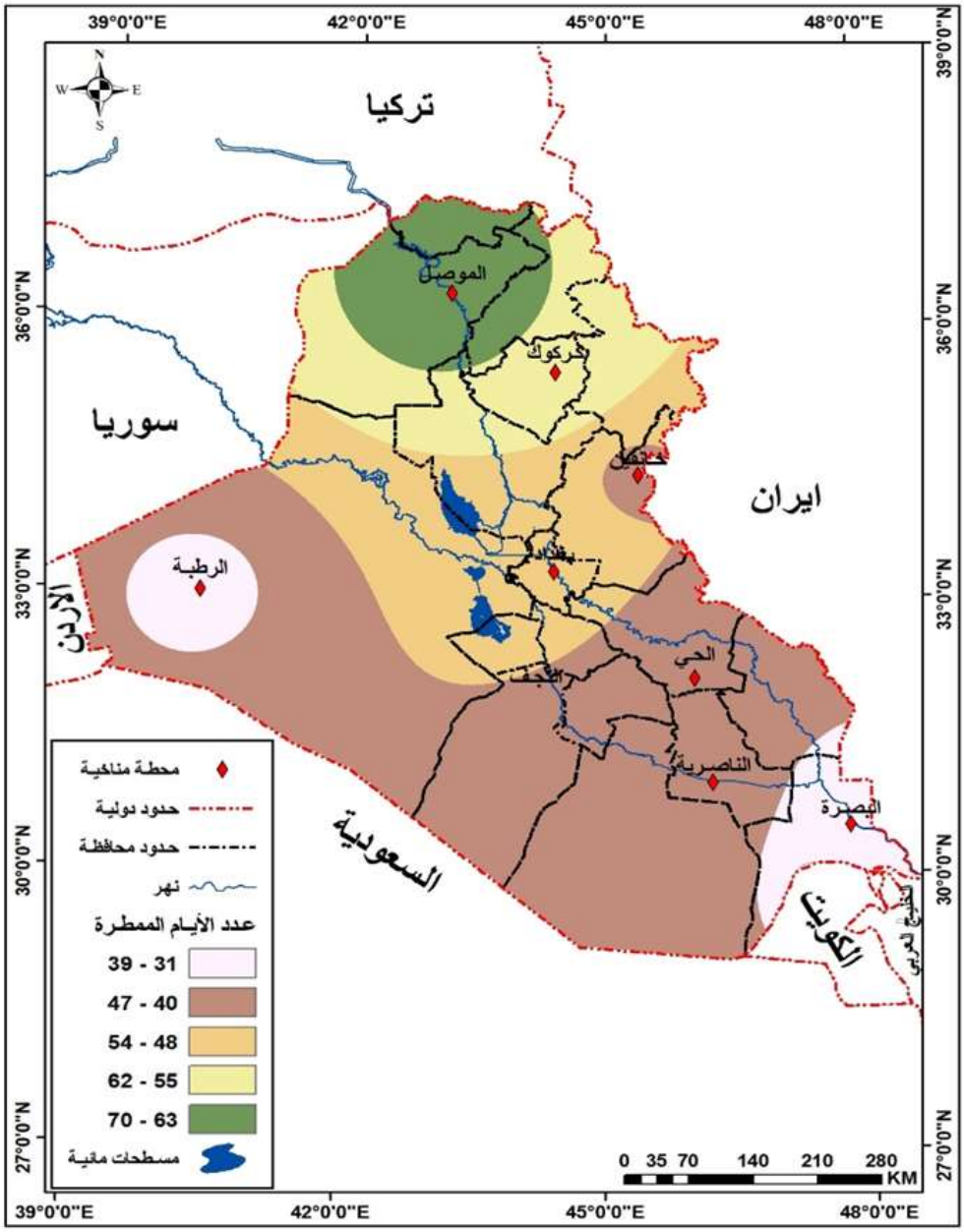
جدول (٣) أصناف الغطاء الغيمي (أوكتاس)

Sky Cover (oktas)	Sym-bol	Name	Abbr.	Sky Cover (tenths)
0	○	Sky **Clear**	SKC	0
1	◴	**Few*** Clouds	FEW*	1
2	◔			2 to 3
3	◑	**Scattered**	SCT	4
4	◑			5
5	◕	**Broken**	BKN	6
6	◕			7 to 8
7	◕			9
8	●	**Overcast**	OVC	10
(9)	⊗	Sky **Obscured**		un-known
(/)	⊖	Not Measured		un-known

https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/flying/met_concepts/01-met_concepts/01c-cloud_coverage/index.htm

