

التغيرات الموسمية والسنوية لهطول الأمطار في العراق خلال المدة ١٩٩٢-٢٠١٠

أ.م.د. عبد السلام محمد مايل الجفيفي

جامعة بغداد/ كلية التربية ابن رشد للعلوم الإنسانية قسم الجغرافية

Email: abdalsalammail64@yahoo.comThis work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الملخص :

يعاني العراق من موجات جفاف حادة، وهي سمة متأصلة في ظروفه المناخية المتغيرة ، فلنقص الماء تأثير سلبي في الأراضي الزراعية ويرتبط مع ارتفاع مخاطر التصحر. ومن ثم فإن تحديد ظروف الرطوبة على مدى مدة متعددة السنوات يمثل قضية صعبة. في هذه الورقة حلل أرقام هطول الامطار الشهرية والسنوية من عشرين محطة ارساد جوية في العراق من أجل توفير نظرة ثاقبة على الاختلافات الموسمية والسنوية للتغيرات السنوية والاتجاهات الزمنية في هطول الامطار خلال المدة ١٩٩٢-٢٠١٠. طبق اختبار Mann-Kendall غير القائم على الترتيب في الكشف عن الاتجاهات في السلسلة السنوية واستخدم خط Kendall-Theil القوي لقياس حجمها. وتظهر إحصائية اختبار Mann-Kendall قيمة سلبية لجميع المحطات وهذا يؤكد على اتجاه تغير المناخ نحو ندرة الأمطار. تظهر معظم المحطات مستوى عاليًا من الأهمية يزيد عن ٩٥٪، في حين اكتشفت إشارة تجفيف في محطات العمارة وبغداد وصلاح الدين فقط. معدل التغير في العراق يصل إلى ٣.٥٪ من متوسط معدل الأمطار السنوي المحسوب للسنوات ١٩٩٢-٢٠١٠.

الكلمات المفتاحية: تهطل الامطار ، التباين ، انخفاض الاتجاهات ،موجات الجفاف، العراق

Seasonal and Annual Changes of Rainfall in Iraq**During the Period from 1992 to 2010****Asst.Prof.Dr.Abdulsalam Mohammed Mayal Al-Jughafi****University of Baghdad/College of Education /Ibn Rushd for Human Sciences****Department of Geography****Email : abdalsalammail64@yahoo.com****Abstract**

Iraq is suffering from severe drought, a feature inherent in its changing climatic conditions. Water shortage has a negative impact on agricultural land and is associated with high desertification risk. Thus, the determination of moisture conditions over a multi-year period represents a difficult issue. In this paper, monthly and annual precipitation figures from 20 meteorological stations in Iraq were analyzed to provide insight into the seasonal and annual variations of annual changes and time trends in rainfall during the period 1992-2010. The Mann-Kendall non-ranking test was applied to trend detection in the annual series and the Kendall-Theil line was used to measure its

size. The Mann-Kendall test scores show negative values for all stations and this confirms the trend of climate change towards scarcity of rainfall. Most stations show a high level of significance over 95%, while a drying signal was detected at the stations of Amara, Baghdad and Saladin only. The rate of change in Iraq is 3.5% of the average annual precipitation calculated for the years 1992-2010.

Keywords: Declining trends, Drought, Iraq, Precipitation, variance.

المقدمة:

تعد المياه ذات أهمية كبيرة في المجتمعات البشرية، وهي محرك رئيس للنمو والتنمية المستدامة (Gray et al, 2013,p.1-10). يعتمد الأمن المائي الأساسي على توافر موارد المياه العذبة، التي أصبحت في المناطق القاحلة وشبه القاحلة أكثر ندرة من أي وقت مضى، ومن ثم لا تفي بمتطلبات السكان المحليين. يرتبط انعدام الأمن المائي بندرة المياه السائلة (المياه الزرقاء) أو مياه الأمطار التي تتسرب إلى التربة (الماء الأخضر) (Falkenmark, 2013,p.1-14). قد ينشأ نقص المياه من الظواهر المناخية واضطرابات دورة المياه على المستوى المحلي أو الإقليمي أو العالمي. من الواضح أن التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة وهطول الأمطار التي تغذي موارد المياه الأرضية قد تؤدي إلى تغييرات في توافر موارد المياه السطحية والجوفية في منطقة ما، مع ما يترتب على ذلك من آثار على الزراعة والإنتاج الغذائي وإمدادات المياه للبلديات والصناعة، وفعالية تخطيط وإدارة الموارد المائية. من المرجح أن يزداد متوسط التساقطات السنوية العالمية بحلول نهاية القرن، ولكن من المتوقع أن تتفاوت التغيرات الإقليمية تفاوتاً كبيراً (IPCC 2013). قد تصبح بعض المناطق أكثر جفافاً بسبب درجات الحرارة المرتفعة وانخفاض هطول الأمطار (Zakaria, 2013,p.1574-1594). في هذه الظروف المتحولة، من المرجح أن يظهر نقصاً حاداً في المياه ويهدد معيشة المجتمعات. من المتوقع أن يرتفع المعدل العالمي للتساقط السنوي حتى نهاية القرن، على الرغم من أن التغيرات في كمية الأمطار وكثافتها ستختلف اختلافاً كبيراً حسب المنطقة. و فيما يتعلق بالأراضي العراقية، كشف عن الاتجاهات الإيجابية في متوسط السلاسل السنوية لدرجات حرارة الهواء في مدتين منفصلتين، ١٩٤١ - ١٩٨٠ و ١٩٩٥ - ٢٠١٣ (Muslih, Błażejczyk, 2016,p. 583-596). استناداً إلى بيانات من سبعة محطات للأحوال الجوية في أنحاء البلاد جميعها، كشف عن مدة الاحترار الحالية على العراق، التي بدأت في منتصف السبعينات من القرن العشرين. وحددت أقوى اتجاهات الاحترار في أشهر الصيف. وقد حققت بعض الدراسات الأخرى في تقبلات هطول الأمطار فوق العراق في سياق التباين المكاني والزمني (AI-(Salihi. A.M et al, 2014,p.153-168). تحليل هطول الأمطار السنوي والموسمي بين عامي ١٩٨١ و ٢٠١٠. كشف عن اتجاه تنازلي في التهطل السنوي في غالبية المحطات في العراق؛ ومع ذلك، لوحظ أيضاً وجود اتجاه تصاعدي في محطات مختارة. حدثت نقطة التغير في هطول الأمطار السنوي في السلاسل الزمنية المحددة في 1990s. أجريت تحقيقات أخرى من قبل (Azooz. A.A. and S.K. Talal,2015,p. 66-73). ل ٤ محطات مختارة، تغطي مدة زمنية من قرن واحد. وقد أثبت وجود اتجاهات محددة في متوسط درجات حرارة الهواء الشهرية وهطول الأمطار الشهرية لأربع محطات أرصاد جوية رئيسية في العراق. لقد تنبأ بزيادة في درجة

