

## Determining the Thermal Threshold to Identify the Types of Jet Stream and Analyzing the Variation of its Role in Motivating Rainfall over Iraq

Qusay Kazim Aliwi Bandar

[gussai.bandr2207p@coart.uobaghdad.edu.iq](mailto:gussai.bandr2207p@coart.uobaghdad.edu.iq)

Prof. Khamis Daham Muslih Al-Sabhany(Ph.D.)

[khamies76@coart.uobaghdad.edu.iq](mailto:khamies76@coart.uobaghdad.edu.iq)

University of Baghdad/ College of Arts/ Department of Geography and Information Systems

Copyright (c) 2026 Qusay Kazim Aliwi Bandar. Prof. Khamis Daham Muslih Al-Sabhany (Ph.D.)

DOI: <https://doi.org/10.31973/s4crwv84>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

### Abstract:

The primary objective of this study is to utilize thermal threshold to accurately identify the types of jet streams associated with rainfall events in Iraq and to analyze variations in their frequency along with their relation to mid-latitude frontal cyclones and Sudanese depressions during the period from 1955 to 2023. The analysis of the jet stream using this methodology revealed that there is a systematic coupling of the polar jet stream with all rainfall days generated by mid-latitude frontal cyclones with significant spatial variation. The occurrence rate in southern Iraq was 58.8%, but only 12.9% in the northern part. The polar jet stream was found to link with Sudanese depressions, or their rainy days, at a rate of 60.5%. Statistical analyses using the Mann-Kendall test revealed significant climatic shifts in jet stream dynamics over Iraq. Specifically, the polar jet stream's frequency declined by 26% in southern Iraq for frontal cyclones and 4% for Sudanese depressions. Conversely, central Iraq experienced a rising trend in polar jet stream frequency during the study period. For the subtropical jet stream, the highest frequency was recorded outside Iraq in the southern region neighboring the country (25°N–28°N). Over Iraq, the frequency of the subtropical jet stream in the region was 31%. There was a significant increase in the frequency rate during the study period (about 8% in the adjacent southern area and 4% over southern Iraq).

**Keywords:** Iraq, climate change, jet stream, depressions, precipitation

## تحديد العتبة الحرارية للكشف عن نوع التيار النفاث وتحليل تباين دوره في تحفيز التساقط المطري فوق العراق

الباحث قصي كاظم عليوي  
جامعة بغداد/ كلية الآداب/ قسم الجغرافية ونظم  
المعلومات الجغرافية

أ.د. خميس دحام السبهاني  
جامعة بغداد/ كلية الآداب/ قسم الجغرافية  
ونظم المعلومات الجغرافية

### (مُلخَصُ البَحْث)

إن هدف البحث الرئيس هو اعتماد المعايير الحرارية في التحديد الدقيق لنوع التيار النفاث المصاحب لحالات التساقط المطري فوق العراق، وتحليل التغيرات في تكراره، وعلاقتها بالمنخفضات الجبهوية فوق المدارية والمنخفضات السودانية في المدة (١٩٥٥ الى ٢٠٢٣). أظهرت نتائج تحليل التيار النفاث على وفق هذه المنهجية اشتراط الاقتران التام للتيار النفاث القطبي مع جميع أيام التساقط المطري الناتجة عن منخفضات العروض الوسطى الجبهوية مع تفاوت مكاني كبير، إذ بلغت نسبة تكراره ٥٨.٨% جنوب العراق مقابل ١٢.٩% في الشمال، في حين بلغت نسبة اقتران التيار النفاث القطبي مع المنخفضات السودانية أو أيامه المطيرة (٦٠.٥%). وكشفت التحليلات الإحصائية لاختبار مان - كندال عن تحولات مناخية في حركة التيارات النفاثية فوق العراق، فقد تراجع تكرار التيار النفاث القطبي جنوب العراق بنسبة ٢٦% من حالات تكراره مع المنخفضات الجبهوية، و٤% مع المنخفضات السودانية. في حين يشهد وسط العراق ارتفاعا في معدل تواتره في مدة البحث. بالنسبة للتيار النفاث شبه المداري فقد سجل أعلى تكرار له ٤٩% خارج العراق عند دوائر عرض ٢٥ - ٢٨ درجة شمالا. اما داخل العراق فبلغ تكرار التيار النفاث شبه المداري ضمن المنطقة ٣١%. وأظهرت زيادة معنوية في معدل التكرار في مدة البحث بلغت ٨% للمنطقة الجنوبية المجاورة (٤% جنوب العراق).

**كلمات مفتاحية:** العراق، تغير المناخ، التيار النفاث، المنخفضات الجوية، التساقط المطري.

## ١. مقدمة

يعد التيار النفث القطبي (Polar Jet Stream) أحد العوامل الجوية الرئيسية المتحكمة في أنماط التساقط المطري فوق إقليم الشرق الأوسط والعراق، إذ يحدد تموجاته وتعرجاته جنوباً شتاءً مسارات المنخفضات الجوية السطحية وعمقها، ولا سيما عند مستوى ٥٠٠ هكتوباسكال فوق شرق المتوسط. يؤدي هذا التعرج إلى دفع كتل هوائية قطبية باردة نحو العروض الجغرافية المنخفضة، مما يعمق الأخاديد الجوية ويحفز تكون حالات عدم الاستقرار الباروكليني، التي تسهم بدورها في تشكيل الأنظمة الجوية الممطرة (Rohli & Vega, 2018; Gaetani, 2011). وفي المقابل، يتراجع نشاط التيار القطبي شمالاً في فصل الصيف، ليتحكم التيار النفث شبه المداري (Subtropical Jet Stream) في ديناميكيات الغلاف الجوي، مما يقلص فرص الهطول فوق المنطقة، إلا أن أمطاراً رعدية محلية قد تحدث نتيجة ارتفاع الرطوبة ودرجات الحرارة السطحية، والتي تصل إلى مستوى التكاثف العلوي (Rohli & Vega, 2018).

أما التيار النفث شبه المداري، فيظهر تأثيره عبر نقله كتلا هوائية دافئة ورطبة من العروض المدارية نحو شمال العراق وشرق المتوسط، مما ينشئ تدرجات حرارية وضغطية حادة بين الكتل الهوائية المتقابلة. هذه التدرجات تعزز بدورها حالات عدم الاستقرار الجوي، وتتفاعل مع التعرجات الجنوبية للتيار القطبي لتوليد أمطار غزيرة، كما أوضح (Timmermann, 2013) و (Dayan, 1983)، الذي ربط بين انحناء محور التيار شبه المداري عند مستوى ٢٠٠ هكتوباسكال ووصول الرطوبة إلى طبقات جوية عالية.

من جهة أخرى، تظهر المنخفضات السودانية تفاعلاً واضحاً مع التيار النفث القطبي، إذ تتعمق هذه المنخفضات عندما يتعرج التيار القطبي جنوباً ويقترّب من التيار شبه المداري فوق شمال أفريقيا، مما يخلق بيئة مواتية لتشكل أنظمة ضغط منخفض نشطة (Prezerakos, 2006). وعلى الرغم من هذا التداخل الوظيفي بين التيارين، يصعب عملياً فصلهما؛ بسبب تشابك مساراتهما وتموجاتهما، ولا سيما مع وجود تيار نفث واحد فعلياً قرب العروض شبه المدارية، يتميز بسرعات متغيرة مع الارتفاع في التروبوسفير (Ahrens & Henson, 2017).

تأتي أهمية هذا البحث من كونه يطور معايير حرارية دقيقة لتمييز التيارين النفثين في الموسم المطري، باعتماد تحليل الخصائص الحرارية، والرطوبة في الطبقات الجوية العليا، مما يسد فجوة في الأدبيات المناخية المتعلقة بتحديد نوع التيار النفث وديناميكيته المترافقة مع آليات الهطول في المناطق شبه الجافة كالعراق.

يعتمد المنهج السائد في تحديد نوع التيار النفاث سرعة الرياح او الموقع الراسي المحدد والثابت في التمييز بين نوعي التيار النفاث ،ويرى الباحث أن هذه المعايير تظهر قصورا في التحديد الدقيق لنوع التيار النفاث لأسباب عدة منها: عدم ثبات الموقع الراسي للتيار النفاث ولاسيما في الفصل البارد والموسم المطير فقد يتواجد كل من التيارين في نفس المستوى الضغطي مما يصعب التمييز بينهما، ومن الأسباب الأخرى التشابه في سرعة التيار النفاث في الأيام المطيرة ،ومن ثم قد نخرج بتصنيف خاطئ لنوع التيار النفاث اذا ما اعتمدنا هذه المعايير، ومن هنا جاءت إشكالية البحث الحالي فالمنهج التقليدي المتبع يهمل الأصل في تكوين التيار النفاث وهو التباين الحراري ،إذ ينشأ التيار النفاث القطبي من التباين الحراري عبر الجبهة القطبية في حين ينشأ التيار النفاث شبه المداري من التباين الحراري فوق الجبهة الاستوائية وهو ما سوغ هذا المعيار في تحديد نوع التيار النفاث ودوره في تحفيز التساقط المطري فوق العراق.