إنّ بداية الموسم المطري خلال شهر تشرين الاول في جميع المحطات ويتبين ان فرص تكرار الامطار يكاد ان يكون متشابها في معظم محطات الرصد الجوي مما يعني ان المنخفضات الجوية التي تتسبب في تساقط الامطار في شهر تشرين الاول تكون أكثر اتساعاً وتغطيه لأجواء العراق وعلى هذا الاساس تتساوى بعض المحطات الشمالية مع المحطات الوسطى، ففي الموصل يصل عدد الايام الممطرة فيه الى ستة ايام وفي كركوك الى خمسة ايام وفي خانقين (٣) أيام، اما في بغداد وتصل الى خمسه أيام، وهنا تكون محطه البصرة بمعدل سته أيام. اما في شهر تشرين الثاني فان عدد الايام الممطرة يكون متقارباً بين معظم محطات الرصد الجوي فتسجل الموصل وكركوك وخانقين وبغداد والناصرية معدلات متشابهة بواقع (٧) ايام ممطرة خلال هذا الشهر، وكانت اقل المحطات تكراراً للأيام الممطرة هي محطتي الرطبة البصرة بمعدل (٥) أيام. اما في اشهر الشتاء فتتراوح بين اربعة ايام في محطه البصرة وعشره ايام في محطه الموصل خلال شهر كانون الأول، وفي كانون الثاني فهي لا تزيد عن(١١) يوماً في اكثر محطات العراق مطرا وهي الموصل ولا تقل عن (٤) يوماً، في محطتي البصرة وفي الناصرية بمعدل سته ايام وفي الرطبة

خريطة (٣): تكرارات الأيام الممطرة في العراق (يوم) للمدة (٢٠١٠-٢٠٢٣)



المصدر: الباحثان بالاعتماد على: Arc Map 10.3 ، أطلس مناخ العراق، ٢٠١٢، الجدول (٤)

خمسه أيام، وفي شهر شباط فهو لا يختلف كثيرا في عدد الايام الممطرة عن اشهر الشتاء الأخرى، فتصل اقصاها في محطتي الموصل وكركوك بمعدلين (٩ ، ٨) يوماً لكل منهما على التوالي، وتبقى محطة البصرة هي اقل المحطات تسجيلا لعدد الايام الممطرة فيه، وفي شهر اذار تكاد ان تكون عدد الايام الممطرة خلاله اكثر من شهر شباط بسبب ضعف العوائق الجوية المتمثلة بالمرتفعات الجوية الباردة الأمر الذي يسمح بمرور المنخفضات الجوية ووصولها، ولذلك تزداد عدد الايام الممطرة، ولكن فعالية هذه الامطار تكون اقل

منها خلال فصل الشتاء فيصل الى (١٢) يوماً في الموصل و(١١) يوماً في كركوك وفي بغداد (٧) ايام وفي الحي (٥) يوماً وفي البصرة (٤) أيام، وان ضعف المنخفضات الجوية خلال بعض اشهر الربيع يؤدي الى تناقص عدد الأيام الممطرة؛ إذ يلحظ انها تسجل عدد ايام محدودة فلا تزيد عن (٩) يوماً في الموصل ، ولا تقل عن (٣) يوماً في البصرة، اما في شهر ايار فهو ان اقل الاشهر تسجيلا لعدد الايام الممطرة، وفيه كان اكثرها في الموصل ايضا بستة ايام وكانت البصرة اقل المحطات تكرارا لعدد الايام الممطرة بمعدل يوم واحد. ينظر الجدول (٤) والخريطة (٣).

أما تكرارات الأيام الغائمة فهي أكثر من تكرارات الأيام الممطرة؛ لأن كثير من حالات التغييم لا تساهم في تساقط الامطار، وبشكل عام فإن معدل عدد الأيام الغائمة السنوي في العراق يصل الى (١٤٢) يوماً يتراوح ما بين (٨٣) يوماً في محطة الرطبة و (١٨٩) يوماً في محطة بغداد، وفي جميع أشهر الموسم المطري فإن معدل عدد الأيام الغائمة لا تقل عن (١٢) يوماً كما هو الحال في شهر تشرين الأول، وعن (١٧) يوماً في شهر كانون الثاني، وتجدر الإشارة الى أن أكبر معدل لتكرار الأيام الغائمة كان في محطة بغداد بمعدل (٢٢) يوماً في شهر اذار، أما أقل عدد لتكرار الأيام الغائمة فإنه يكون في أشهر الصيف الحارة، التي لا يزيد معدلها عن (٥) أيام، كما أن أقل المحطات تكرارا هي محطة الرطبة بمعدل يومين في شهر اب.

ونتيجة لذلك فإنّ هناك تفاوتاً كبيراً بين عدد الأيام الغائمة والأيام الممطرة، وفي معظم الأحوال يكون عدد الأيام الغائمة أكبر من عدد الأيام الممطرة، وهذا الأمر يمكن الاستفادة منه في استثمار تقنية الاستمطار الصناعي، ومن الجدول (٥) والخريطة (٣) يتبين أن معدل نسبة الأيام الغائمة الممطرة تكون (٤١.٤) %، وهذا يعني أنّ حوالي (٥٨,٦) % من الأيام الغائمة تكون غير ممطرة؛ أي أنّ أكثر من نصف عدد الأيام الغائمة يكون غير ممطر. كما أنّ هناك حقيقة علمية مهمة ينبغي الإشارة اليها أن الغطاء الغيمي في المناطق الشمالية في العراق دائما ما يكون ممطراً؛ إذ أنّ حالات التغييم في معظمها تكون ممطرة وهذا ما يظهر في الموصل؛ إذ أن نسبة (٧٣) % من الأيام الغائمة تكون ممطرة والنسبة الأقل منها والبالغة (٢٧) % منها تكون غير ممطرة. وينطبق الحال تقريباً على محطة الرطبة التي شكلت فيها نسبة الأيام الغائمة الممطرة أكثر من غير الممطرة، فقد بلغت (٥٥,٩) %. وفي المناطق الوسطى والجنوبية يكون الغطاء الغيمي أقل فعالية في تساقط الأمطار، إذ أنّ حوالي (٢٦,٦) % من الأيام الغائمة تكون ممطرة وما تبقى (٧٣,٤) % غير ممطرة في محطة البصرة، وينطبق الحال أيضا على الناصرية التي شكلت فيها نسبة الأيام الغائمة الممطرة (٢٩,٧) % بينما نسبة (٧٠,٣) % كانت غير ممطرة. الجدول (٦).