الحرارة تبلغ ما يقرب ٢.٢ درجة مئوية بحلول عام ٢٠٥٠ وانخفاض بنسبة ٢٥ ٪ في معدل هطول الأمطار بالمقارنة مع ١٩٠٠. تظهر التحليلات أن التغيرات المناخية في العراق كان لها تأثير كبير في موارد المياه الإقليمية والمحلية ، سواء من حيث المياه الزرقاء أو الخضراء (AI- (Ansari et al, 2014,p.250–263), (Osman et al,2014,p.948–959), (Abbasa et al, 2016,p.716-732), (Shubbar et al, 2016,p.918-927). في حين أن غالبية الدراسات الحالية حققت في تغيرات هطول الأمطار في العراق من خلال تحليل السلسلة الزمنية في مواقع مختارة من أجهزة قياس الأمطار باستخدام نافذة زمنية تمتد من عدة عقود حتى قرن ، تركز هذه الدراسة على المدة من عام ١٩٩٢ إلى عام ٢٠١٠. كان السبب وراء اختيار هذه المدة هو اكتشاف وتقدير حجم الاتجاهات الحالية في سلسلة زمنية الهطول في الفترة الأخيرة ولبدء التحليل من نقطة فاصل عندها شذوذات سنوية عالية على نطاق عرضي عند ٣٠ درجة تقريباً وقع خط العرض الشمال ، كما ثبت من قبل (Hartmann. DL. et al, 2013,p.83). في الواقع ، تعنى هذه الدراسة بمدى توفر التباين السابق لهطول الامطار على معلومات عن أحدث الاتجاهات وتعطي في نفس الوقت نظرة ثاقبة على المخاطر المحتملة للمستقبل. تعتبر نتائج تحليل الاتجاهات في سلسلة التهطل مهمة لصانعي السياسات وإدارة الموارد المائية والزراعة.

-البيانات والطرائق:

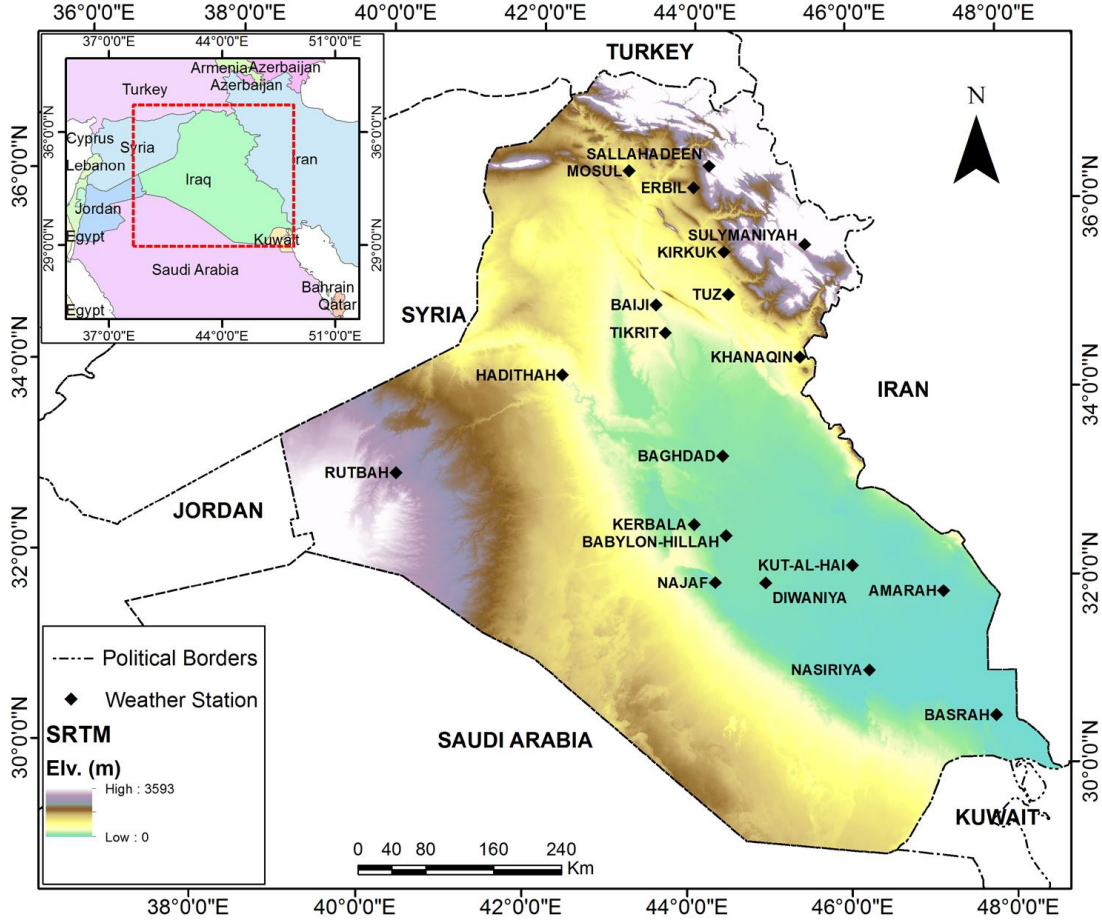
استخدمت بيانات هطول الأمطار الشهرية والسنوية في السنوات ١٩٩٢-٢٠١٠ من عشرين محطة للأرصاد الجوية في العراق (الشكل ١ ، الجدول ١) يقع بشكل رئيس في الجزء الأوسط والشرقي من البلاد. من أجل توصيف التباين الموسمي لهطول الامطار في مناطق مختلفة من العراق ، حلت متوسطات الحد الأقصى ، والحد الأدنى من الأمطار الشهرية المسجلة في محطات مختارة في جميع أنحاء البلاد وتميزت في مدة السنوات المتعددة ١٩٩٢ - ٢٠١٠.