## ٢. البيانات ومنهجية البحث

### ٢-١. منطقة البحث

المنطقة التي يشملها البحث تمثل بالعراق جنوب غرب آسيا (خريطة ١)، ويمتد بين خطي عرض  $٥٠^{\circ} ٢٩'$  الى  $٢٢^{\circ} ٣٧'$  شمالا، وخط الطول  $٤٢^{\circ} ٣٨'$  الى  $٤٨^{\circ} ٤٥'$  شرقا. وهو بذلك يقع ما بين المناخ الجاف شبه المداري الى الجنوب والجنوب الغربي منه وما بين المناخ الرطب شمالا؛ لذلك يشهد العراق صراعا بين الكتل الهوائية متباينة الخصائص في الفصل المطير تشكل بيئة مثالية لتكرار التيارات النفاثة فوق العراق.

### ٢-٢. مصادر البيانات: لتحقيق أهدافه اعتمد البحث مصادر البيانات الآتية:

- بيانات يومية للتساقط المطري لسبع محطات مناخية وهي: (الموصل، وكركوك، والرطبة، وبغداد، والديوانية، والناصرية، والبصرة) وللمدة (١٩٥٥ الى ٢٠٢٣) وبما يقارب (٦٥) موسما مطريا وبنسبة المفقود من البيانات (٦.٢%) استبعدت من التحليل لضمان دقة النتائج.

- بيانات المعايير الحرارية لتحدي نوع التيار النفاث ،إذ تم تحليل الخرائط الحرارية ( Air Temperature) للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال لكل يوم ممطر في مدة البحث.

### ٢-٣. التحليل الاحصائي

تشتمل هذه الفقرة على رصد وتحليل التكرارات والتغيرات في تواتر أنواع التيار النفاث فوق العراق في أيام التساقط المطري، إذ صنفت تكرارات كل نوع من أنواع التيار النفاث في هذه الأيام ثم حللت التغيرات الزمنية لهذه التكرارات باعتماد اختبار الاتجاه مان كندال

الزيادة أو النقصان في هذه التكرارات، ثم حساب الميل (slope) (المعادلات ٤-٥) لتقدير معدلات التغير، وتحديد الأهمية المعنوية الإحصائية لهذه المعدلات.

$$s = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad \text{Eq.....1}$$

إذ إن:  $n$  عدد البيانات  $x_j$  و  $x_i$  قيمة البيانات في السلسلة الزمنية  $i$  و  $j$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \quad \text{Eq.....2}$$

إذ إن:  $t_k$  عدد القيم المكررة في المجموعة  $k$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0, \\ 0 & \text{if } S = 0, \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0. \end{cases} \quad \text{Eq.....3}$$

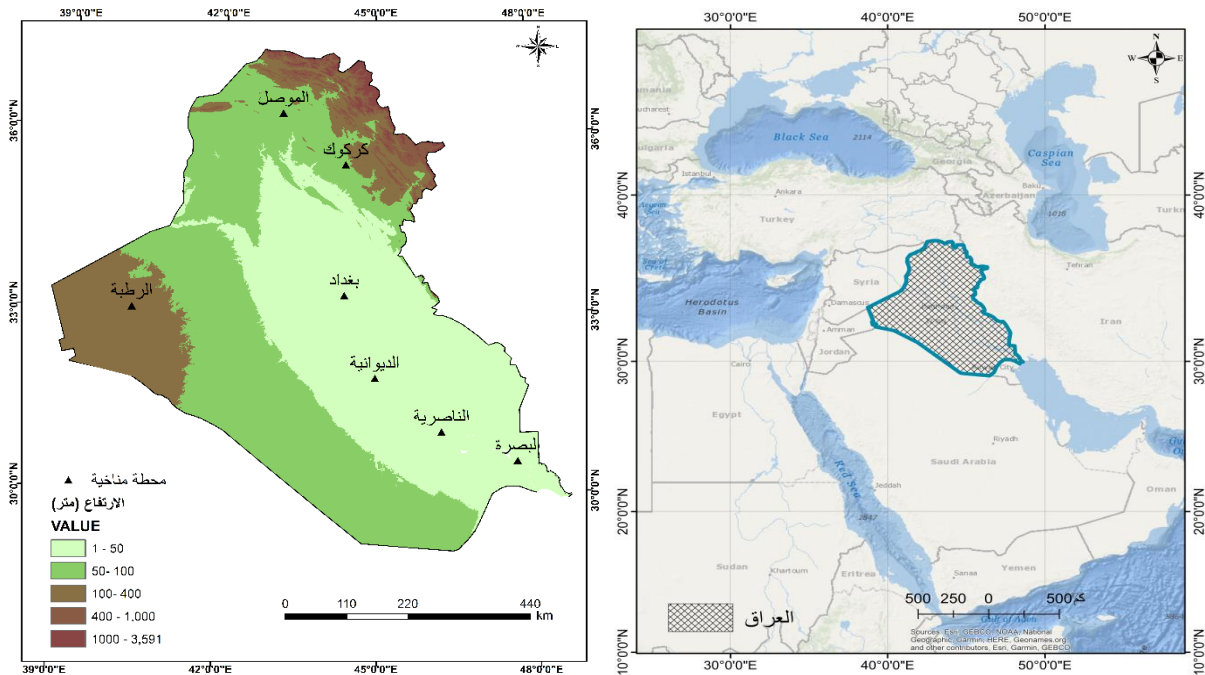
القيمة الموجبة من  $ZS$  تمثل اتجاهها تصاعديا اما قيمتها السالبة فتمثل اتجاهها تنازليا

$$Q_{ij} = \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad \text{Eq.....4}$$

$$Q = \text{median}(\{Q_{ij} \mid 1 \leq i < j \leq n\}) \quad \text{Eq.....5}$$

إذ إن:  $Q_{ij}$  الميل بين نقطتين  $x_j$  و  $x_i$  عند الزمن  $j$  و  $i$

خريطة (١) الموقع الجغرافي لمنطقة البحث وموقع المحطات المناخية



المصدر: الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ

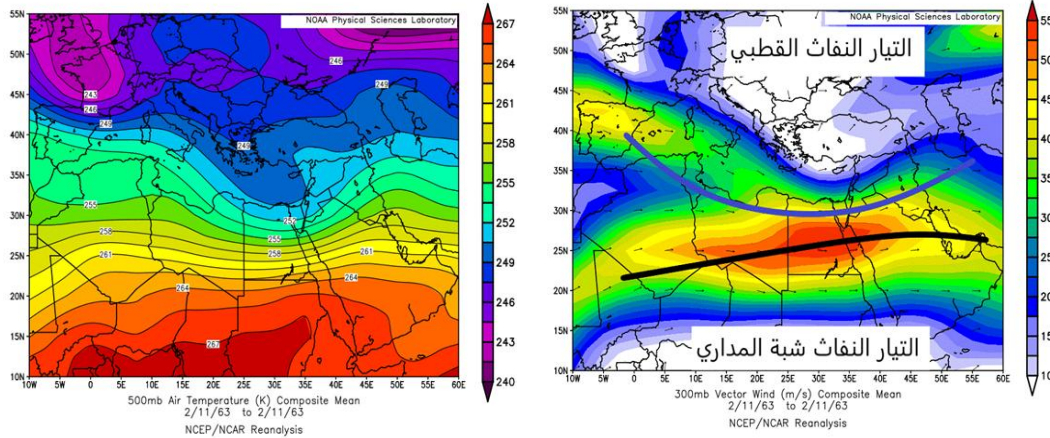
## ٣. النتائج والمناقشة

## ٣-١. اختيار العتبة الحرارية لتحديد نوع التيار النفاث

اعتمد الباحث الأساس الحراري في تحديد نوع وطبيعة التيار النفاث المرافق لحالات التساقط المطري فوق العراق في مدة البحث كما موضح في الشكل (١)، وهذا المعيار في تحديد نوع التيار النفاث يعتمد علاقة الارتباط بين التيار النفاث والجبهة القطبية حيث يقع قلب التيار النفاث القطبي مباشرة فوق خط تساوي الحرارة (-١٧) درجة مئوية (بما يقارب ٢٥٦ كلفن) فما دون ضمن مخططات المستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المرتبط بالجبهة السطحية القطبية (Freeman & Timmermann, 2013, p. 37) (Perkins, 1998). في حين لا يتوافق التيار النفاث شبه المداري مع جبهة سطحية باردة (Eltantawy, 1960, p. 352) وتم تحديده باعتماد خط تساوي الحرارة أكبر من (-١١) درجة مئوية (بما يقارب ٢٦٢ كلفن) (Freeman و Perkins, 1998). وفي دراسة سابقة اعتمد (الزكنة، ١٩٩٦) الأساس الحراري في تصنيفه للتيار النفاث، إذ عد التيار قطبيا إذا كانت درجة حرارة النطاق الذي يوجد فيه أعلى التروبوسفير يساوي أو يقل عن (-٤٠) درجة مئوية، أما إذا زادت درجة الحرارة عن ذلك فان التيار النفاث يصنف على أنه شبه المداري، وتوصل الباحث إلى هذه النتيجة من مراقبته لدرجة الحرارة المصاحبة للتيار النفاث القادم من العروض العليا والمؤثرة على العراق والتي تصل إلى (-٥٧) درجة مئوية في حين لم تتجاوز درجة الحرارة للتيار القادم من العروض المدارية (-٢٢) درجة مئوية.