جدول (4): تكرارات الأيام الممطرة في العراق للمدة (2011-2023)

المحطة	التكرار	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	معدل/ مجموع
الموصل	المجموع	143.0	117.0	156.0	117.0	78.0					78.0	91.0	130.0	114
	المعدل	11.0	9.0	12.0	9.0	6.0					6.0	7.0	10.0	70
كركوك	المجموع	130.0	104.0	143.0	91.0	65.0					65.0	91.0	117.0	101
	المعدل	10.0	8.0	11.0	7.0	5.0					5.0	7.0	9.0	62
خانقين	المجموع	104.0	78.0	91.0	65.0	39.0					39.0	91.0	78.0	73
	المعدل	8.0	6.0	7.0	5.0	3.0					3.0	7.0	6.0	45
بغداد	المجموع	104.0	78.0	91.0	78.0	52.0					65.0	91.0	91.0	81
	المعدل	8.0	6.0	7.0	6.0	4.0					5.0	7.0	7.0	50
الرطبة	المجموع	65.0	65.0	65.0	65.0	52.0					52.0	65.0	52.0	60
	المعدل	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0					4.0	5.0	4.0	37
الحي	المجموع	91.0	65.0	65.0	65.0	39.0					39.0	78.0	78.0	65
	المعدل	7.0	5.0	5.0	5.0	3.0					3.0	6.0	6.0	40
الناصرية	المجموع	78.0	78.0	91.0	78.0	39.0					39.0	91.0	78.0	72
	المعدل	6.0	6.0	7.0	6.0	3.0					3.0	7.0	6.0	44
البصرة	المجموع	52.0	52.0	52.0	39.0	13.0					78.0	65.0	52.0	50
	المعدل	4.0	4.0	4.0	3.0	1.0					6.0	5.0	4.0	31

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، بيانات غير منشورة.

جدول (6): نسبة تكرارات الأيام الممطرة بالنسبة للأيام الغائمة في العراق للمدة (2011-2023)

المحطة	التكرار	ك1	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	المعدل
الموصل	نسبة الايام الغائمة الممطرة	83.1	75.5	90.2	68.0	39.4					63.4	68.9	95.6	73.0
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	16.9	24.5	9.8	32.0	60.6					36.6	31.1	4.4	27.0
كركوك	نسبة الايام الغائمة الممطرة	46.9	42.3	52.2	33.2	24.0					31.7	39.9	45.5	39.5
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	53.1	57.7	47.8	66.8	76.0					68.3	60.1	54.5	60.5
خانقين	نسبة الايام الغائمة الممطرة	55.6	52.0	52.0	40.1	23.4					31.5	58.0	47.6	45.0
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	44.4	48.0	48.0	59.9	76.6					68.5	42.0	52.4	55.0
بغداد	نسبة الايام الغائمة الممطرة	38.4	31.5	32.2	28.6	19.1					28.6	33.1	34.5	30.7
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	61.6	68.5	67.8	71.4	80.9					71.4	66.9	65.5	69.3
الرطبة	نسبة الايام الغائمة الممطرة	45.5	53.3	51.2	53.3	37.1					59.1	77.4	70.3	55.9
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	54.5	46.7	48.8	46.7	62.9					40.9	22.6	29.7	44.1
الحي	نسبة الايام الغائمة الممطرة	43.1	34.6	29.5	30.7	18.8					23.4	31.8	37.0	31.1
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	56.9	65.4	70.5	69.3	81.3					76.6	68.2	63.0	68.9
الناصرية	نسبة الايام الغائمة الممطرة	30.4	35.1	35.5	31.0	16.5					21.8	34.5	33.2	29.7
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	69.6	64.9	64.5	69.0	83.5					78.2	65.5	66.8	70.3
البصرة	نسبة الايام الغائمة الممطرة	23.5	26.1	26.4	20.7	6.6					54.2	29.8	25.4	26.6
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	76.5	73.9	73.6	79.3	93.4					45.8	70.2	74.6	73.4
المعدل	نسبة الايام الغائمة الممطرة	45.8	43.8	46.1	38.2	23.1					39.2	46.7	48.6	41.4
	نسبة الايام الغائمة غير الممطرة	54.2	56.2	53.9	61.8	76.9					60.8	53.3	51.4	58.6

