

تقييم اتجاهات الرطوبة النسبية في طبقة التروبوسفير فوق العراق

أحمد لفتة حمد البديري

وزارة التربية /المديرية العامة لتربية واسط

الكلية التربوية المفتوحة /فرع الصويرة

ahmedlalbudeiri@gmail.com

التقديم: 2024/04/18 التحكيم 2024 /05 /03 القبول: 2024/ 05/ 14 النشر: 2024/ 9/ 15

Doi: <https://doi.org/10.36473/zrwtrf41>



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

How to Cite
Assessment of Relative Humidity Trends in the
Troposphere over Iraq. (n.d.). ALUSTATH JOURNAL
FOR HUMAN AND SOCIAL SCIENCES, 63(3).
<https://doi.org/10.36473/zrwtrf41>

Copyright (c) 2024 Ahmed Al-Budeiri

Assessment of Relative Humidity Trends in the Troposphere over Iraq

Ahmed Lafta Hamad Al-Budeiri

Ministry of Education-Wasit Education Directorat

Open Educational College-Section of Suwairah

ahmedlalbudeiri@gmail.com

Abstract

Water vapor is one of the most important variables that affect the thermal balance of the Earth and the hydrological cycle, and the hydrological cycle and relative humidity are key measures of atmospheric moisture. Therefore, the current study aims to assess the temporal and spatial trends of relative humidity variations on an annual and seasonal scale for twelve stations over the period (1971–2020) at six levels (surface, RH1000, RH850, RH700, RH500, and RH300). This study relies on observed data from the General Authority for Meteorology at the surface level and reanalysis data for upper levels in the troposphere from the European site, using the Mk trend test and Sen's slope. The results indicate a general decreasing trend at all levels, with the percentage of negative trends ranging from 52% to 79% for all stations, with the highest percentage of negative trends at the RH1000 level. The highest annual change magnitude (-0.72) % occurred over the decade, while seasonal changes showed significant variations, especially in winter and spring, which experienced the most decline. The rate of change in winter (-1.78, -1.26, -0.94, -0.88) % for the decade for levels RH850, RH1000, surface, RH700, respectively, was observed with the southern regions experiencing the most decline. Conversely, autumn and summer showed a noticeable increase at the surface and some levels, with the highest change magnitude (-0.86) % for the decade at the RH500 level. Correlation results revealed strong relationships between the surface level and upper levels, with the highest correlation coefficient (0.78) statistically significant. This study serves as evidence of climate change in Iraq.

Keywords: Trends, climate change, relative humidity, tropospheric.

الملخص

يُعدُّ بخار الماء من أهم المتغيرات التي تؤثر في التوازن الحراري للأرض والدورة الهيدرولوجية، والرطوبة النسبية هي من المقاييس الرئيسية لرطوبة الغلاف الجوي. ومن هنا تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم اتجاهات الرطوبة النسبية وتباينها الزمني والمكاني على المقياس السنوي والفصلي لاثنتي عشرة محطة للمدة (1971 - 2020) لستة مستويات (السطحي، RH1000، RH850، RH700، RH500، RH300)، وتعتمد على البيانات المرصودة من الهيئة العامة للأرصاد الجوية للمستوى السطحي، وبيانات إعادة تحليل (Reanalysis) للمستويات العليا في طبقة التروبوسفير من الموقع الأوربي، عبر استخدام اختبار الاتجاه (mk) وميل سين. وقد بينت النتائج أنَّ الاتجاهات العامة تشير إلى الانخفاض في جميع المستويات، وتراوحت نسبة الاتجاهات السالبة (52 - 79 %) لجميع المحطات، وكانت أعلى نسبة للاتجاهات السلبية في المستوى RH1000، وبلغ أعلى مقدار للتغير السنوي (-0.72) % للعقد، في حين شهدت التغيرات الفصلية تغيرات كبيرة، ولاسيما فصلي الشتاء والربيع، إذ كانا الأكثر انخفاضاً فبلغ معدل التغير في فصل الشتاء (-1.78، -1.26، -0.94، -0.88) % للعقد للمستويات RH1000، RH850، السطحي، RH700 على التوالي، وكانت المناطق الجنوبية هي الأكثر انخفاضاً، وفي المقابل شهد فصلا الخريف والصيف تزايداً ملحوظاً في السطح وبعض المستويات، وكان أعلى مقدار للتغير (-0.86) % للعقد في المستوى RH500، أما نتائج الارتباط؛ فإنها أظهرت علاقات قوية بين المستوى السطحي والمستويات العليا، وبلغ أعلى معامل للارتباط (0.78) ذات دلالة إحصائية، وتعد الدراسة الحالية أحد أدلة تغير المناخ في العراق.