إن العتبة الحرارية (-١٧) درجة مئوية اعتمدت أساس الملاحظة العملية فقد لوحظ المتبئين الجويين والمتدربين في وكالة الأرصاد الجوية الأمريكية أن هذه القيمة تتوافق مع المناطق الأكثر نشاطا للرياح الغربية المرتبطة بالتيار النفاث هذا التحليل العملي مدعوم بإطار نظري يفسر كيف تسهم التباينات الحرارية بين العروض القطبية والمعتدلة من وجود التيار النفاث القطبي حيث التدرجات الحرارية تزيد من سرعة الرياح، وضمن منطقة الشرق الأوسط يوجد التباين الحراري بين الكتل الهوائية الباردة والقادمة من العروض العليا والوسطى وبين الكتل الهوائية الحارة الجافة القادمة من العروض المدارية عملت على تعزيز تواجد التيار النفاث القطبي فوق العراق، وفي الكثير من تكراراته رافقته حالات عدم الاستقرار الجوي المسببة لتساقط الامطار فوق العراق، ومع حركة خط الحرارة (-١٧) درجة مئوية أو التيار النفاث القطبي نحو الشمال في فصل الصيف هيمنت فوق العراق مظاهر الفصل الجاف. ومن التحليل العملي لموسم الأمطار فوق العراق في المدة ١٩٥٥ - ٢٠٢٣ وجد أن نسبة التطابق بين وجود خط الحرار (-١٧) درجة مئوية ضمن المستوى ٥٠٠ هكتوباسكال وحدوث التساقط الفعلي يتجاوز حاجز ٨٢% من الأيام المطيرة وهو ما يؤكد

فاعلية العتبة الحرارية في تحديد نوع التيار النفاث، إذ يعزز التيار النفاث الرفع الديناميكي للهواء الرطب مما يؤدي إلى تكاثف بخار الماء، وتكوين السحب، وهطول الأمطار أو تطور العواصف الرعدية الشديدة. ومن هنا يضع الباحث افتراضه بأهمية المعايير الحرارية في التحديد الدقيق لنوع التيار النفاث فوق العراق.



شكل (١) خطوط تساوي الحرارة للمستوى (٥٠٠) هكتوباسكال وموقع التيار النفاث ضمن المستوى (٣٠٠) هكتوباسكال.

المصدر: <https://www.psl.noaa.gov>

٣-٢. تكرار أنواع التيار باعتماد ما تمت الإشارة إليه أظهرت نتائج تحليل المخططات الطباقية للمستويات الوسطى والعلوية من التروبوسفير ترافق وبنسبة تامة للتيار النفاث القطبي مع حالات التساقط المطري من المنخفضات الجبهوية، لكن نسب التكرار والتعرج للتيار النفاث تتباين مكانياً بين أقسام سطح العراق كما موضح في الجدول (١) والشكل (٢) فهي على أعلاها جنوباً وبنسبة تكرار بلغت (٥٨.٧٨%)<sup>(١)</sup>، وتنخفض كلما اتجهنا نحو شمال العراق وبنسبة تكرار بلغت (١٢.٩٠%)، (وسط العراق ٢٨.٣٢%). بناءً على ذلك يشترط وجود التيار النفاث القطبي عند وجود المنخفض الجبهوي، ولا يشترط وجود المنخفض عند وجود التيار النفاث في الأعلى (الزنكنة، ١٩٩٦). ومع المنخفض السوداني تختلف نسبة تكرار وتعرج التيار النفاث القطبي في موسم الأمطار وبما يقارب (٦٠.٥٤%) من حالات التساقط المطري ترافقت مع تعرج وتواجد للتيار النفاث القطبي فوق العراق. في حين رافقت وبنسبة (٣٩.٤٥%) من حالات الهطول للتيار النفاث شبه المداري. والشيء نفسه، أعلى نسبة تكرار للتيار النفاث القطبي كانت فوق الأقسام الجنوبية من العراق بواقع (٣٥.٠٩%)

(١) هذا التكرار العالي للتيار النفاث القطبي جنوب العراق لا يعني أن المنطقة الجنوبية تتأثر به بشكل أكبر من أقسام سطح العراق الأخرى لكنه يمثل نسبة وصول خط الجبهة الباردة والمترافقه في طبقات الجو العليا مع التيار النفاث القطبي إلى الأقسام الجنوبية من العراق أكثر، أما الهواء خلف هذه الجبهة يختلف بحسب نوع الكتلة الهوائية المسيطرة، لكنها وعلى المجمال كتل هوائية قطبية (Polar Air Masses) سواء أكانت قارية (cP) أو بحرية (mP) فهي أقل من العتبة الحرارية المحددة منتصف التروبوسفير (-١٧°C) أو ما يعادلها (٢٥٦ K).

انخفضت هذه النسبة وسط العراق إلى (١٨%) في حين سجل شمال العراق اقل نسبة تكرر للتيار النفاث القطبي وبلغت (٧.٤٥%).

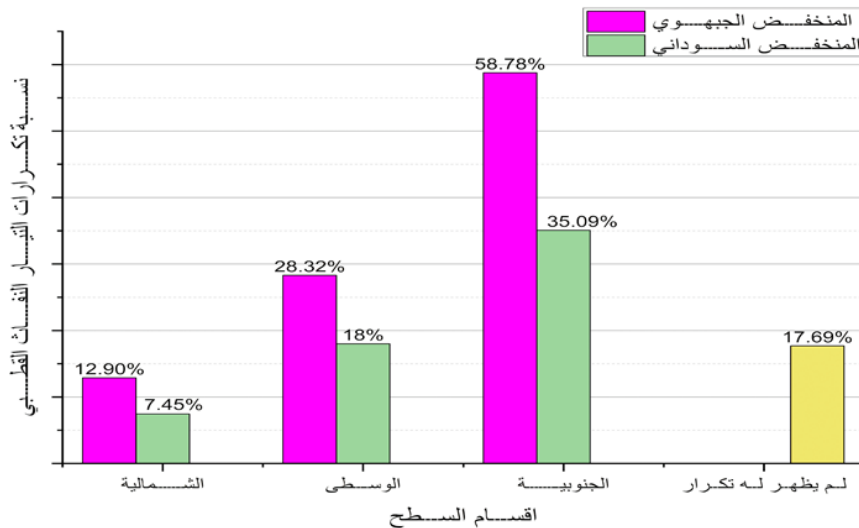
### جدول (١)

نسبة تكرر التيار النفاث القطبي مع المنخفضات الجوية فوق العراق في مدة البحث

أقسام السطح	المنخفض الجبهوي	المنخفض السوداني
الجنوبية	58.78%	35.09%
الوسطى	28.32%	18%
الشمالية	12.90%	7.45%
المجموع	100%	60.54%
لم يظهر له تكرر	-	39.46%

المصدر: تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع <https://www.psl.noaa.gov>

بصورة أخرى، انه وبما يقارب (٨٢.٣١%) من مجموع الأيام المطيرة فوق العراق وفقا لنتائج التحليل ترافقت مع تعرج للتيار النفاث القطبي نحو العروض شبه المدارية. وفي المقابل (١٧.٦٩%) من هذه الأيام لم تتوافق مع تواجد للتيار النفاث القطبي الذي انحصر نطاق سيطرة إلى الشمال من العروض المدارية. (البخيت، ٢٠١٧) هو الآخر توصل الى نتيجة مقارنة جدا لما توصل إليه البحث حيث أشار الى أن (٨٣%) من كمية الأمطار الساقطة فوق سوريا لثلاثة مواسم صاحبت تعرج التيار النفاث القطبي بين دائرتي عرض (٣٩°-30° شمالاً، في حين لم تتجاوز كمية الأمطار (١٧%) عندما يكون محور التيار النفاث إلى الشمال من دائرة عرض (٤٠° شمالاً).



شكل (٢) نسبة تكرر التيار النفاث القطبي مع المنخفضات الجوية فوق العراق للمدة (٢٠٢٣-٢٠٢٤)

المصدر: باعتماد الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع <https://www.psl.noaa.gov>

فمع هذا التراجع للتيار النفاث تنحرف مسار المنخفضات المتوسطة نحو الشمال الشرقي، ويحدث العكس عندما ينحرف التيار النفاث إلى العروض المدارية يساعد على جعل منطقة البحث في مسار المنخفضات الجوية، كما يسهم في تكوين المنخفضات شرق المتوسط وتعزيز المنخفضات المدارية.

### ٣-٢-١. التيار النفاث القطبي

#### ٣-٢-١-١. جنوب العراق<sup>(٢)</sup>

يمثل الجدول (٢) والشكل (٣) معدل التكرار الشهري للتيار النفاث القطبي واتجاهاته العامة جنوب العراق في مدة البحث. نلاحظ ومع المنخفضات الفوق مدارية الجبهوية أن شهر الشتاء تسجل أعلى معدل تكرار للتيار النفاث جنوب العراق منذ العام (١٩٥٤) وبقيمت تتجاوز (٦) تكرارات لكل شهر وللأيام المطيرة؛ لأنه أقوى في فصل الشتاء ويتحرك إلى الجنوب من موقعه، ثم تبدأ هذه التكرارات بالانخفاض كلما ابتعدنا عن الأشهر الباردة ليسجل في شهر تشرين الأول أقل معدل تكرار، وبلغ (٠.٠٢) مقداره في شهر أيار أقل معدل تكرار. ولا يختلف الأمر كثيرا مع المنخفض السوداني أو المنخفضات ذات الأصل المداري وذلك؛ لأن الأشهر الباردة سجلت أيضا معدلات مرتفعة في تكرار التيار النفاث إلا أن بداية الربيع سجل أعلى معدل تكرار، وبلغ (٤.٩٧) تكرار/الشهر بالتزامن مع نشاط هذه المنخفضات يليه شهر كانون الثاني. وسجل خلال تشرين الأول وأيار أقل معدل تكرار وبلغ (٠.٠٦) تكرار لكل شهر.