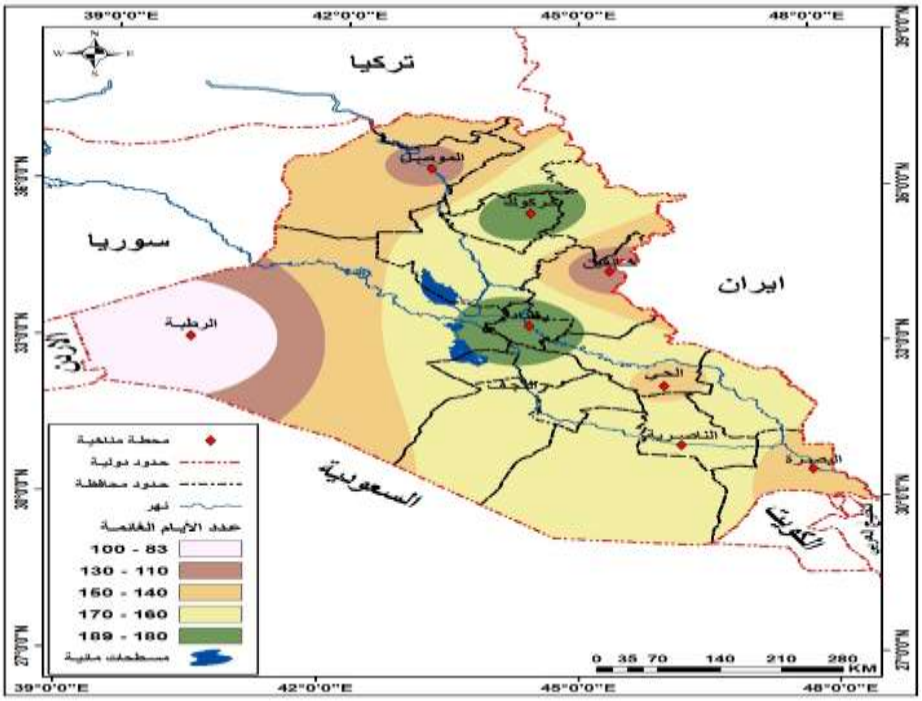
المصدر: الباحثان بالاعتماد على الجدولين (4 ، 5)

جدول (5): تكرارات الأيام الغائمة في العراق للمدة (2011-2020)

المحطة	التكرار	ك1	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	المعدل/ المجموع
الموصل	المجموع	172	155	173	172	198	109	69	56	59	123	132	136	130
	المعدل	13	12	13	13	15	8	5	4	5	9	10	10	120
كركوك	المجموع	277	246	274	274	271	124	98	72	99	205	228	257	202
	المعدل	21	19	21	21	21	10	8	6	8	16	18	20	187
خانقين	المجموع	187	150	175	162	167	36	28	23	29	124	157	164	117
	المعدل	14	12	13	12	13	3	2	2	2	10	12	13	108
بغداد	المجموع	271	248	283	273	272	93	82	71	95	227	275	264	205
	المعدل	21	19	22	21	21	7	6	5	7	17	21	20	189
الرطبة	المجموع	143	122	127	122	140	64	41	21	48	88	84	74	90
	المعدل	11	9	10	9	11	5	3	2	4	7	6	6	83
الحي	المجموع	211	188	220	212	208	39	61	57	50	167	245	211	156
	المعدل	16	14	17	16	16	3	5	4	4	13	19	16	144
الناصرية	المجموع	257	222	256	252	237	55	82	68	67	179	264	235	181
	المعدل	20	17	20	19	18	4	6	5	5	14	20	18	167
البصرة	المجموع	221	199	197	188	196	26	89	62	54	144	218	205	150
	المعدل	17	15	15	14	15	2	7	5	4	11	17	16	138
المعدل	المجموع	217	191	213	207	211	68	69	54	63	157	200	193	154
	المعدل	17	15	16	16	16	5	5	4	5	12	15	15	142

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، بيانات غير منشورة.

خريطة (٤) تكرارات الأيام الغائمة في العراق (يوم) للمدة (٢٠١٠-٢٠٢٣)



المصدر: الباحثان بالاعتماد على: Arc Map 10.3 ، أطلس مناخ العراق، ٢٠١٢، الجدول (٥)

٥- تكرارات الغطاء الغيمي حسب نسبة تغطية السماء بالغيوم

يقسم الغطاء الغيمي حسب تغطيته على ثمانية أقسام تبدأ بـ (١) أوكتاس وتنتهي ب (٨) أوكتاس، ووفق حالة الرصد الجوي فإنّ هناك حالات لا يمكن تمييزها عندما يصعب على الراصد تمييز كثافة الغطاء الغيمي بسبب الظواهر المحلية الأخرى وتتعذر عليه الرؤية، ويرمز لهذه الحالة بالرمز (٩) وهي حالة تكون فيها الغيوم موجودة ولكن لا يستطيع الراصد تمييزها، وقد يصاحب هذه الحالة تساقطاً مطرياً لذلك لم يتم اهمال هذه الحالة في هذه الدراسة.