من أجل الكشف عن اتجاهات التحفيف في هطول الأمطار السنوي ، طبق اختبار Mann-Kendall غير المعتمد على الترتيب. ويستخدم هذا الاختبار على نطاق واسع للكشف عن الاتجاه في السلسلة الزمنية المائية والارصاد الجوية (Radziejewski, Kundzewicz, 2004a,p.39-51) وطبق في دراسات مختلفة قبل تلك (على سبيل المثال) (Mondal et al, 2012,p.70-), (Longobardi, Villani, 2010,p.1538–1546). The HYDROSPECT software استخدم برنامج (78, (Duhan, Pandey, 2013,p.136–149) (Radziejewski, Kundzewicz 2004b,p.1-14) لحساب إحصاء اختبار Mann-Kendall والدلالة الإحصائية. وتتوافق مستويات الأهمية بين ٩٩.٩٪ و ٩٩٪ و ٩٥٪ مع إحصائيات الاختبار ٣.٢٩٠ و ٢.٥٧٥ و ١.٩٦٠ على التوالي. رفضت الفرضية القائلة بعدم وجود أي اتجاه عندما تكون قيمة إحصائية الاختبار أكبر في القيمة المطلقة من القيمة الحرجة عند مستوى معين من الأهمية. تشير القيم السلبية لإحصائية الاختبار إلى اتجاهات منخفضة في هطول الامطار.

طبق خط Kendall-Theil القوي لتحديد حجم الاتجاهات المحددة (Theil,H,1950,p.1397–1412) (Helsel, Hirsch, 2002,p. 522) ، لأن هذه الطريقة أقل حساسية للقيم المتطرفة بالمقارنة مع الانحدار الخطي

البسيط. استعمل برنامج (Kendall-Theil Robust Line (KTRLine-version 1.0) الذي طوره المسح الجيولوجي الأمريكي، كانت تستخدم في الحساب (Granato, 2006,p. 31).

الشكل ١. موقع محطات الأرصاد الجوية في جميع أنحاء العراق على خلفية من DEM ..



المصدر: من عمل الباحث بالأعتماد على (USGS (2004).

جدول ١. الهطول السنوي (ملم) في محطات الأرصاد الجوية في العراق المسجلة في السنوات ١٩٩٢-٢٠١٠

المحطة	درجة خط العرض	درجة خط الطول	الارتفاع (م) عن مستوى سطح البحر	السنوات						
				١٩٩٢	١٩٩٣	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨
البصرة	٣٠,٥٢	٤٧,٧٨	٢	١٦٥	١٧٨	١٥٣	١٣٢	٢١٤	٢٣٣	٧٤
العمارة	٣١,٨٥	٤٧,١٧	٩	١٩١	١٨٠	١٧٧	١٢٥	٣٢٤	٢٥٣	٢١١
الناصرية	٣١,٠٢	٤٦,٢٣	٣	١١٥	١١٨	١١٠	١١٢	١٨	١٦٠	١٥٣
الحيكوت	٣٢,١٣	٤٦,٠٣	١٥	١٤٠	١٨٢	١٨١	٧٢	٢٣٤	١٦٠	٩٨
الديوانية	٣١,٩٥	٤٤,٩٥	٢٠	١١٢	١٩٢	١٤٨	١٠٣	١١٧	١١٣	١٠٨
النجف	٣١,٩٥	٤٤,٣٢	٣٢	١١٢	١٧٠	١٤٨	٦٤	٩١	١٤٣	٨٤
كربلاء	٣٢,٥٧	٤٤,٠٥	٢٩	١٠٠	١١٥	٩٨	١٠٠	١٢٦	١٣٩	١٠٠
الحلة	٣٢,٤٥	٤٤,٤٥	٢٧	١٣١	١١٥	١٢٤	٩٨	١٢٠	٩٩	٩٦
بغداد	٣٣,٣	٤٤,٤	٣٤	٨٨	١٩٣	١٥٣	٩٧	٩٨	١١٤	١١٦
حديثة	٣٤,١٣	٤٢,٣٥	١٤٠	١٣٢	١٦٢	٢٢٢	١٦٦	١٧٩	٢٢٠	٩١
الربطبة	٣٣,٠٣	٤٠,٢٨	٦١٥	١١٥	١٣١	١٧٥	٢٣٠	١٣٣	٢٣٧	٨١
كركوك	٣٥,٤٧	٤٤,٤	٣٣١	٦٦٩	٥٩٥	٣٦٥	٢٨٦	٣٩٩	٤٩٥	٢٨٨
بيجي	٣٤,٩	٤٣,٥٣	١٥٠	٢٦٦	٣٧٧	٢٠٧	١٦٨	٢١٩	٢٥٨	١٢٢
الموصل	٣٦,٣٢	٤٣,١٥	٢٢٣	٥٧٧	٦٣٣	٤٤٠	٢٩٦	٥٢٩	٣٦١	٢٢٢
أربيل	٣٦,١٥	٤٤	٤٢٠	٦٦٢	٦٠٢	٥٦٩	٣٧٩	٤١٤	٤٤١	٣٣٨
صلاح الدين	٣٦,٣٨	٤٤,٢	١٠٨٨	٥٥٧	٦٤٤	٩٢٧	٤٥٣	٤٨٦	٦٧٤	٥٩٧
سليمانية	٣٥,٥٥	٤٥,٤٥	٨٥٣	١٠٠٨	٨٧٤	٩٥٣	٦٥٩	٧٨٧	٨٥٥	٦٢٤
خانقين	٣٤,٣٥	٤٥,٣٨	٢٠٢	٢٨٧	٣٥٥	٣٩٦	٣٨٦	٢٨٢	٤٠٨	٢٦٩
الطوز	٣٤,٨٨	٤٤,٦٥	٢٢٠	٤٧٧	٤٧٨	٤٢٠	٢٦٦	٢٨٥	٣٨٣	٢٠١
تكريت	٣٤,٥٨	٤٤,٣	١٠٧	٢٨٢	١٩٨	٢٣٨	٢٠١	٢٠٣	٢٤٤	٨٣

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية وعلم الزلازل في العراق ، ٢٠١٤ ، بيانات الامطار ، وزارة النقل ، بغداد ، العراق.

جدول ١. الهطول السنوي (مم) في محطات الأرصاد الجوية في العراق المسجلة في السنوات ١٩٩٢-٢٠١٠. تابع.