جدول (٢) المعدل الشهري لتكرار التيار النفاث القطبي واتجاهاته جنوب العراق في مدة البحث

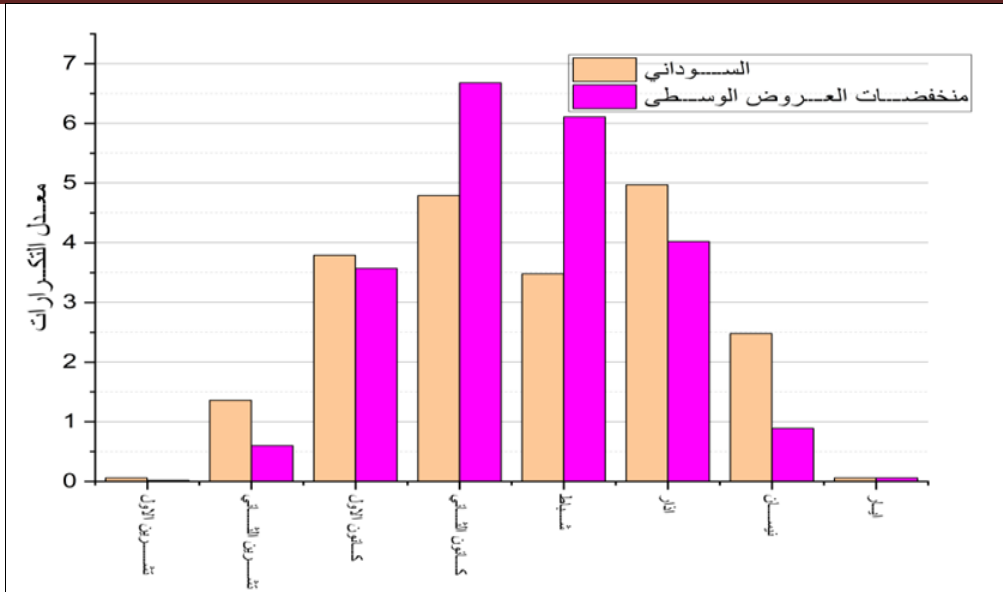
الأشهر	منخفضات العروض الوسطى		المنخفض السوداني	
	معدل التكرار	معدل الاتجاه	معدل التكرار	معدل الاتجاه
تشرين الأول	0.02	0.00	0.06	
تشرين الثاني	0.60	0.00	1.36	
كانون الأول	3.57	-0.05	3.79	
كانون الثاني	6.68	-0.06	4.79	
شباط	6.11	-0.05	3.48	
أذار	4.02	-0.08	4.97	
نيسان	0.89	0.00	2.48	
أيار	0.06	0.00	0.06	
المعدل	-	-0.26	-	-0.04 N.S

N.S = 0.05 \*\* = 0.01 \*\*\* = Sig \ غير معنوي

المصدر: تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع

<https://www.psl.noaa.gov> ونتائج اختبار M-K

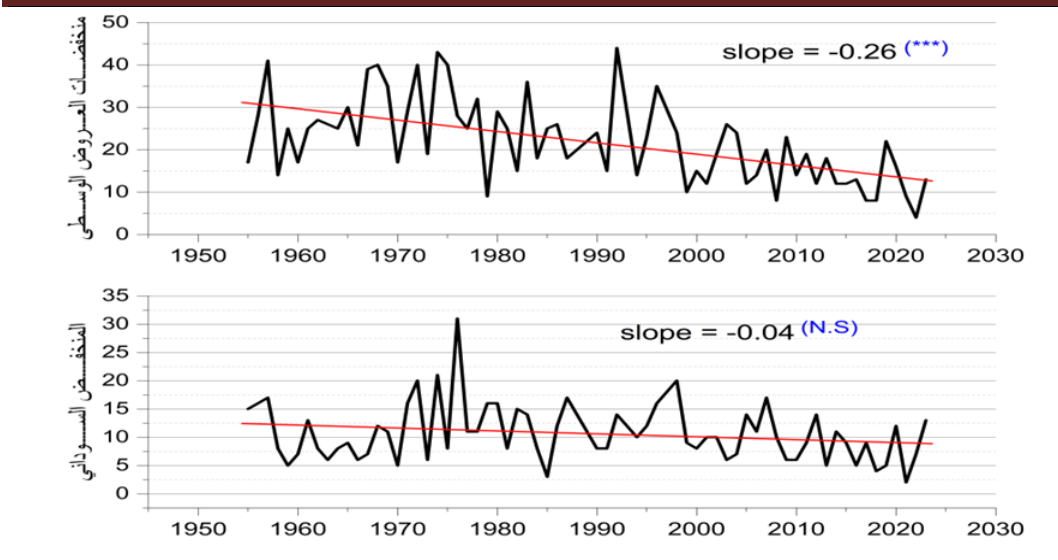
<sup>(٢)</sup> بدأ الباحث في تحليله تكرار التيار النفاث شبه القطبي من جنوب العراق؛ لكونه يسجل أعلى تكرار للظاهرة واتجاهات تغيره فوقها الأكثر وضوحا ولاسيما مع منخفضات العروض الوسطى.



شكل (٣) المعدل الشهري لتكرار التيار النفاث القطبي جنوب العراق.

المصدر: باعتماد جدول (٢)

وفقا لما سبق فإن التيار النفاث القطبي يكون في الشتاء في أقصى موقع له جنوب العراق وبالقرب من الخليج العربي. ويوضح لنا اختبار (M-K) (شكل ٤) معدل اتجاهات التكرار للتيار النفاث القطبي جنوب العراق. فمع منخفضات العروض الوسطى وكمعدل متوسط تتراجع هذه التكرارات في تواترها في مدة البحث وبنحو (٠.٢٦) تكرارا لكل موسم وبانخفاض نسبي يصل الى (٢٦%) معتبرا إحصائيا عند مستوى الدلالة (٠.٠١) وشهريا سجل في شهر أذار أعلى معدل تراجع، وبلغ (٠.٠٨) في حين سجلت الأشهر كانون الأول وشباط أقل هذه المعدلات بواقع (٠.٠٥) لكل منهما. ومع المنخفض السوداني بلغ معدل الانخفاض في تكرار التيار النفاث في مدة البحث (٠.٠٤) ربما يقارب (٤%) لكنه غير معنوي فضلا عن ذلك فإن معدل الاتجاهات الشهرية للتيار النفاث القطبي تظهر بقيمة (٠.٠٠) أي: عدم وجود اتجاه حقيقي في البيانات، وهذا يشير الى احتمالية ان انخفاض عدد التكرارات لا يساعد على اكتشاف الاتجاه المعنوي في تكرارات التيار النفاث في حين يظهر معدل الاتجاه واضحا عند المجاميع الموسمية لهذه الأشهر أو معدلها العام.



شكل (٤) معدل التغير في تكرار التيار النفاث القطبي واتجاهاته جنوب العراق

المصدر: باعتماد نتائج اختبار M-K

٣-١-٢. وسط العراق

بالانتقال إلى وسط العراق كما موضح في الجدول (٣) والشكل (٥) ومع منخضات العروق الوسطى تسجل أشهر الشتاء أعلى معدل تكرار للتيار النفاث القطبي في مدة البحث، وبقية بلغت (٢.٤٠) تكرار للموسم في شهر كانون الأول يليه شهر شباط، أما مع معدل تكرار فسجله تشرين الأول بواقع (٠.٠٢) تكرار لكل موسم يليه شهر آيار. أما مع المنخفض السوداني نجد أن أشهر الربيع تسجل أعلى معدل تكرار للتيار النفاث القطبي تزامنا مع نشاط حركة المنخفض في هذا الفصل وبواقع (١.٢٠) منخفضا لكل موسم يليه شهر آذار.