الكلمات المفتاحية: اتجاهات، تغير المناخ، الرطوبة النسبية، طبقة التروبوسفير

أولاً: المقدمة

مثلت تغيرات المناخ وتقلباته اهم تحديات القرن العشرين والتي زادت في الأزمنة الاخيرة نتيجة الاحترار العالمي بسبب تأثير غازات الاحتباس الحراري (Asadi & Karami, 2022)، وهذه التغيرات لها اثار سلبية على التوازن الهيدرولوجي، مثل الجفاف والفيضانات التي تؤثر على بيئة الانسان وحياته (Gleick, 1989)، وتعد الرطوبة النسبية من العناصر المناخ الرئيسية لأهميتها في الغلاف الجوي إذ تعد مصدراً للأمطار واشكال التكاثف الأخرى حيث يؤدي تكاثف بخار الماء الى نشوء السحب وتساقط الامطار، وتكون الندى والضباب فضلاً عما يقوم به بخار الماء في الجو من امتصاص كمية كبيرة من الاشعاع الشمسي، ويقلل من كمية الاشعة التي تصل الى سطح الأرض ويؤثر بخار الماء في عملية التوازن الحراري للأرض والغلاف الجوي (الأحيدب، 1987)(Alehaideb, 1987)، ويعد بخار الماء معلمة مناخية مهمة تحدد طقس الأرض ومناخها، نظراً لدورها كغازات دفيئة (Abu-taleb et al., 2007)، والذي غالباً ما يسهم في تأثير الاحتباس الحراري اكثر من ثاني أكسيد الكربون (Shin et al., 2021)، ويؤثر على متوسط درجة الحرارة العالمية؛ لأنه يمتص الأشعة تحت الحمراء (Cséplő et al., 2022)

تشير نتائج النماذج المناخية الى ان درجة الحرارة السطح تزداد بسرعة أكبر من المحيطات، وان درجة الاحترار ليس موحدة عالمياً (Sutton et al., 2007)، وان محتوى الرطوبة في الغلاف الجوي سيتأثر بتغير المناخ بشكل كبير من حيث الاتجاه والخصائص، و هناك ادلة تجريبية على زيادة في محتوى بخار الماء في المستويات السطحية والعليا من طبقة التروبوسفير (Trenberth et al., 2005)، وكان من المتوقع ان تظهر المناطق الأكثر دفئاً زيادة اكبر في الرطوبة النوعية لتغير درجة الحرارة تحت ظروف رطوبة نسبية تظل شبه ثابتة عبر