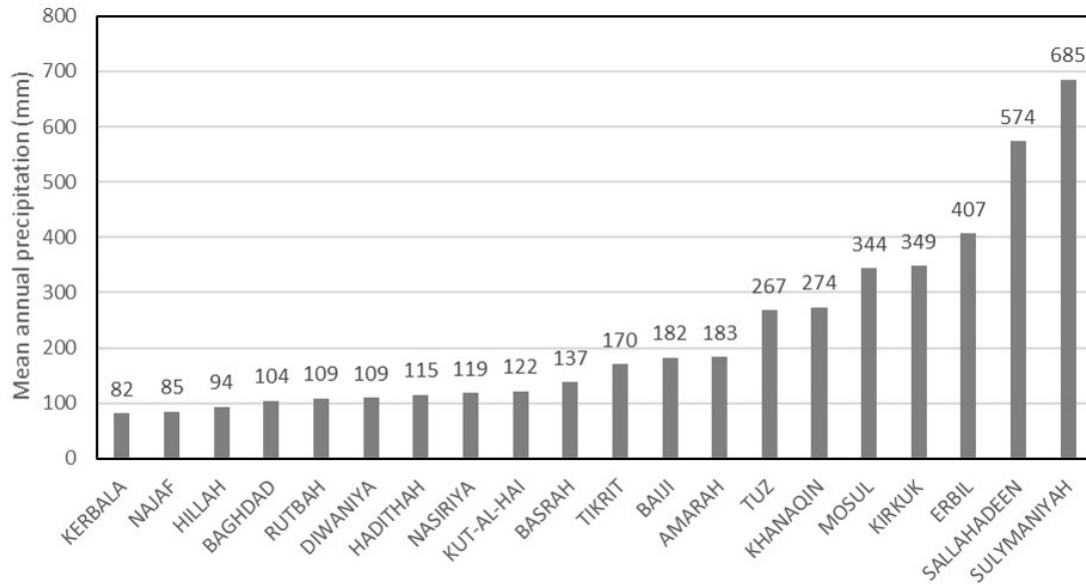
السنوات												المحطة
٢٠١٠	٢٠٠٩	٢٠٠٨	٢٠٠٧	٢٠٠٦	٢٠٠٥	٢٠٠٤	٢٠٠٣	٢٠٠٢	٢٠٠١	٢٠٠٠	١٩٩٩	
٣٢	٩٠	٦٧	١٣٩	١٧٤	٩٦	١٨٤	٩٢	٩٠	١٢٧	١٣٠	٢٣٩	البصرة
١٢٥	١٤٩	١٢٠	٣٤	٢٥١	١٥٨	٣٢٧	١٢٨	٨٩	١١٠	٢٠١	٢٢٨	العمارة
٥٨	٥٧	٦٦	١١٣	٢٤٦	١٠٦	٩٩	٨٨	١٥١	٦٣	١٠٨	١٥٧	الناصرية
٨٠	٨٥	٨٨	٦٥	١٧٩	١٠٦	١١٧	١٠٢	١٣٧	٦٧	٨٩	١٣١	الحي كوت
٤٩	٤٦	٤٤	٤٤	١٠٧	١٠١	٥٧	١٣٢	١٨٦	٩٣	٢٢٣	٩٩	الديوانية
٤٢	٤٩	٣٧	٣٦	١٩١	٧١	٥١	٨٣	٦٤	٧٥	٥٥	٤٩	النجف
٦١	٤٨	٦٦	٤٠	٩٦	٦٨	٦٣	٩٥	٧٨	٨٤	٤٢	٤١	كريلاء
٦٢	٥٥	٤٤	٤١	١٧٠	٧٣	٧١	١٤٦	١٠٣	٨١	٨٥	٦٦	الحلة بابل
٩٣	٦٨	٥٩	٩٩	١٦٢	١٠٨	١١٩	١١٠	٩٧	٨٢	٦٨	٥٩	بغداد
٣٣	٣٩	٣١	٤٠	٦٨	٩٠	١٠٥	١٤٢	١٤٢	١٤٨	٩٩	٨٤	حديثة
١٠٩	٢٣	٧٣	٧٢	٩٤	٨٦	٥٧	٩٦	١٠٤	١٠٣	٨٤	٦٣	الربطبة
٢٦٧	٢٢٦	١٣٥	١٧٣	٤٥٨	٢٤٩	٣١٢	٥١٣	٤٦٢	٢٧٧	٢٣٤	٢٣٠	كركوك
٧١	٤٦	٦٤	١٧٣	٣١٣	١٤٢	١٨٩	٢٢١	٢١١	١٥٥	١٥٣	١١١	بيجي
٢٤١	٢٢٤	٢١٦	١٩٤	٥١١	٢٩٥	٣٥٧	٣٤٠	٣٩١	٢٦٢	٢٧٣	١٧٧	الموصل
٣٢٤	٣١٢	٢٩٨	٢٧٣	٥١٣	٢٩٣	٤٧٤	٤٨٥	٥٤٤	٣٢٦	٢٦٦	٢٢٦	أربيل
٤٦٣	٤٤٢	٤٣٢	٤٤٨	٨١١	٥١١	٧٥٣	٦٨١	٧٦٩	٤٩٣	٣٥٠	٤١٨	صلاح الدين
٤٧٦	٦١٥	٣٨٠	٥٨٩	٨١٣	٥٤٦	٧٤٣	٨١١	٩٣٠	٥١٣	٥٠٥	٣٣٩	السليمانية
٢٧١	١٧١	٢١٨	٢٥٧	٢٠٥	٢٢٢	٢٤١	٢٨٣	٣٦٧	٢٢٣	٢٨٩	١٧٢	خانقين
٢٤٤	١٥٨	١٣٦	٢٠١	٣٢٧	١٩١	١٩٧	٢٥٠	٣٠٩	٢١٧	١٨٩	١٥١	الطوز
٢٠١	١٢٣	١٢٠	١١٤	١٩٧	١٢٢	١٣٥	١٤٢	١٧٨	١٨٠	١٦٧	١١٠	تكريت

المصدر: هيئة الأرصاد الجوية وعلم الزلازل في العراق ، ٢٠١٤ ، بيانات الامطار ، وزارة النقل ، بغداد ، العراق.

- متوسط معدل الأمطار السنوي:

هطول الأمطار السنوي في العراق يختلف مكانياً (الشكل ٢). وسجلت أدنى معدلات هطول الأمطار السنوية في محطات كربلاء والنجف والحلة ، حيث بلغت أقل من ١٠٠ ملم / سنة. تظهر هذه المحطات ظروف المنطقة الجنوبية الغربية الأكثر جفافاً في العراق. يزيد هطول الأمطار إلى الشمال الشرقي. في المناطق القاحلة وشبه القاحلة إلى الشمال الشرقي ، تقع ضمن نطاق ١٠٠-٣٠٠ ملم / سنة. في بغداد ، الرطبة ، الديوانية ، حديثة ، الناصرية ، الكوت-الحي ، البصرة ، تكريت ، بيجي ، والعمارة لا يتجاوز معدل الامطار السنوي ٢٠٠ ملم / سنة ، بينما في طوز وخانقين يقترب من ٣٠٠ ملم / سنة (الشكل ٢). الموصل وكركوك لديهم مستويات أعلى نسبياً من الأمطار، أي ما يصل إلى ٣٤٠ ملم / سنة. محطات تقع إلى الشمال الشرقي (على سبيل المثال صلاح الدين ، السليمانية) تتلقى ٤٠٠-٧٠٠ ملم / سنة. ومع ذلك ، ففي المناطق الجبلية الشمالية ، يتجاوز معدل الامطار السنوي ١٠٠٠ ملم (Osman et al, 2014,p. 948-959).