يظهر من الجدول (٧) أن نسبة الحالات التي تكون السماء خلالها صافية ولا توجد أي قطع للغيوم، التي يرمز لها بالرمز (٠) (٨,٥) % على مستوى جميع محطات الرصد الجوي في العراق، وتكون أقل المحطات صفاءً هي كركوك بنسبة بلغت (٣,١)% وأكثر المحطات تسجيلاً للصفاء هي بغداد بنسبة (١٧,٢)%. وإنّ هذه الحالات التي تكون فيها الحالة الجوية بعدم تواجد أي غطاء غيمي لا يمكن تحقيق أي استثمار لها في مجال الاستمطار الصناعي. أما نسبة الغطاء الغيمي (١) أوكتاس فهي تشكل أقل أنواع الغطاء الغيمي ظهوراً في أجواء العراق؛ إذ أنها لاتشكل سوى نسبة (٠,٥) %، وقد كان أكثر ظهور لها في بغداد بنسبة (١,٥) % وانعدم تسجيلها في الرطبة خلال مدة الدراسة، ولا يمكن الاستفادة من هذه التغطية للسماء لكونها غيوم خفيفة جداً وغالباً ما تكون مرتفعة وليس فيها أي إمكانية للتساقط سواء أكان طبيعياً أو صناعياً، ما عدا حالات محدودة تحدث أحياناً التي تسمح بحدوث زخات مطرية ذات مقياس محلي، قد يغطي منطقة صغيرة جداً. وقد شكّل الغطاء الغيمي ذي النسبة (٢) أوكتاس نسبة (١,٤) %، بلغت أكثر نسبةً لظهوره في محطة البصرة بنسبة (٢,٦) % وانعدم ظهوره أيضاً في محطة الرطبة. أما **الصنف (٣)** أوكتاس

فقد شكل نسبة (١,٩) % وكانت محطة الحي الأكثر رصداً لهذا النوع من التغطية بنسبة بلغت (٣,٥) % وأقلها رصداً هي البصرة بنسبة بلغت (٠,٦) %. ولا يختلف الصنف (٤) أوكتاس كثيراً عن الأصناف السابقة بكونه من أقلها رصداً في سماء العراق؛ إذ لم تزدْ نسبته عن (١,٥) %، وشكلت أعلى نسبة لظهوره في محطة البصرة بنسبة (٣,٨) %، ولم يرصد وجوده في الرطبة. ويشكل الغطاء الغيمي ذي النسبة (٥) أوكتاس نسبة (٤,٩) % ويظهر هذا النوع عندما تكون تغطي الغيوم نسبة (٥٠) % من السماء في موقع الرصد، وتتفاوت نسبة تغطيته بين مناطق العراق المختلفة؛ إذ أنّ أكثر المحطات رصداً له هي الحي فقد بلغت نسبة تكراراته فيها (١٤,١) % وإن أقل المحطات رصداً هي الرطبة بنسبة بلغت (٠,٨) %.

وتزداد تكرارات الغطاء الغيمي التي تقع بين (٦-٨) أوكتاس في جميع محطات الرصد الجوي في العراق، إذ أنّ كل صنف فيها يزيد عن جميع تكرارات الأصناف الأخرى ما بين (٠-٥) أوكتاس. فقد بلغت نسبة تكرار الصنف (٦) أوكتاس (١١,٥) % بلغ أكبر ظهور لها في الرطبة بنسبة (٣٢,٣) % وأقلها في خانقين بنسبة (٢,٨) %، أما الصنف ذي التغطية (٧) أوكتاس فقد شكل نسبة (١٨,٢) %، وقد رصدت أكثر تكراراته في محطة الحي بمجموع تكرارات بلغ (١٥١) وبنسبة شكلت (٢١,١) %، ولكن أعلى نسبة ظهور له في محطة الرطبة بلغت (٣٢,٣) % من مجموع تكرارات الغطاءات الأخرى للغيوم، وقد بلغت أقل التكرارات في كركوك بنسبة بلغت (٨,١) %. وقد تبين أنّ أكثر الحالات تكراراً للغطاء الغيمي هي ضمن الصنف (٨) أوكتاس الذي تكون السماء مغطاة تماماً بالغيوم ولا توجد أي فتحات بينها، فقد شكلت نسبة (٣٥,٩) %، وكانت الناصرية الأكثر تسجيلاً لهذا النوع بنسبة بلغت (٤١,٣) %، وكانت الحي المحطة الأقل تكراراً لهذا النوع بنسبة بلغت (٧,٣) %. وقد شكّل ظهور الصنف (٩) الذي يتعذر رصده نسبة (١٥,٨) %، كانت

أكثر تكراراته في بغداد بمجموع تكرارات (٢٤٤) وبنسبة (٢٤,٩) %، ولم يرصد له أي تكرار في أجواء محطة خانقين.