جدول (٣) المعدل الشهري لتكرار التيار النفاث القطبي واتجاهاته وسط العراق خلال مدة البحث

المنخفض السوداني		منخضات العروق الوسطى		الأشهر
معدل الاتجاه	معدل التكرار	معدل الاتجاه	معدل التكرار	
0.00 N.S	0.06	0.00 N.S	0.02	تشرين الأول
	0.88		1.17	تشرين الثاني
	1.00		2.40	كانون الأول
	0.51		2.15	كانون الثاني
	0.57		1.89	شباط
	1.09		1.71	آذار
	1.20		1.11	نيسان
	0.15		0.12	آيار
0.09	-	0.03 <sup>s</sup>	-	المعدل

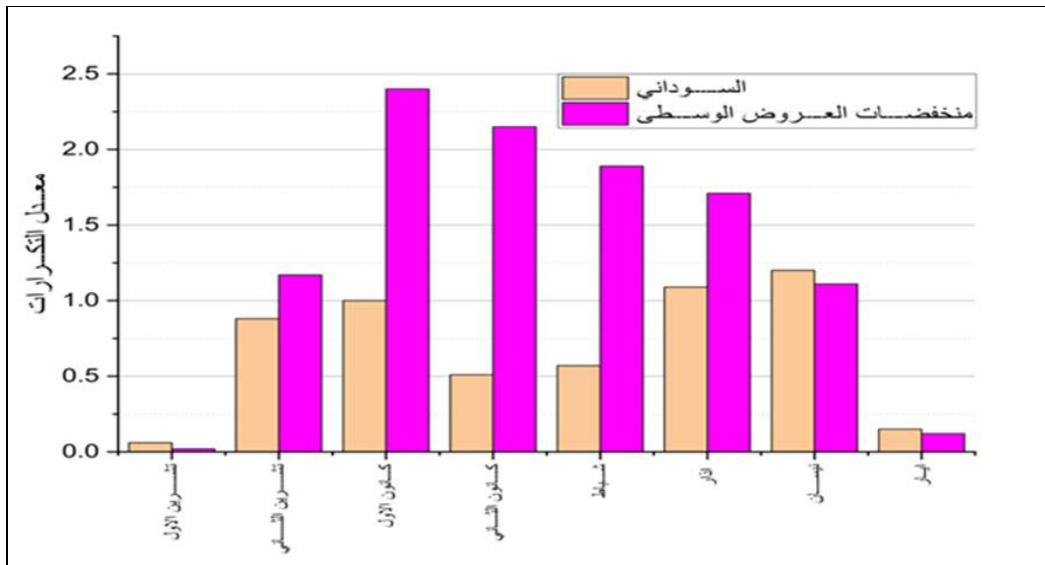
N.S = Sig \ \*\*\* = 0.001 غير معنوي

المصدر: تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع

نتائج اختبار M-K <https://www.psl.noaa.gov>

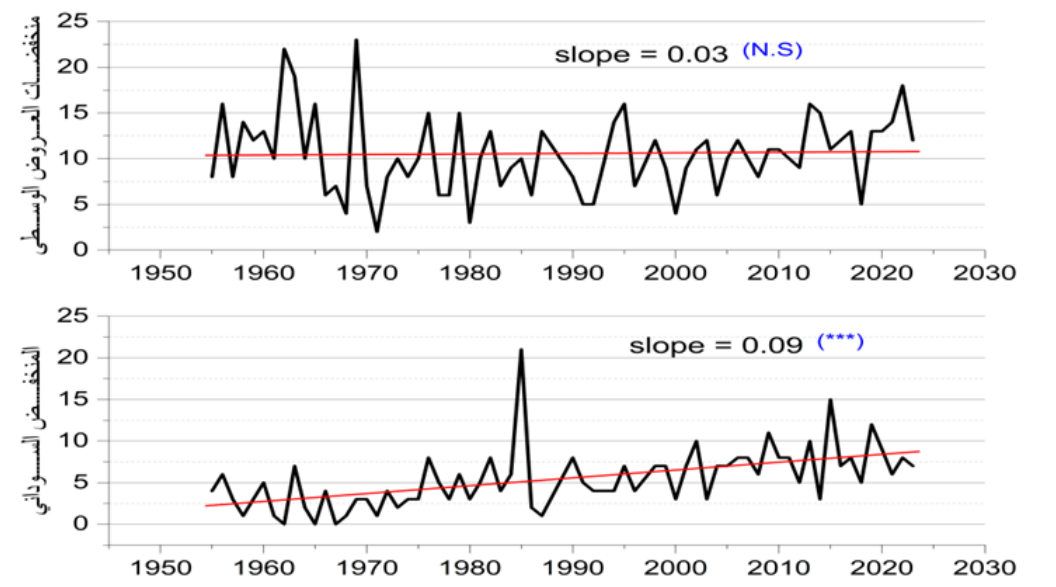
وبالنسبة لأقل معدل تكرار جاء مشابها لما جاء في النظام الجبهوي، إذ إن شهر تشرين الأول سجل أقل معدل تكرار للتيار النفاث القطبي وسط العراق وبلغ (٠.٠٦) يليه شهر أيار، وهذا مرده إلى ضعف حركة المنخفضات السطحية في الأشهر الانتقالية وما يتبعها من قلة تواتر المنظومات الشمولية المرافقة لها ومنها التيار النفاث القطبي.

من منظور إحصائي، تشير النتائج إلى وجود اتجاه يعكس زيادة في معدل تكرار التيار النفاث القطبي فوق الأقسام الوسطى من العراق في مدة البحث. وقد يفسر معدل الزيادة هذا كتعويض عن تراجع تكراراته جنوبا، وعلى الرغم من أن معدل التغير المرصود ضئيل في السلسلة الزمنية لتكرار التيار النفاث القطبي وسط العراق إلا أنه يشير إلى اتجاه مستمر نحو التغير كما موضحة في الشكل (٦)، إذ بلغ معدل الزيادة مع المنخفضات المتوسطة (٠.٠٣) تكرارا لكل موسم (٠.٣ للعقد). وبما يقارب (٣%) كزيادة نسبية سنويا لكنه لا يحقق شرط الأهمية الإحصائية. ومع المنخفض السوداني بلغ معدل الزيادة في تواتر الظاهر (٠.٠٩) وبمعدل زيادة نسبية (٩%) سنويا وذو قيمة معنوية إحصائية عند مستوى الدلالة (٠.٠١). أما بالنسبة لمعدل التغير الشهري فقد ظهر من نتائج تحليل السلسلة الزمنية لتكرار التيار النفاث القطبي فوق وسط العراق أنه لا يوجد اتجاه خطي معنوي ملحوظ في بياناتها في مدة البحث، إذ إن محدودية نطاق التكرارات لكل شهر قد أثرت نتائج نموذج الانحدارات الشهرية.



شكل (٥) المعدل الشهري لتكرار التيار النفاث القطبي وسط العراق.

المصدر: باعتماد جدول (٣)



شكل (٦) معدل التغير في تكرار التيار النفاث القطبي واتجاهاته وسط العراق

المصدر: باعتماد نتائج اختبار M-K

٣-٢-١-٣. شمال العراق

الى الشمال من العراق حيث اقل المعدلات تسجيلا لتكرار التيار النفاث القطبي نلاحظ أن شهر تشرين الأول يسجل أعلى معدلات التكرار في مدة البحث تزامنا مع بداية نشاط مؤثرات العروض العليا والوسطى كالكتل الهوائية الباردة وما يرافقها من مظاهر جوية عليا ومنها التيار النفاث القطبي. فمع المنخفض المتوسطي بلغ معدل التكرار للشهر (١.١١) تكرار لكل شهر في الموسم، في حين بلغ معدل التكرار مع المنخفض السوداني (٠.٥٧) تكرار/الشهر يشاركه في تلك القيمة شهر نيسان. أما اقل معدل تكرار سجلته الأشهر تشرين الأول وآيار مع النظام الجبهوي في حين سجلت أشهر الشتاء (كانون الثاني، شباط) أقل المعدلات تكرارا مع المنخفضات الحرارية وهي موضحة في الجدول (٤) والشكل (٧).

جدول (٤) المعدل الشهري لتكرار التيار النفاث القطبي واتجاهاته شمال العراق خلال مدة البحث

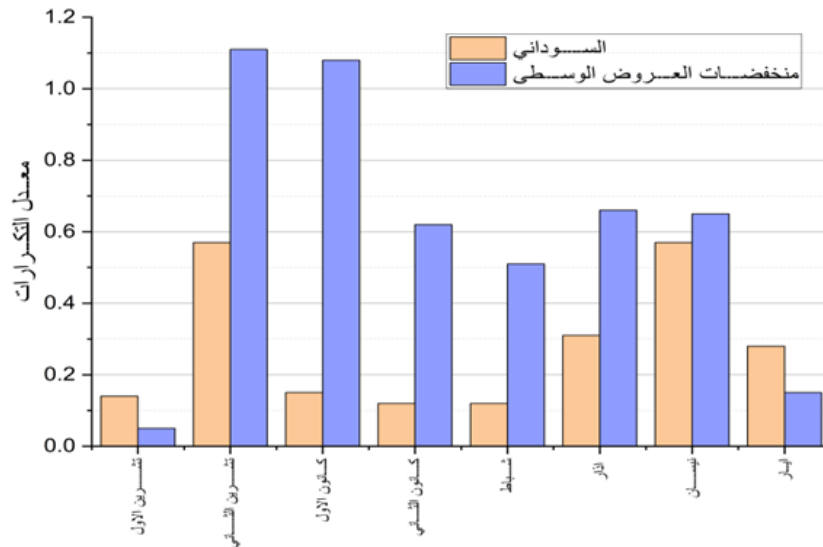
الحراري		الجبهوي		الأشهر
معدل الاتجاه	معدل التكرار	معدل الاتجاه	معدل التكرار	
n.s	0.14	n.s	0.05	تشرين الأول
	0.57		1.11	تشرين الثاني
	0.15		1.08	كانون الأول
	0.12		0.62	كانون الثاني
	0.12		0.51	شباط
	0.31		0.66	أذار
	0.57		0.65	نيسان
	0.28		0.15	ايار
	-	*** -0.08	-	المعدل