الشكل ٢. متوسط الهطول السنوي المسجل في السنوات ١٩٩٢-٢٠١٠.



المصدر: من عمل الباحث.

-التباين الموسمي لهطول الأمطار الشهري:

يتميز هطول الأمطار في العراق بالموسمية القوية، مع صيف حار وجاف والامطار الشتوية. وضح التباين الشهري للحد الأقصى ، والحد الأدنى ، ومتوسط هطول الامطار في تسع محطات جوية مختارة في المنطقة الشمالية ، والمنطقة الوسطى ، ومن الغرب إلى الشرق (الشكل ٣). يبدأ موسم شح الامطار في يونيو ويستمر حتى سبتمبر. يبدأ موسم الأمطار في أكتوبر ويستمر حتى مايو من العام القادم. سجل الحد الأقصى لهطول الأمطار في جميع المحطات الواقعة في أقصى الغرب في أبريل ، بينما سجل في المحطات الوسطى في فبراير ونوفمبر وفي المحطات الشرقية - أشهر فبراير ومارس وأبريل. سجل أعلى متوسط لهطول الأمطار في كانون الثاني في كل من المحطات، مع زيادة واضحة باتجاه المناطق الشرقية. يظهر إتجاه المنحنيات الاثر الرأسي أو الطولي على منطقة

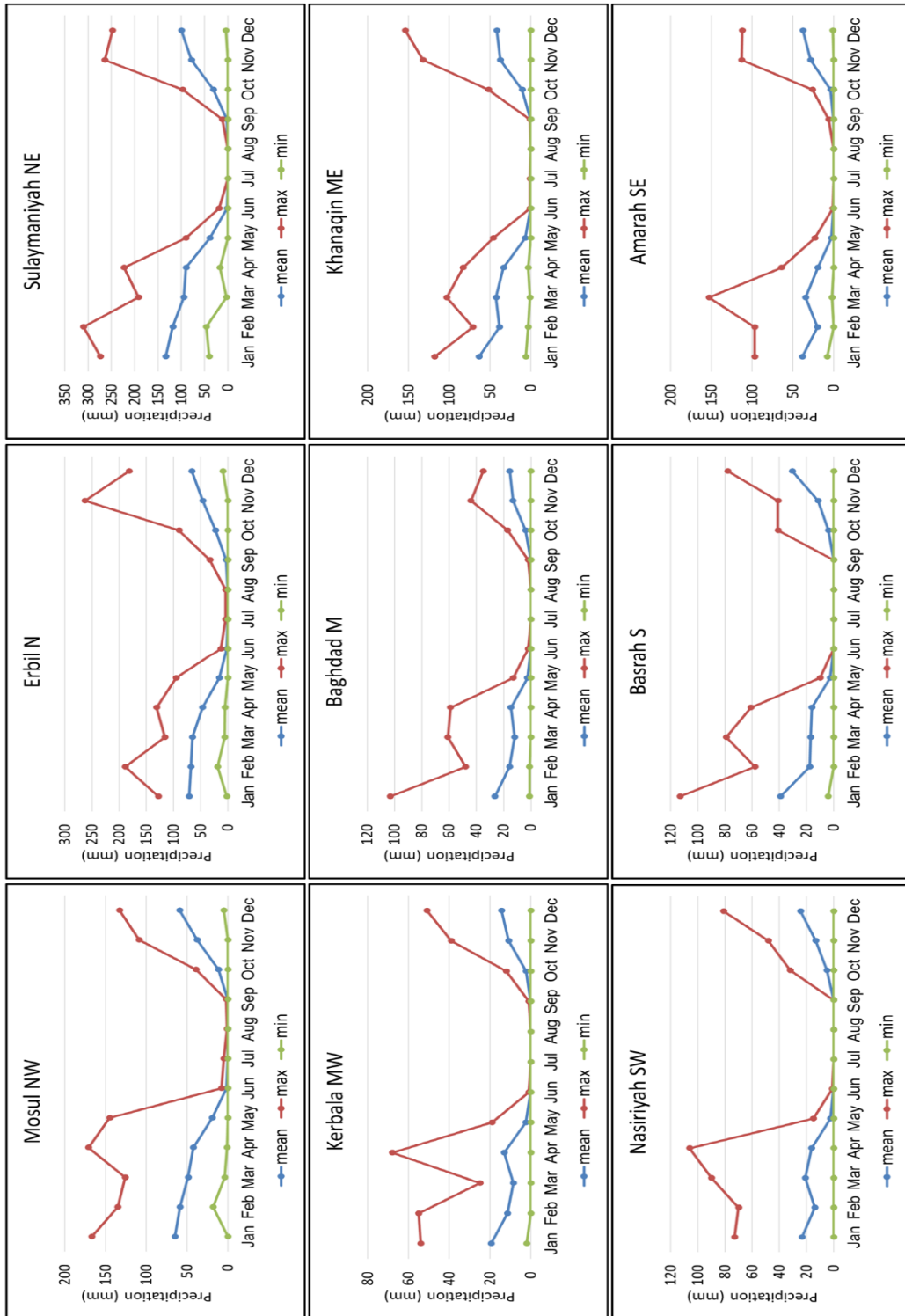
هطول الأمطار، لأن المحطات التي تقع في المنطقة الغربية لديها الشهر الأقصى نفس لهطول الأمطار ، ومتوسط هطول الأمطار في الغرب هو أقل من تلك في المنطقة الوسطى من العراق. بالإضافة إلى ذلك ، سجلت المنطقة الوسطى معدل سقوط أقل من شرق العراق. يمكننا أيضاً أن نرى تأثيراً طويلاً في موسم الأمطار ، مع الحد الأقصى من الأمطار التي تبدأ في وقت مبكر في منطقة الشرق منها في المنطقة الوسطى وفي وقت سابق في المنطقة الوسطى منها في الغرب. وهذا يظهر تأثير التضاريس على هطول الأمطار في العراق.