٦- العلاقة بين نسب تغطية السماء بالغيوم والأمطار في العراق

يرتبط تساقط الأمطار ارتباطاً وثيقاً بكثافة الغطاء الغيمي، فضلاً عن نوعيتها وارتفاعاتها ومحتواها الرطوبي؛ إذ تزداد الأمطار كلما زادت كثافة الغطاء الغيمي وتقل أو تنعدم عندما تكون السماء ذات غطاء غيمي قليل الكثافة، ولذلك تكون الأمطار محدودة جداً أو معدومة في الوقت الذي تكون في السماء ذات تغطية قليلة بالغيوم، وقد تبين من خلال حساب حالات التساقط المطري لكل صنف من أصناف الغطاء الغيمي أنّ نسبة الأمطار تكون نادرة الحدوث في حالات الصنف،وكما يظهر من الجدول (٨) أنّ الغطاء الغيمي (١)؛ إذ أنه لم ترصد أي حالات ممطرة في مثل هذه الظروف الغيمية، وعندما تكون الغيوم ضمن الصنف (٢) أوكتاس فإنّ هناك حالات محدودة جداً تم رصدها في محطتي بغداد والناصرية ولم تشكل سوى نسبة ضئيلة جداً من نسبة الامطار المتساقطة فيهما، فقد شكلت نسبة (١,٤)% ، وينطبق الحال على الصنف (٣) فقد اقتصرت الامطار فيه على محطة الحي وشكلت نسبة (١,٤)% أيضاً، وتحدث الأمطار في مثل هذه الحالات عندما تكون الأمطار موضعية التساقط، أي أنها لا تشمل مناطق أخرى قريبة على محطات الرصد الجوي وتحدث ضمن ظروف طقسية خاصة، وتزداد فرص تساقط الامطار مع زيادة نسبة تغطية السماء الغيوم، فقد بلغت نسبتها (٤,٦) % مع الصنف (٤) أوكتاس، وقد انعدم ظهورها في محطات خانقين والرطبة والبصرة، وإنّ أعلى ظهور لها كان في محطتي كركوك والحي بثلاثة تكرارات لكل منهما وبنسبتي (٩,٤، ٦,٤) % على التوالي، وقد شكّلت نسبة الأمطار المتساقطة مع الصنف (٥) أوكتاس (٨,٧) % وظهرت في جميع المحطات ما عدا الرطبة، وكانت أعلاها في الحي بعشرة تكرارات وبنسبة (٢١,٣) % وأقلها في كركوك بتكرار واحد وبنسبة (٣,١) %.

إنّ حوالي (٨٠,٣) % من أمطار العراق تتساقط عندما تكون السماء ذات غطاء غيمي ضمن الأصناف الثلاثة (٦،٧،٨) أوكتاس؛ وتختلف هذه النسبة من منطقة لأخرى، كما أن هذه الغطاءات الغيمية عادة ما تظهر عندما تكون المنخفضات الجوية الممطرة نشطة وذات تأثير أوسع امتداداً وأكثر أمطاراً، ويكون خلالها الغطاء الغيمي ذو كثافة أكثر، فقد شكّلت نسبة الأمطار المرافقة للصنف (٦) أوكتاس (٢٠,٥)% وهي ثالث أكبر نسبة للأمطار تظهر من الغطاءات الغيمية المختلفة، وتبنغي الإشارة الى أن حوالي (٦٣,٦) % من أمطار محطة خانقين ترافق هذا الصنف، وحوالي (٤٥,٥) % من أمطار الرطبة أيضاً. في حين لا تشكل سوى (٣٣,٣) % من أمطار البصرة.

جدول (7): تكرارات تغطية السماء بالغيوم (أوكتاس) في العراق للمدة (2011-2023)

المحطة	الصنف	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	المجموع
الموصل	المجموع	بيانات غير متوفرة										
	%											
كركوك	المجموع	12	0	3	11	3	9	23	31	218	75	385
	%	3.1	0.0	0.8	2.9	0.8	2.3	6.0	8.1	56.6	19.5	100
خانقين	المجموع	50	1	10	6	1	13	24	140	260	0	495
	%	10.1	0.2	2.0	1.2	0.2	2.6	2.8	28.3	52.5	0.0	100
بغداد	المجموع	168	15	16	23	13	41	72	125	261	244	978
	%	17.2	1.5	1.6	2.4	1.3	4.2	7.4	12.8	26.7	24.9	100
الرطبة	المجموع	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0	1.0	41.0	41.0	36.0	5.0	127
	%	0.8	0.0	0.0	1.6	0.0	0.8	32.3	32.3	28.3	3.9	100
الحي	المجموع	79.0	3.0	7.0	25.0	18.0	101.0	94.0	151.0	52.0	186.0	716
	%	11.0	0.4	1.0	3.5	2.5	14.1	13.1	21.1	7.3	26.0	100
الناصرية	المجموع	82.0	4.0	11.0	10.0	17.0	32.0	64.0	99.0	314.0	127.0	760
	%	10.8	0.5	1.4	1.3	2.2	4.2	8.4	13.0	41.3	16.7	100
البصرة	المجموع	22.0	2.0	9.0	2.0	13.0	20.0	37.0	40.0	132.0	68.0	345
	%	6.4	0.6	2.6	0.6	3.8	5.8	10.7	11.6	38.3	19.7	100
المعدل	المجموع	59.1	3.6	8.0	11.3	9.3	31.0	50.7	89.6	181.9	100.7	101
	%	8.5	0.5	1.4	1.9	1.5	4.9	11.5	18.2	35.9	15.8	102

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، بيانات غير منشورة.

جدول (8): عدد تكرارات الامطار حسب نسبة تغطية السماء بالغيوم (أوكتاس) في العراق للمدة (2011-2023)

المحطة	الصنف	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	المجموع
كركوك	التكرار	0	0	0	0	3	1	4	4	15	5	32
	%	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	3.1	12.5	12.5	46.9	15.6	100
خانقين	التكرار	0	0	0	0	0	3	14	5	0	0	22
	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.6	63.6	22.7	0.0	0.0	100
بغداد	التكرار	0	0	2	0	2	2	3	10	19	0	38
	%	0.0	0.0	5.3	0.0	5.3	5.3	7.9	26.3	50.0	0.0	100
الرطبة	التكرار	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.0	4.0	0.0	11
	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	45.5	18.2	36.4	0.0	100
الحي	التكرار	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	10.0	7.0	19.0	5.0	0.0	47
	%	0.0	0.0	0.0	6.4	6.4	21.3	14.9	40.4	10.6	0.0	100
الناصرية	التكرار	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	2.0	5.0	9.0	26.0	3.0	48
	%	0.0	0.0	2.1	0.0	4.2	4.2	10.4	18.8	54.2	6.3	100
البصرة	التكرار	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	7.0	3.0	10.0	0.0	21
	%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	33.3	14.3	47.6	0.0	100
المعدل	التكرار	0.0	0.0	3.0	3.0	10.0	19.0	45.0	52.0	79.0	8.0	219
	%	0.0	0.0	1.4	1.4	4.6	8.7	20.5	23.7	36.1	3.7	100

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الهيأة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية، بيانات غير منشورة.