N.S = Sig \ \*\*\* = 0.001 غير معنوي

المصدر: تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع

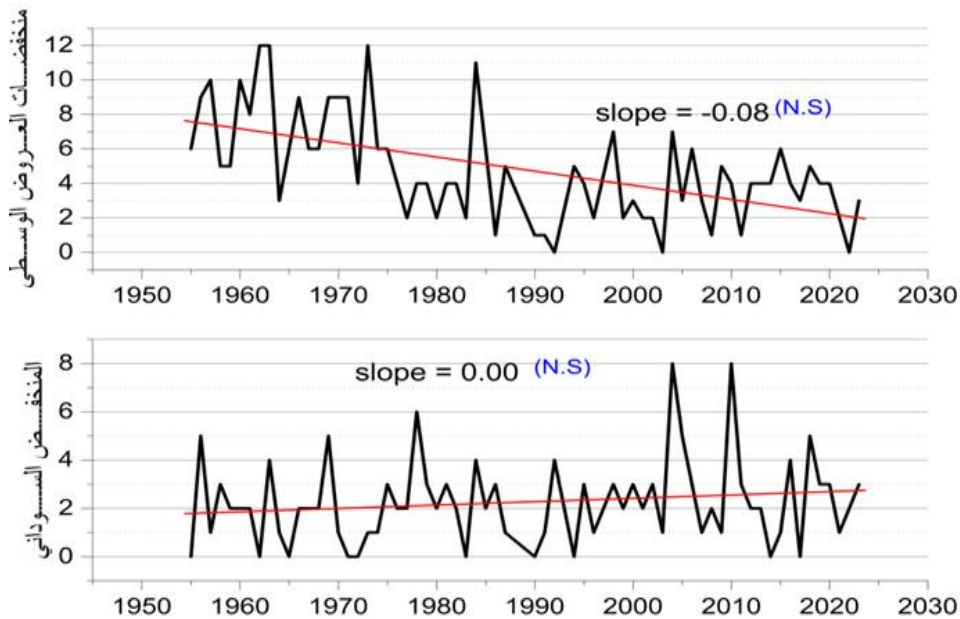
نتائج اختبار M-K <https://www.psl.noaa.gov>

فيما يتعلق باتجاه تواتر التيار النفاث القطبي فوق الأقسام الشمالية من العراق وبسبب قلة التكرارات الشهرية للظاهرة أثر ذلك على دقة نتائج فحص الاتجاهات الشهرية، إذ إن العدد المحدود من الحالات لا يتيح استخلاص نتائج ثابتة أو دقيقة وموثوقة وبمن ثم ظهرت السلسلة الزمنية مستقرة لكل أشهر الموسم المطري وبقيمة (٠.٠٠٠). أما بالنسبة لمجموع الظاهرة فقد ظهرت نتائج الاتجاه نحو الانحدار في تواتر التيار النفاث القطبي مع المنخفضات الفوق مدارية فقد بلغ معدل الانحدار (-٠.٠٠٨) تكرر لكل موسم وانخفاض نسبي يبلغ (٨%) وله أهمية معنوية عند مستوى الدلالة (٠.٠٠١) (شكل ٨).



شكل (٧) المعدل الشهري لتكرار التيار النفاث القطبي شمال العراق.

المصدر: باعتماد جدول (٤)



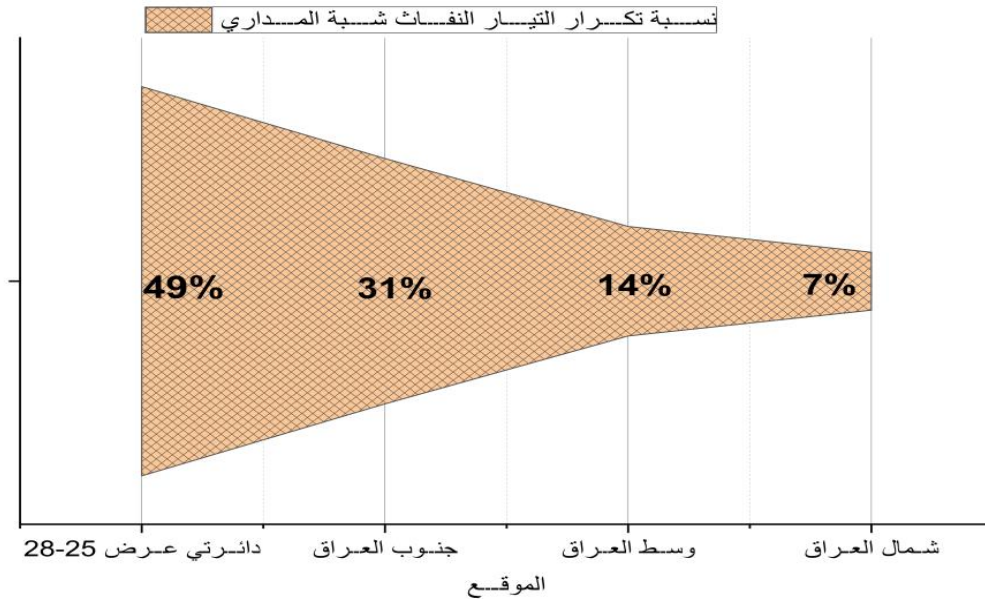
شكل (٨) معدل التغير في تكرار التيار النفاث القطبي واتجاهاته وسط العراق

المصدر: باعتماد نتائج اختبار M-K

إن النسبة الأكبر من تساقط الأمطار فوق العراق يرتبط بتواجد وتعرج التيار النفاث القطبي فهو يعمل على تعمق الأخدود الغربي منتصف التروبوسفير مما يسهل على السطح انتقال الهواء القطبي البارد إلى الشرق الأوسط، ويعزز مع التيار النفاث شبه المداري انتقال بخار الماء والكتل الهوائية الدافئة الرطبة من شرق المتوسط والمناطق الاستوائية إلى منطقة البحث، إذ يتكون التدرج الحراري الذي يسهم في تطور المنخفض الجوي الجبهي ومن ثم تخلق حالات عدم الاستقرار الجوي وتساقط الأمطار. كما أن التيار النفاث المحرك الرئيس للمنخفضات المتوسطة الجبهوية فوق العراق ومع انخفاض تواتره ضعف تكوين هذه المنخفضات وقلل من فرصة تكرارها فوق العراق ومن ثم أسهم في انخفاض مجاميع التساقط المطري والتغير في موسمية سقوطها، وارتفاع وتيرة الجفاف كما يتضح ذلك في نتائج الكثير من الدراسات.

### ٣-٢-٢. التيار النفاث شبه المداري

فيما يخص التيار النفاث شبه المداري فهو يرتبط بدرجة اقل مع المنخفضات الجوية السطحية المسببة للتهطل المطري مقارنة مع التيار النفاث القطبي (Timmermann, 2013) ولاسيما علاقته بالمنخفضات الجبهوية والتي يمكن تصنيفها استنادا إلى المعايير التحليلية على أنها شبه معدومة. كما أن سيادة التيار النفاث القطبي في معظم أيام الموسم المطري عمل على دفع التيار النفاث شبه المداري إلى الجنوب (الزنكنة، ١٩٩٦، صفحة ١٤٩) وخارج حدود العراق. وعند فحص الأيام المطيرة التي لا تترافق مع تعرج للتيار النفاث القطبي فوق العراق وباعتماد خط تساوي الحرارة أكبر من (-١١) درجة مئوية نجد أن التركيز الأعلى لتكرار التيار النفاث شبه المداري والمترافق للأيام المطيرة يقع ما بين دائرتي من (٢٥-٢٨) درجة شمالا وتقريبا عند الموقع النظري لخلية هادلي وبنسبة تكرار بلغت (٤٩%). ثم تتناقص نسبة التكرار كلما اتجهنا نحو الشمال، إذ بلغت نسبة التكرار (٣٨%) جنوب العراق و (١٤%) وسطه ثم أقل نسبة تكرار سجلت شمال العراق وبلغت (٧%). (شكل ٩).



شكل (٩) نسبة تكرار التيار النفثات شبه المداري فوق العراق للمدة (١٩٥٤ - ٢٠٢٣) تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع <https://www.psl.noaa.gov>

يمكن من التصنيف الشهري لمعدل تكرارات التيار النفثات شبه المداري، واكتشاف معدل اتجاهاتها فهم أكثر لخصائصه، ونحدد مدى تأثير التغير المناخي في ديناميكية.

### ١-٢-٢-٣ المنطقة الجنوبية (المتاخمة للعراق) وجنوب العراق

يعد تحليل تكرارات واتجاهات التيار النفثات شبه المداري ضمن هذه العروض (المنطقة المجاورة للعراق) ذا فائدة علمية خاصة في تفسير التغيرات المناخية المؤثرة على العراق، إذ يشير تواجد التيار النفثات شبه المداري وارتفاع معدل تكراراته الى تعزيز النفوذ المداري فوق العراق وتوجيهه للمنخفضات السودانية والرطوبة المدارية نحو منطقة البحث. من جانب آخر يؤدي إلى دفع المنخفضات الجبهوية وأنظمتها الشمولية نحو الشمال. يظهر من الجدول (٦) أن أعلى معدل تكرار للتيار النفثات شبه المداري ضمن المنطقة الجنوبية كان في الفصول الانتقالية في حين لم يسجل له تكرار في الأشهر الباردة وذلك؛ بسبب ضعف التيار النفثات القطبي في أشهر الربيع والخريف مما اضعف تأثيره في المنطقة الجنوبية، وفسح المجال أمام زيادة تكرارات التيار النفثات شبه المداري ضمن دائرتي عرض (٢٥-٢٨) درجة شمالاً وفوق جنوب العراق ليسجل في شهر نيسان اعلى معدل تكرار بلغ (١.٧١) تكرار لكل شهر يليه شهر تشرين الثاني فوق المنطقة المتاخمة لجنوب العراق. وسجل في شهر آيار اعلى معدل تكرار له فوق جنوب العراق وبلغ (١.٥٤) تكرار لكل شهر في مدة البحث.