-الاتجاهات في السلاسل الزمنية لهطول الأمطار السنوي:

من أجل تحديد وجود اتجاه في هطول الأمطار السنوي ، طبق اختبار Mann- Kendall على السلسلة الزمنية من ١٩ عنصراً ، وركب خطوط الاتجاه لكل من محطات الطقس العشرين. وعرضت النتائج في الأشكال ٤ و ٥ و ٦ و ٧. تظهر الخطوط المجهزة اتجاهات منخفضة لحوظ في جميع المحطات، والمنحدرات السلبية تظهر بوضوح اتجاه تناقص (تجفيف) من حيث هطول الأمطار. هذا الاتجاه هو تجفيف ذات دلالة إحصائية عند معظم المحطات في مستوى الأهمية ضمن مجموعة من ٩٦،٩٩-٩٠،٩٩٪ (الجدول ٢). مستوى الأهمية العالية جداً لأكثر من ٩٥٪ يعني أن وجود اتجاه رتيب في السلاسل الزمنية مرجحاً جداً. لم يحقق هذا المستوى من الأهمية بالنسبة للبيانات من المحطات الموجودة في العمارة وبغداد وصلاح الدين ، فقد كان مستوى الأهمية المقدر ٨٤.٨٤٪ ، ٦٥.٥١٪ ، و ٥٧.٨٩٪ على التوالي. وهذا يعني أنه لا يوجد اتجاه لهذه المواقع.

ينبأ أو يعبر ميل الاتجاه الملائم عن حجم الاتجاه. ويكون حجم الاتجاه من ٣.١ ملم / سنة في كربلاء إلى ٢١.٥ ملم / سنة في السليمانية (الجدول ٢). هذا المعدل من التغيير (بالنسبة للمحطات التي تم تأكيد الاتجاه فيها) يقع ضمن نطاق ٢.٤٪ من متوسط التهطل السنوي في حالة خانقين ، و ٧.٦٪ في حالة حديثة. المعدل السنوي للتغير المحسوب كمتوسط حسابي للعراق هو ٣.٥٪ من متوسط الأمطار السنوي المحسوب للأعوام ١٩٩٢-٢٠١٠.

شكل ٣. متوسط ، الحد الأقصى ، والحد الأدنى من الأمطار الشهرية في محطات الأرصاد الجوية المختارة في السنوات ١٩٩٢-٢٠١٠.



الشمال

الوسط

الجنوب

المصدر: من عمل الباحث.

الجدول ٢ - ملخص إحصاءات اختبار مان - كيندال ومعدل التغير المقدر في هطول الأمطار المرتبط بالقيمة السنوية المتوسطة.

المحطة	اختبار الإحصائية.	مستوى الدلالة (%)	معدل التغير (ملم / سنة)	النسبة المئوية (%) لمتوسط هطول الأمطار السنوي
البصرة	٢٢٧٤-	٩٧,٧٠	٦-	٤,٤
العمارة	١,٤٣٤-	٨٤,٨٥	٥-	٢,٧
الناصرية	٢,٢٠٤-	٩٧,٢٤	٣,٢-	٢,٧
الكويت-الحي	٢,٤١٤-	٩٨,٤٢	٥-	٤,١
الديوانية	٢,٤١٤-	٩٩,٦٣	٥-	٤,٦
النجف	٢,٨٣٤-	٩٩,٥٤	٤,٥-	٥,٣
كربلاء	٢,٨٣٤-	٩٩,٥٤	٣,١-	٣,٨
بابل-الحلة	٢,٧٦٤-	٩٩,٤٢	٣,٨-	٤
بغداد	٠,٩٤٥-	٦٥,٥١	١,٢-	١,٢
حديثة	٣,٦٧٣-	٩٩,٩٧	٨,٨-	٧,٦
الربطية	٢,٤١٤-	٩٨,٤٢	٤,٦-	٤,٢
كركوك	٢,٥٥٤-	٩٨,٩٣	١٤-	٤
بيجي	٢,٢٧٤-	٩٧,٧٠	٨,٦-	٤,٧
الموصل	٢,٣٤٤-	٩٨,٩٠	١٣,٢-	٣,٨
أربيل	٢,٠٦٤-	٩٦,٩٠	١٠,٦-	٢,٦
صلاح الدين	٠,٨٠٥-	٥٧,٨٩	٦,٤-	١,١
السليمانية	٢,٤١٤-	٩٨,٤٢	٢١,٥-	٣,١
خانقين	٢,٧٦٤-	٩٩,٤٢	٦,٥-	٢,٤
الطوز	٢,٦٩٤-	٩٩,٢٩	١١,٦-	٤,٤
تكريت	٢,٢٠٤-	٩٧,٢٤	٦-	٣,٥

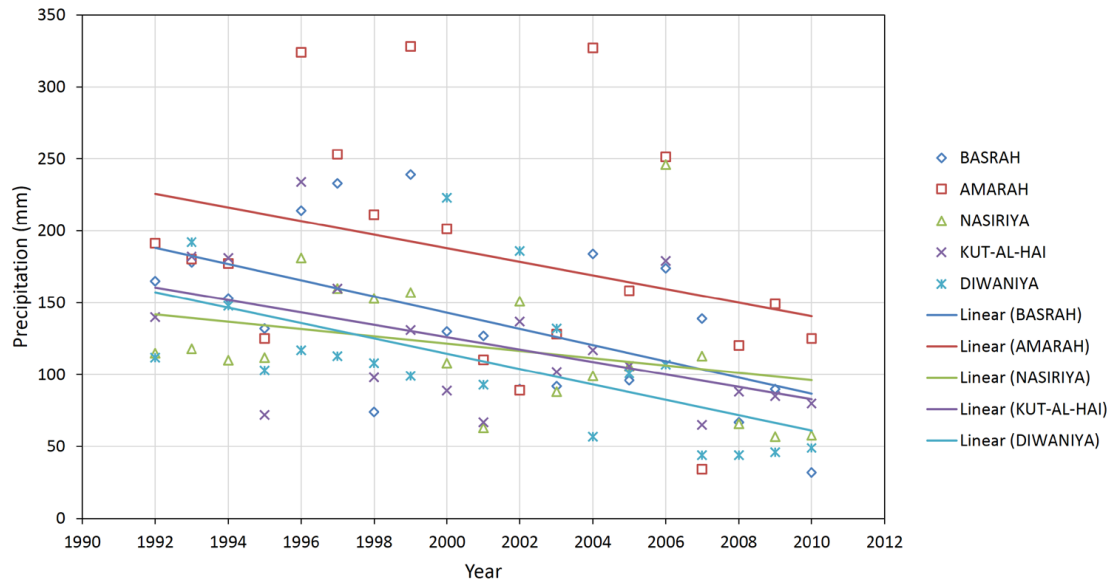
المصدر: من عمل الباحث.