أما الأمطار المرافقة للصنف (٧) أوكتاس فهي تشكل نسبة (٢٣,٧) % وهي ثاني أكثر الأصناف هطولاً للأمطار في العراق، وتشكل أمطار هذا الصنف (٤٥,٥) % من أمطار الحي وحوالي (١٤,٣) % من أمطار البصرة. وعندما تكون السماء ملبدة بالغيوم تماماً وتأخذ الصنف (٨) أوكتاس فإنّ نسبة الأمطار المتساقطة منها في العراق تشكل (٣٦,١) %، وإنّ أكثر أمطار محطات الناصرية والبصرة وكركوك تصاحب هذا النوع من الغيوم؛ لإذ شكلت فيها (٥٤,٢، ٤٧,٦، ٤٦,٩) %.

أمّا الصنف الذي يأخذ الرمز (٩) فهو قد يكون أي من الأصناف السابقة الممطرة ولكن حجب الرؤية عن عملية الرصد بسبب بعض الظروف المحلية والعوائق الجوية لم تشخص على أنها ضمن الأصناف الأخرى، ومع ذلك فقد رافقتها حالات ممطرة شكلت نسبة (٣,٧) % وقد اقتصر ظهور هذه الحالات على محطتي كركوك وشكلت فيها نسبة الامطار ضمن هذا الصنف (١٥,٦) % والناصرية بنسبة تكرار فيها (٦,٣) %.

٧- إمكانية نجاح الاستمطار الصناعي في العراق

تعتمد تقنية الاستمطار الصناعي على توافر الغيوم التي يمكن من خلالها تحقيق عملية بذر المواد التي تسرع عملية التكاثف وتساقط الأمطار، وبحكم طبيعة خصائص الغطاء الغيمي في العراق، فإنه ليست جميع الأوقات مناسبة لتحقيق الاستمطار الصناعي، كما ان فصول السنة ليست جميعها تكون مناسبة لعملية الاستمطار، ويمكن أن ينجح في المناطق الشمالية وقد يكون نجاحه أقل في المناطق الوسطى والجنوبية، لأن الأمر يعتمد على نوعية الغيوم التي تكون ممطرة أو مؤهلة للاستمطار. ومن خلال الحالات الغيمية التي تمت دراستها تبين أنّ معظم أمطار العراق تكون عندما تكون نسبة الغطاء الغيمي أكثر من (٥٠) % وأن أكثر من (٨٠) % من أمطار العراق كانت من غطاء غيمي ضمن الأصناف (٦ ، ٧ ، ٨) أوكتاس. وتجدر الإشارة إلى أنّ النسبة الأكبر من الغطاء الغيمي من الأصناف المختلفة لم تكن ممطرة، إذ أنّ جميع الحالات المطرية التي رافقت الغطاءات الغيمية المختلفة شكّلت نسبة (٤٣,١) % فقط، وإن حوالي (٥٦,٩) % منها لم ترافقها أي كمية تساقط مطري، وهذا يجعل إمكانية استثمار النسبة الأكبر من حالات التغييم في تحقيق الاستمطار الصناعي.

شكّلت نسبة الأمطار المتساقطة من الغيوم ضمن الصنف (٥) أوكتاس (٦١,٣) % وإنّ (٣٨,٧) % غير ممطرة، بينما بلغت نسبة كبيرة من الغيوم ذات الصنف (٦) أوكتاس ممطرة؛ إذ بلغت نسبتها (٨٨,٧) % وإنّ النسبة الأقل منها (١١,٣) % غير ممطرة، أما الصنف (٧) أوكتاس فكانت بلغت نسبة أمطاره (٥٨,١) % وشكلت نسبة الغيوم غير الممطرة نسبة (٤١,٩) %، وعندما تكون السماء ملبدة بالغيوم تماماً فإنّ إمكانية تساقط الأمطار فيها تكون أكبر من كل الأصناف وقد بلغت نسبة الحالات الغائمة ضمن هذا الصنف الممطرة (٤٣,٤) % بينما بلغت الحالات التي لم ترافقها أي حالات مطرية بلغت نسبتها (٥٦,٦) %.

وبناءً على ما تقدّم فإنّ نسبة الاحتمالية لزيادة كمية الأمطار المتساقطة فيما لو تم استثمارها بشكل كامل ضمن الأصناف (٦ ، ٧ ، ٨) أوكتاس هي (٣٦,٦) % .