## جدول (٥)

معدل تكرار ومعدل التغير للتيار النفثات شبه المداري للمنطقة الجنوبية في مدة البحث

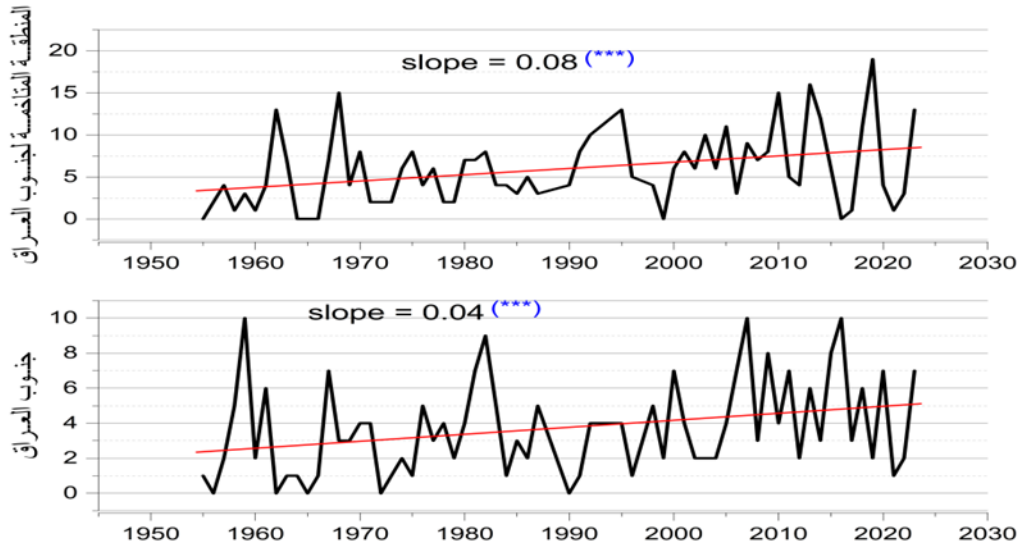
جنوب العراق	المنطقة المتاخمة لجنوب العراق ٢٥-٢٨ شمالاً	الاشهر
معدل التكرار	معدل التكرار	
1.08	1.08	تشرين الأول
0.37	1.42	تشرين الثاني
0.02	0.23	كانون الأول
0.00	0.00	كانون الثاني
0.00	0.00	شباط
0.02	0.28	أذار
0.71	1.71	نيسان
1.54	1.20	ايار
*** 0.04	*** 0.08	معدل التغير في التكرار

Sig \ \*\*\*= 0.01

المصدر: تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع <https://www.psl.noaa.gov> ونتائج اختبار M-K

في فصل الشتاء يتحرك التيار النفثات القطبي نحو الجنوب؛ بسبب ارتفاع التباين الحراري مما يجعله المهمين في الأشهر كانون الثاني وشباط ومن ثم اضعف تكرار التيار النفثات شبه المداري في هذه الأشهر. وحسبما ذكر (الزنكنة، ١٩٩٦، صفحة ١٤٩) أن تكرارات التيار النفثات شبه المداري تكون معاكسة في دينامكيتها لتكرارات التيار النفثات شبه القطبي، إذ إن الأخير تزداد تكراراته في فصل الشتاء مع المنخفضات الجبهوية مما يدفع التيار النفثات شبه المداري خارج حدود العراق ثم يضعف في الفصول الانتقالية في حين تزداد تكرارات التيار النفثات شبه المداري في هذه الفصول.

يوضح الشكل (١٠) معدل التغير في تكرار التيار النفثات شبه المداري للمنطقة الجنوبية المتاخمة للعراق، فمع ضعف التدرج الحراري بين القطب والاستواء وتراجع تكرار التيار النفثات القطبي نحو الشمال، وتعزيز التدرج الحراري ضمن النطاقات شبه المدارية زاد من تكرار التيار النفثات شبه المداري وبمعدل يبلغ (٠.٠٨) لكل موسم (٠.٨ لكل عقد) ذو نتيجة معتبرة احصائياً عند مستوى الدلالة (٠.٠١). وفوق جنوب العراق بلغ معدل التغير في تكرار التيار النفثات شبه المداري (٠.٠٤) يحقق شرط الأهمية الإحصائية عند مستوى الدلالة (٠.٠١).



شكل (١٠) معدل التغير في تكرار التيار النفاث شبه شبه المداري فوق المنطقة الجنوبية

المصدر: اعتمادا على نتائج اختبار M-K

٣-٢-٢-٢. وسط العراق وشماله

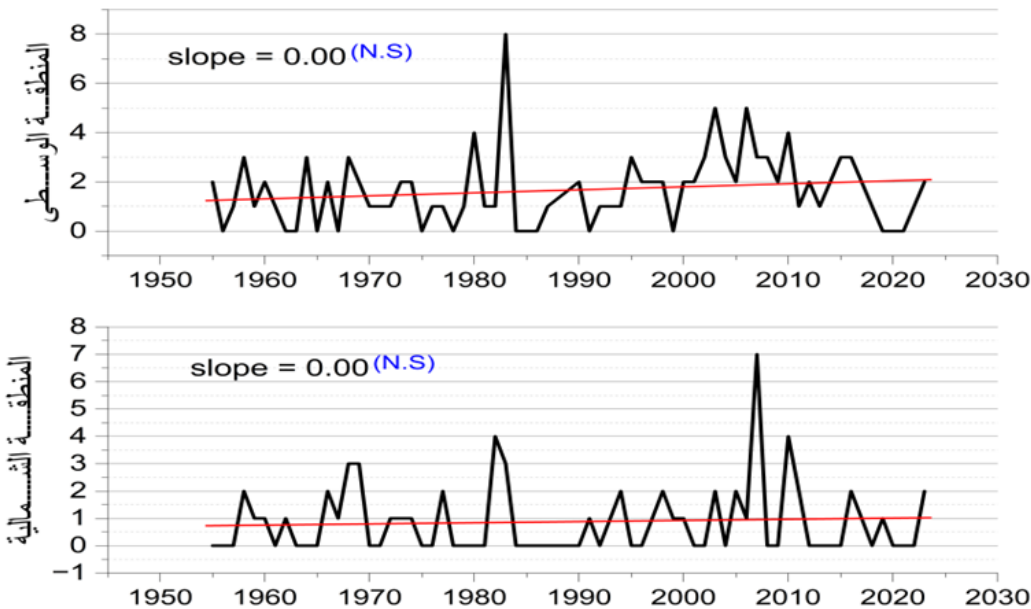
يوضح الجدول (٦) التكرارات الشهرية للتيار النفاث شبه المداري وسط العراق وشماله ومعدل التغير في تواتره. والملاحظ أن أعلى معدل للتكرار سجل في شهر آيار وهو يتوافق مع نشاط التيار النفاث شبه المداري في هذا الشهر، وتمكنه من تسجيل تكرارات له وسط العراق وشماله، إذ بلغ معدل التكرار (٠.٨٦ و ٠.٦٠) تكرار لكل شهر في مدة البحث للمنطقة الوسطى والشمالية على التوالي. يليه شهر تشرين الأول. ولم يشهد التيار النفاث شبه المداري أي تكرار له في الأشهر من كانون الأول الى آذار، إذ ينشط التيار النفاث القطبي فيها. وبالنسبة لمعدل التغير كما مبين في الشكل (١١) فهو غير معنوي وبقيمة (٠.٠٠) بمعنى أن تكرارات التيار النفاث شبه المداري لم تتغير بشكل ملحوظ كما موضحة في الشكل والذي يظهر أن هناك ارتفاعا طفيفا في معدل التكرار لكن نتيجة الاختبار الاحصائي لا تظهر وجود اتجاه ذي دلالة إحصائية، حيث إن اختبار (M-K) يرفض الزيادة الطفيفة، والتي قد تكون ناتجة عن قيم متطرفة ولا يعدها اتجاهها حقيقيا لارتفاع تكرارات التيار النفاث شبه المداري وسط العراق وشماله.