الاستنتاجات:

يوضح التحليل تبايناً زمنياً ومكانياً واسع النطاق في هطول الأمطار على أراضي العراق. ويظهر الموسمية بسبب وجود موسم شح المطر ، الذي يمتد من حزيران حتى أيلول ، وموسم الأمطار ، الذي يبدأ في تشرين الأول ويستمر حتى مايس من العام المقبل. يختلف هطول الامطار على نطاق واسع في جميع أنحاء البلاد. في المنطقة الشمالية المرتفعة للغاية يتم الكشف عن تأثير التضاريس على كمية هطول الأمطار. إلى جانب ذلك ، تبين أن المنطقة الشرقية من العراق تتلقى المزيد من الأمطار أكثر من المنطقة الوسطى ، التي هي نفسها تتلقى المزيد من الامطار اكثر من المنطقة الغربية.

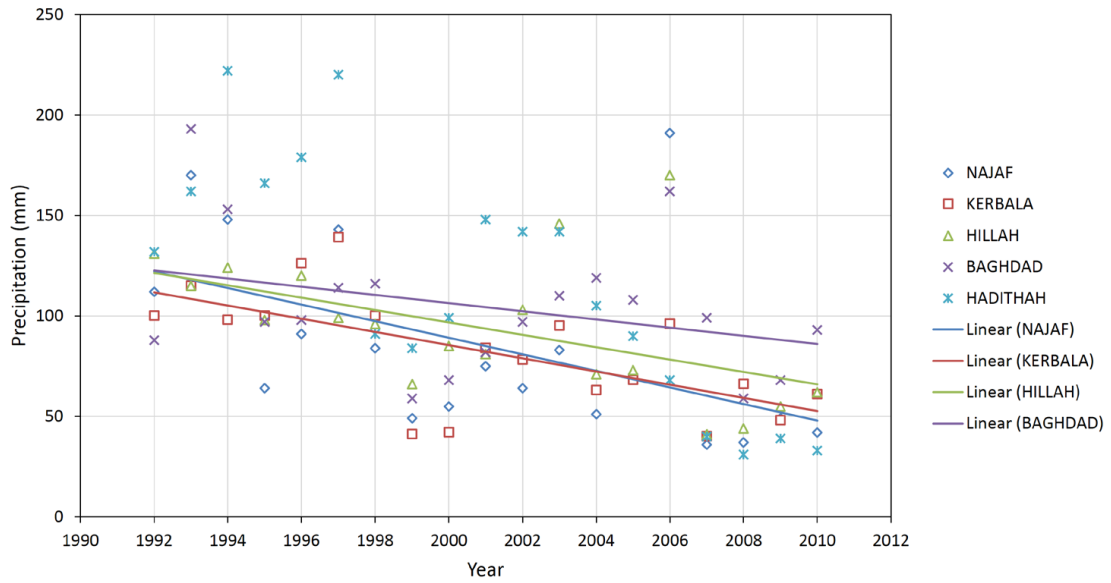
يظهر التحليل اتجاهات تجفيف كبيرة اكتشفت في معظم المحطات الجوية التي حلل. أكدت اتجاهات التجفيف ذات الدلالة الإحصائية بواسطة اختبار مان-كيندال في ١٧ محطة للأرصاد الجوية. في ثلاث محطات (عمارة وبغداد وصلاح الدين) حدثت إشارات تجفيف (قيم سلبية لانحدار Kendall-Theil robust line) ، التي لم تكن ذات دلالة إحصائية. معدل التغير في العراق يصل إلى ٣.٥٪ من متوسط معدل الأمطار السنوي المحسوب للسنوات ١٩٩٢-٢٠١٠.

الشكل ٤. اتجاه خطي في هطول الأمطار السنوي لمحطات مختارة (البصرة والعمارة والناصرية وكوت الحي والديوانية).



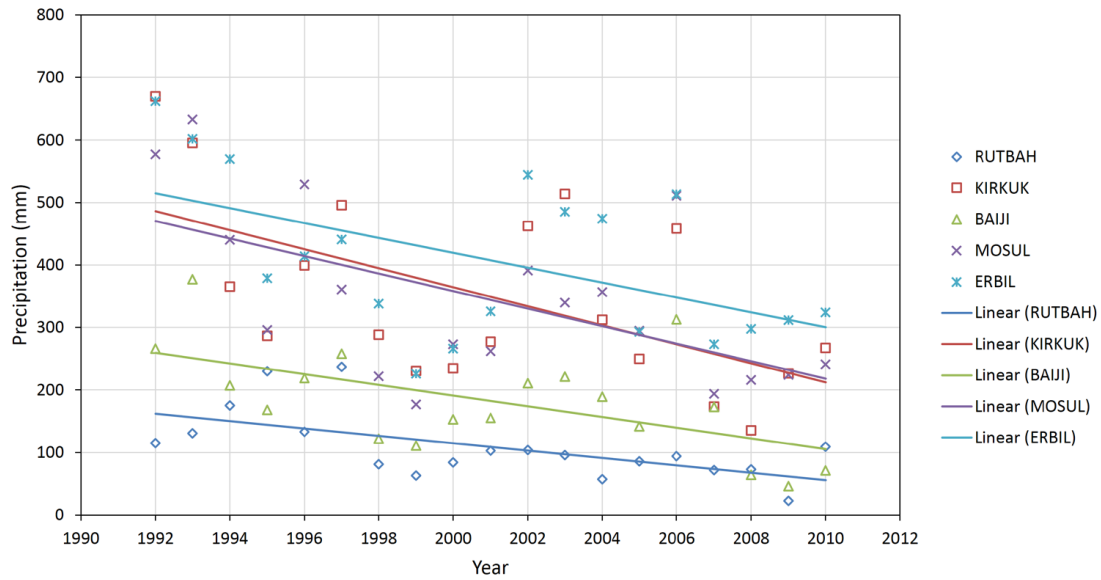
المصدر: من عمل الباحث.

الشكل ٥. الاتجاه الخطي في هطول الأمطار السنوي في محطات مختارة (النجف وكربلاء والحلة وبغداد وحديثة).