جدول (9): نسبة تكرار حالات الامطار لكل صنف من أصناف تغطية السماء بالغيوم (أوكتاس) في العراق للمدة (2011-2023)

المحطة	التكرار	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	المجموع
كركوك	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	11.1	17.4	12.9	6.9	6.7	15.5
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	88.9	82.6	87.1	93.1	93.3	84.5
خانقين	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	58.3	3.6	0.0	0.0	8.5
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	76.9	41.7	96.4	100.0	100.0	91.5
بغداد	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	12.5	0.0	15.4	4.9	4.2	8.0	7.3	0.0	5.2
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	87.5	100.0	84.6	95.1	95.8	92.0	92.7	100.0	94.8
الرطبة	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.2	4.9	11.1	0.0	2.8
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.8	95.1	88.9	100.0	97.2
الحي	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	0.0	12.0	16.7	9.9	7.4	12.6	9.6	0.0	6.8
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	100.0	88.0	83.3	90.1	92.6	87.4	90.4	100.0	93.2
الناصرية	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	9.1	0.0	11.8	6.3	7.8	9.1	8.3	2.4	5.5
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	90.9	100.0	88.2	93.8	92.2	90.9	91.7	97.6	94.5
البصرة	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	18.9	7.5	7.6	0.0	3.9
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	81.1	92.5	92.4	100.0	96.1
المعدل	نسبة الحالات الممطرة	0.0	0.0	37.5	26.6	107.7	61.3	88.7	58.1	43.4	7.9	43.1
	نسبة الحالات غير الممطر	100.0	100.0	62.5	73.4	-7.7	38.7	11.3	41.9	56.6	92.1	56.9

المصدر الباحثان بالاعتماد على الجدولين (7 و 8)

الاستنتاجات

١- انخفاض عدد الأيام الممطرة في العراق فهي لا تشكل سوى نسبة (٩)% تقريباً من أيام السنة في عموم العراق، ولذلك معظم مناطق العراق تقع ضمن الأقاليم الجافة وشبه الجافة.

٢- تشكل نسبة الأيام الغائمة في العراق نسبة (٣٨,٩)% من أيام السنة في عموم العراق.

٣- إن حوالي (٣١)% من الأيام الغائمة تكون غير ممطرة وممكن استثمار جزء كبير منها في الاستمطار الصناعي.

٤- إنّ الجزء الأكبر من مناطق العراق هي ضمن المناطق الجافة والأقسام الأخرى ضمن المناطق شبه القاحلة وفق تصنيف منظمة FAO .

٥- إنّ النسبة الأكبر للغطاء الغيمي في العراق هي ضمن نسب التغطية (٦ ، ٧ ، ٨) أوكتاس وتشكل نسبة حوالي (٦٥,٦)% بينما لا تشكل الأصناف الأخرى سوى نسبة (٣٤,٤) %.

٦- إنّ حوالي (٨٠,٣) % من أمطار العراق تتساقط عندما تكون السماء بغطاء غيمي ضمن الأصناف (٦ ، ٧ ، ٨) أوكتاس.

٧- بالإمكان استثمار تقنية الاستمطار الصناعي في العراق لأنّ الظروف المناخية مناسبة لذلك وخاصة خلال أشهر الموسم المطري.

التوصيات

١- استثمار أجواء العراق بالاستمطار الصناعي ولا سيما خلال معظم أيام الشتاء لزيادة كمية الأمطار المتساقطة وتحفيزها على التساقط.

٢- انشاء أربعة مراكز علمية وعملية متخصصة للاستمطار الصناعي في العراق موزعة في محافظات نينوى وبغداد والانبار والبصرة.

٣- تحديث طرق رصد الغطاء الغيمي في محطات الرصد الجوي وعدم الاكتفاء برصد نسبة التغطية والاعتماد على الطرق التكنولوجيا الحديثة في ذلك.

المصادر

A. Farahat و ،Abuelgasim.) February, 2022)." Effect of cloud seeding on aerosol properties and particulate matter variability in the United Arab Emirates. *nternational Journal of Environmental Science and Technology*.٩٥١ صفحة ،

Agyimpomaa2, A. E. (2015). Precipitation and Rainfall Types with Their Characteristic. *Journal of Natural Sciences Research*, p. 91.

F., Li, Z., Jiang, Q., Wang, G., Jia, S., & Zhou, Y. Wang. .(٢٠١٩) Evaluation of hygroscopic cloud seeding in liquid-water clouds: a feasibility study. *Atmospheric Chemistry and Physics*.٦٧-٥٥ الصفحات ،

K.-I., Chung, K.-S., Wang, S.-H., Chen, L.-H., Liou, Y.-C., Lin, P.-L., Chang, W.-Y., Chiu, H.-J., & Chang, Y.-H Lin. .(٢٠٢٣) Evaluation of hygroscopic cloud seeding in warm-rain processes by a hybrid microphysics scheme using a Weather Research and Forecasting (WRF) model: a real case study. *tmospheric Chemistry and Physics*.

V.P., Potapov, E.I., & Shchukin, G.G Korneev. .(٢٠١٧) Environmental aspects of cloud seeding. Russian Meteorology and Hydrology. *Bulletin of the American Meteorological Society*.

البنك الدولي. (٢٠٢٢). *تقرير المناخ والتنمية*. البنك الدولي.

مالك ناصر عبود الكناني. (٢٠١١). *تكرار المنظومات الضغطية وأثرها في تباين خصائص الرياح السطحية في العراق (دراسة في المناخ الشمولي*. اطروحة دكتوراه (غير منشورة): جامعة بغداد/ كلية التربية (ابن رشد).