جدول (٦) معدل تكرار ومعدل التغير للتيار النفث شبه المداري للمنطقة الوسطى والشمالية في مدة البحث

الاشهر	المنطقة الوسطى معدل التكرار	المنطقة الشمالية معدل التكرار
تشرين الأول	0.63	0.25
تشرين الثاني	0.09	0.02
كانون الأول	0.00	0.00
كانون الثاني	0.00	0.00
شباط	0.00	0.00
أذار	0.00	0.00
نيسان	0.08	0.02
ايار	0.86 N.S	0.60 N.S
معدل التغير في التكرار	0.00	0.00

Sig \ N.S = غير معنوي

المصدر: تحليل الخرائط الحرارية للمستوى الضغطي (٥٠٠) هكتوباسكال المنشورة على موقع <https://www.psl.noaa.gov> ونتائج اختبار M-K



شكل (١١) معدل التغير في تكرار التيار النفث شبه المداري فوق المنطقة الوسطى والشمالية من العراق

المصدر: اعتماد نتائج اختبار M-K

إن التغيرات التي تم رصدها في ديناميكية التيار النفاث تساعد في فهم اتجاهات التحول وتقويمها في مناخ العراق، حيث إن انخفاض تكرار التيار النفاث القطبي فوق العراق أدى دورا رئيسا في انخفاض تكرار المنخفضات الجبهوية والتي كانت مصدرا رئيسا للامطار ولاسيما في فصل الشتاء، إذ تراجعت شدتها وفعاليتها؛ بسبب ضعف التيار النفاث الذي كان يغذيها بالطاقة الحركية، وأسهم بالكثير منها بتغير مساراتها بعيدا عن العراق (الساعدي، ٢٠٢١) مما يفسر انخفاض التساقط المطري. أما ارتفاع تكرارات التيار النفاث شبه المداري ولاسيما جنوب العراق الأكثر حساسية للتغير المناخي فقد يسهم في ارتفاع مجاميع التساقط المطري او ارتفاع حدة الجفاف في آن واحد، حيث إن ارتفاع تكراراته مرتبط بتوسع خلية هادلي، والتي تدفع الأنظمة المناخية شبه المدارية نحو الشمال؛ لذلك تعززت المنخفضات السودانية في الفصل المطير ولاسيما الفصول الانتقالية (فترة نشاطها ونشاط تكرارات التيار النفاث شبه المداري) مما يزيد من فرصة التساقط المطري. من جانب آخر يسهم التيار النفاث شبه المداري في إضعاف نشاط المنخفضات المتوسطة (Gaetani, M, ٢٠١١) ودفعها نحو الشمال. كما أنه يعزز تكرار الكتل الهوائية الحارة الجافة مما زاد من حالات التبخر، وارتفاع حدة الجفاف التي يعاني منها جنوب العراق، ويسهم أيضا في تضخيم الانبعاث المداري، والذي يشكل حاجزا أمام تقدم المنخفضات الرطبة نحو العراق فقد أشار (لفته، ٢٠٢٠) الى دور التيار النفاث شبه المداري في ارتفاع سيطرة المرتفعات الجوية مما أدى إلى انخفاض تكرار المنخفضات الجبهوية المسببة للتساقط المطري فوق العراق في الفصل البارد.

### الاستنتاجات

١. توصل البحث إلى أن اعتماد المعايير الحرارية (خط -١٧°C للتيار القطبي المرتبط بالجبهة الباردة، وخط -١١°C للتيار شبه المداري) يُعد منهجية فاعلة في تمييز نوعي التيار النفاث فوق العراق، فقد اكدت النتائج تطابق هذه العتبات الحرارية مع الأنماط الجوية المرصدة، مما يدعم دقة التصنيف، ويحسن القدرة على تحديد نوع التيار النفاث، وربط خصائصه بآليات التساقط المطري.
٢. يشترط تواجد التيار النفاث القطبي في جميع حالات التساقط المطري الناتج عن منخفضات العروض الوسطى الجبهوية. في حين نجد أن ٦٠.٥% من امطار المنخفضات السودانية ترتبط بتواجد التيار النفاث القطبي فوق العراق.
٣. بلغت أعلى نسبة تكرار للتيار النفاث القطبي جنوب العراق بواقع (٥٨.٨%) تتدرج بالانخفاض كلما اتجهنا شمالا حيث وصلت نسبة تكراره شمال العراق إلى (12.9%).

٤. تظهر نتائج البحث تراجعاً ملحوظاً في تكرار التيار النفاث القطبي، إذ سجلت المنطقة الجنوبية تراجعاً بمقدار ٢٦% مع منخفضات العروض الوسطى و٤% مع المنخفضات السودانية، في حين تراجع تكراره فوق المناطق الشمالية إلى ٨% مع المنخفضات الجبهوية (٠.٠٠٠ مع المنخفضات السودانية شمال العراق).
٥. تشهد المنطقة الوسطى من العراق ارتفاعاً ملحوظاً في تكرار التيار النفاث القطبي، وبمعدل زيادة نسبي بلغ (٣%) مع منخفضات العروض الوسطى، في حين بلغ معدل الارتفاع النسبي مع المنخفضات السودانية (٩%) في مدة البحث.
٦. يسجل التيار النفاث شبه المداري والمقترن مع المنخفضات السودانية فقط أعلى معدل تكرار له ضمن المنطقة الجنوبية المجاورة للعراق بين دائرتي من (٢٥-٢٨) درجة شمالاً وتقريباً عند الموقع النظري لخلية هادلي وبمعدل تكرار نسبي يبلغ (٤٩%)، انخفضت نسبة التكرار جنوب العراق إلى (٣١%). وتتراجع نسبة التكرار أكثر وسط العراق وجنوبه، وبمعدل تكرار نسبي يبلغ (١٤%) (٧%) لكل منهما.
٧. أظهرت النتائج زيادة معنوية في معدل تكرار التيار النفاث شبه المداري ضمن المنطقة الجنوبية، إذ بلغ معدل التكرار السنوي النسبي (٨%) ضمن المنطقة الجنوبية المتاخمة للعراق، أما جنوب العراق فقد بلغت معدل الزيادة النسبية نحو (٤%) في مدة البحث. في حين حافظت تكرارات التيار النفاث شبه المداري على استقرارها وسط العراق وشماله وبواقع (٠.٠٠٠)

### المراجع

- البخيت ، عبد العزيز. (٢٠١٧). أثر موقع التيار القطبي النفاث على الأمطار في سوريا. مجلة جامعة دمشق، صفحة ١٢.
- الزنكنة ، ليث محمود. (١٩٩٦). موقع التيار النفاث وأثره في منخفضات وامطار العراق. ١٣٥. جامعة بغداد، كلية الآداب، قسم الجغرافية.
- الساعدي ، زهراء كريم. (٢٠٢١). أثر تغير المناخ في تغير المنظومة الضغطية المتوسطة فوق العراق وآثارها المناخية. ٧٢. جامعة البصرة، كلية التربية، قسم الجغرافية.
- السامرائي ، قصي عبد المجيد. (٢٠٠٧). مبادئ الطقس والمناخ. الاردن: دار اليازوردي.
- لفته ، عبد العباس عواد. (٢٠٢٠). أثر تغير خصائص التيار النفاث شبه المداري وانعكاساتها على امطار العراق للمدة ١٩٥٥ - ٢٠١٧. مجلة كلية التربية (٤١)، صفحة ٤٠٣.
- A. I. Eltantawy. (1960). jet stream clouds in the middle east, dept. Of astronomy, faculty of science. cairouniversity, giza.
- Ahrens, & Henson. (2017). An introduction to weather climate and the environment (Vol. 12). USA: Cengage, Boston.

- Ahrens, C. (2017). *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere* (Vol. 8). UAS: Cengage Learning.
- Ahrens, C., & Henson, R. (2017). *Henson, Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere* (Vol. 12). USA: Cengage Learning.
- C. E Christenson. (2013). A synoptic-climatology of Northern Hemisphere polar and subtropical jet superposition events. M.S. thesis, Dept. of Atmospheric and Oceanic Sciences.
- Farajzadeh, M. e. (2008). The Relation Between Jet Stream Location and Cyclones Over the Western. *American Journal of Applied Sciences*(5)
- Gaetani, M. (2011). Jetstream and rainfall distribution in the Mediterranean region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*(11)
- Gaetani, M. (2011). Jetstream and rainfall distribution in the Mediterranean region. *Natural Hazards and*(11)
- larry e Freeman، و james s. Perkins. (1998). air force weather agency/dnt, nebraska, this technical note is a compilation of various techniques in forecasting (surface weather elements - flight weather elements and-convective weather). USA.
- Liu, X. (2021). Regional Characteristics of Variability in the Northern Hemisphere Wintertime Polar. *Journal of Geophysical Research*.
- Matthew Timmermann. (2013). *General Meteorology and Surface Weather Observations*. USA: Extension Course Program (A4L) Air University.
- N. G. Prezerakos. (2006). The role of the interaction between polar and subtropical jet in a case of depression rejuvenation over the Eastern Mediterranean. *Meteorol Atmos Phys*(92).
- Rohli, R., & Vega, A. (2018). *Climatology* (Vol. 40). USA: Jones & Bartlett Learning.
- SINGH, M. S. (1980). Tropospheric structure and jet-streams over the Middle-East in winter. *Meteorological Office*(31).
- Stull, R. (2017). *Practical Meteorology an Algebra-Based Survey of Atmospheric Science*. Canada: the University Of British Columbiavancouver.
- Uri Dayan. (1983). Heavy Rain in the Middle East Related to Unusual Jet Stream Properties. *Earth Science Institute Department of Atmospheric Sciences*(64)
- Winters A. C، و Martin J. E. (2014). The role of a polar/subtropical jet superposition in the May 2010. *Wea. Forecasting*(29)