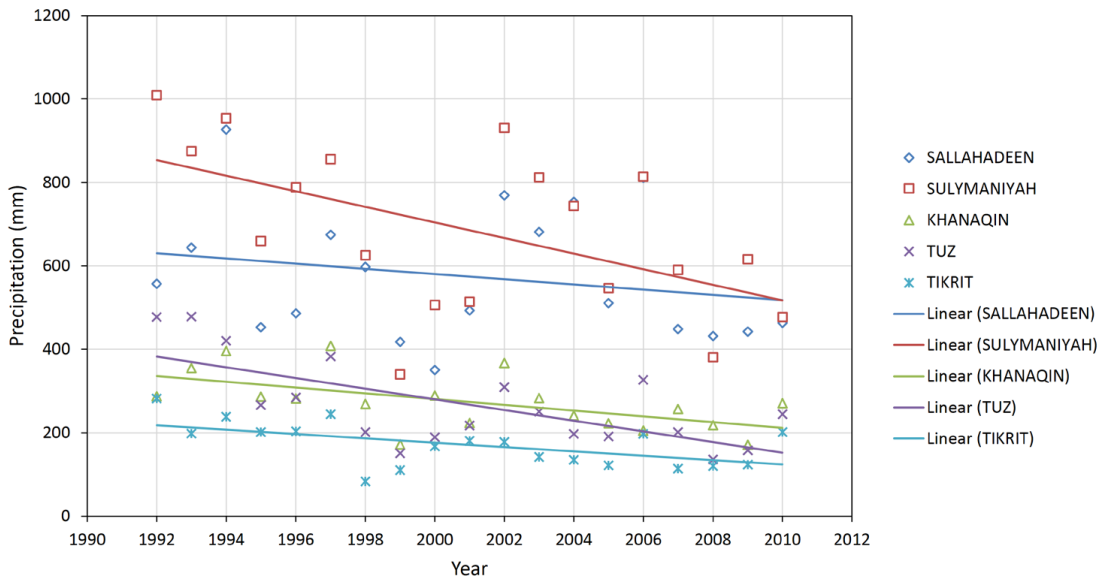
المصدر: من عمل الباحث.

الشكل ٦. الاتجاه الخطي في هطول الأمطار السنوي في محطات مختارة (الربطية وكركوك وبيجي والموصل وأربيل)



المصدر: من عمل الباحث.

الشكل ٧. الاتجاه الخطي في هطول الأمطار السنوي في محطات مختارة (صلاح الدين والسليمانية وخانقين، طوز وتكريت)



المصدر: من عمل الباحث.

انخفاض هطول الأمطار على العراق يزيد من تضخيم نقص المياه الموجود بالفعل بسبب الانخفاض النسبي لهطول الأمطار ونسبة التبخر العالي المحتمل. في مواجهة التغيرات المناخية التي تتميز بزيادة درجة حرارة الهواء وانخفاض هطول الأمطار، وخطر ندرة المياه أصبحت أعلى على نحو متزايد. قد يكون لاتجاهات التجفيف لمدد طويلة له تأثير سلبي لاحقاً في البيئة والمجتمع والحالة الاجتماعية والاقتصادية في العراق. في مثل هذه الحالة، يبدو أن وضع استراتيجيات التكيف أمر إلزامي.

References:

- Abbasa N., Wasimia S., Al-Ansari N. 2016, Assessment of climate change impacts on water resources of Al-Adhaim, Iraq using SWAT model, *Engineering* 8, 716–732, doi: 10.4236/eng.2016.810065.
- Al-Salihi A.M., Al-Lami A.M., Altimimi Y.K., 2014, Spatiotemporal analysis of annual and seasonal rainfall trends for Iraq, *Al-Mustansiriyah Journal of Science* 25(1), 153– 168, Al-Mustansiriyah University.
- Al-Ansari N., Abdellatif M., Ali S.S., Knutsson S., 2014, Long term effect of climate change on rainfall in northwest Iraq, *Central European Journal of Engineering* 4(3), 250–263.
- Azooz A.A., Talal S.K., 2015, Evidence of climate change in Iraq, *Journal of Environment Protection and Sustainable Development* 1(2), 66–73.
- Duhan D., Pandey A., 2013, Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901–2002 at Madhya Pradesh, India, *Atmospheric Research* 122, 136–149.
- Falkenmark M., 2013, Growing water scarcity in agriculture: future challenge to global water security, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 371, 1471–2962, 20120410, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0410>.
- Granato G.E., 2006, Kendall-Theil Robust Line (KTRLLine-version 1.0) – a visual basic program for calculating and graphing robust nonparametric estimates of linear-regression coefficients between two continuous variables, in: *Techniques and Methods of the U.S. Geological Survey*, book 4, chap. A7, U.S. Geological Survey, **p. 31**.
- Grey D., Garrick D., Blackmore D., Kelman J., Muller M., Sadoff C., 2013, Water security in one blue planet: twenty-first century policy challenges for science, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 371, 1-10, <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0406>.
- Hartmann D.L., Klein Tank A.M.G., Rusticucci M., Alexander L.V., Brönnimann S., Charabi Y., Dentener F.J., Dlugokencky E.J., Easterling D.R., Kaplan A., Soden B.J., Thorne P.W., Wild M., Zhai P.M., 2013, Observations: Atmosphere and Surface, [in:] T.F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (eds), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. *Seasonal and Inter-Annual Variation of Precipitation...* 83

- Helsel, DR & Hirsch, RM 2002, 'Statistical Methods in Water Resources', in *Techniques of Water Resources Investigations*, Book 4, chap. A3, U.S. Geological Survey, p. 522.
- IPCC 2013, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds. TF Stocker, D Qin, GK Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex & PM Midgley, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Longobardi A., Villani P., 2010, Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area, *International Journal of Climatology* 30 (10), 1538–1546.
- Mondal A., Kundu S., Mukhopadhyay A., 2012, Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa, *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, vol. 2, **Issue**. 1, p 70–78.
- Muslih K.D., Błażejczyk K., 2016, The inter-annual variations and the long-term trends of monthly air temperatures in Iraq over the period 1941-2013, *Theoretical and Applied Climatology*, first online: 26 August 2016, doi:10.1007/s00704-016-1915-6.
- Osman Y., Al-Ansari N., Abdellatif M., Aljawad S.B., 2014, Expected future precipitation in central Iraq using LARS-WG stochastic weather generator, *Engineering* 6, 948–959.
- Radziejewski M., Kundzewicz Z.W., 2004a, Detectability of changes in hydrological records, *Hydrological Sciences Journal* 49(1), 39–51, DOI: 10.1623/hysj.49.1. 39.54002.
- Radziejewski M., Kundzewicz Z.W., 2004b, Development, use and application of the HYDROSPECT data analysis system for the detection of changes in hydrological time-series for use in WCP-Water and National Hydrological Services, WCASP-65, Hydrospect, Version 2.0. User's manual, WMO, Geneva.
- Shubbar R.M., Salman H.H., Lee D.I ., 2016, Characteristics of climate variation indices in Iraq using a statistical factor analysis, *International Journal of Climatology*, first published: 11 May 2016, doi:10.1002/joc.4749.
- Theil H., 1950, A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3: Proceedings of Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen A. 53, 1397–1412.
- USGS 2004, Shuttle Radar Topography Mission, 3-Arc Second scenes for IRAQ, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February 2000.
- Zakaria S., Al-Ansari N., Knutsson S., 2013, Historical and future climatic change scenarios for temperature and rainfall for Iraq, *Journal of Civil Engineering and Architecture* 7(12), 1574–1594.