ظاهرة الاحتباس الحراري (Katharine M. Willett et al., 2008)، ولقد ايدت الكثير من الدراسات سيناريو الرطوبة النسبية الثابتة في ظل ظروف الاحتباس الحراري مثل دراسة (Katharine M. Willett et al., 2008) ودراسة (McCarthy et al., 2009) ودراسة (Ferraro et al., 2015) في المقابل دعمت دراسات أخرى سلوك واتجاه غير ثابت للرطوبة النسبية في المناطق القارية، والبحرية مثل دراسة (Pierce et al., 2013)، والمناطق الرطبة دراسة (Van Wijngaarden & Vincent, 2004)، ان الاختلاف في هذه الدراسات أدى الى إعطاء نظرة شاملة تبين التغيرات في الرطوبة النسبية مع رصد التغيرات في العقود الماضية دراسة (Simmons et al., 2010) الذي قام بمقارنة بيانات شبكية مع بيانات مرصودة للرطوبة النسبية الذي أشار الى وجود اتجاه سلبي واضح في نصف الأرض الشمالي منذ عام 2000، ايضاً دراسة (K. M. Willett et al., 2014) التي قامت بدراسة بيانات شبكية متجانسة محدثة استخدمت اكثر المحطات المتاحة من نظام الاتصالات في المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO) وقد وجدت تغيرات سلبية كبيرة في الرطوبة النسبية مع تقلب مكاني قوي على النطاق العالمي، بينما اقليمياً شهدت دراسات مماثلة منها دراسة (Vincent et al., 2007) في كندا ودراسة (Isaac & Van Wijngaarden, 2012)، في أمريكا الشمالية ودراسة (Vicente-Serrano et al., 2014) في اسبانيا ودراسة (Yagi et al., 2021)، وقد اكدت جميعها انخفاض الرطوبة النسبية، وفي المقابل هناك دراسات أخرى معاكسة أشارت الى زيادة الرطوبة النسبية منها دراسة (Dai, 2006) على المستوى العالمي فحصت اكثر من 15000 محطة إحصائية وسفن، وظهرت زيادة الرطوبة النسبية 0.5% - 2% كل عقد في وسط وشرق الولايات المتحدة والهند وغرب الصين، ودراسة (Jhajharia et al., 2009) في الهند ودراسة (Talaee & Sabziparvar, 2012) في ايران، يضاف الى ذلك وجود فرضيات مختلفة تفسر انخفاض الرطوبة النسبية في ظل ظروف الاحتباس الحراري، منها فرضية تباطؤ احتراق المحيطات مقارنة بالمناطق القارية (Lambert & Chiang, 2007) اذ التباين الكبير بين القارات والمحيطات في طبقة التروبوسفير السفلى حيث تزداد الرطوبة النوعية للهواء الناتجة عن المحيطات اكثر من الرطوبة النوعية فوق اليابس (Rowell & Jones, 2006) وهذا يقلل من الرطوبة النسبية فوق المناطق القارية ويؤدي زيادة طلب التبخر الجوي وزيادة الظروف الجافة (Sherwood & Fu, 2014)، وقد وظفت بعض الدراسات النماذج المناخية العالمية بدعم هذه الفرضية، مثل دراسة (Byrne & O’Gorman, 2013)، ونجد ايضاً فرضيات أخرى وضحت التطور غير الثابت للرطوبة النسبية، اذ ترتبط الرطوبة النسبية بعمليات التغذية الراجعة بين الأرض والغلاف الجوي وأشارت دراسات مختلفة الى ان الرطوبة الجوية وتساقط الامطار مرتبطان بأعاده تدوير الرطوبة في مناطق مختلفة من العالم (Rodell et al., 2015)، وفي المحصلة فان التبخر-نتح يسهم إلى حد كبير في محتوى بخار الماء وتساقط الأمطار على الأرض (Stohl & James, 2005)، وبهذا قد تكون للتغذية الراجعة تأثير على الرطوبة النسبية (Seneviratne et al., 2006) نتيجة جفاف التربة الذي يقلل التبخر-نتح ويقلل الرطوبة ويعزز طلب التبخر الجوي، لذا بشكل عام فمن الصعب تحديد الفرضية التي توفر تفسيراً واضحاً لاتجاهات الرطوبة النسبية المرصودة على النطاق العالمي، ربما نحتاج كل الفرضيات تباين اتجاهات الرطوبة النسبية في بعض مناطق العالم، وفضلاً عن الفرضيات في أعلاه فان هناك عوامل أخرى تفسر سلوك الرطوبة غير المستقر مثل القوى الديناميكية التي ترتبط بعمليات دوران الغلاف الجوي (Goessling & Reick, 2011)، ومع هذا كله فان هناك دراسات محلية بحثت المستوى السطحي فقط للرطوبة النسبية، منها دراسة (الاسدي، 2007) (Alasadi, 2007)، للمدة (1940 - 2000) لأربع محطات هي

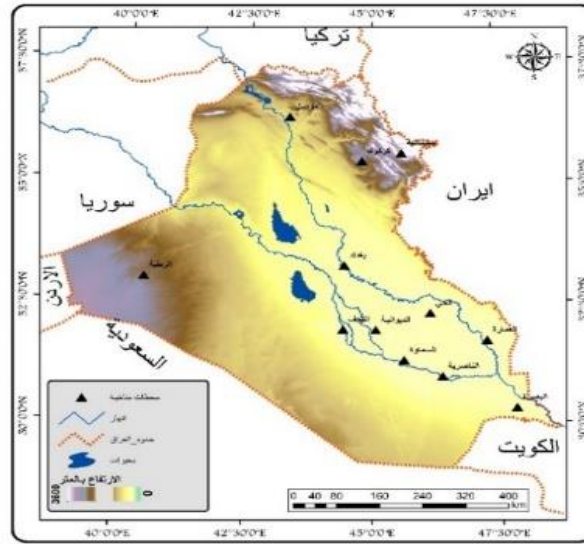
(الموصل ، صلاح الدين ،بغداد ،البصرة) ، التي أظهرت المحطات المدروسة فيها تغيراً سالباً في الرطوبة النسبية بين الدورتين المناخيتين (1941- 1951) - (1990 - 2000) بمقدار (-20 - 24 %) ، ودراسة (الجبوري، 2014) (2014) (alJabburi,2014) للمدة (1982 - 2011) لمحطتي (بغداد ، الموصل) ، وأفادت بانخفاض الرطوبة النسبية، ودراسة (صالح، 2015) (Saleh,2015)، التي بينت تغيرات فئات الرطوبة النسبية للمدة (1985 - 2010) وبينت ان فئات الرطوبة قد انخفضت تكراراتها 100 - 80 % ، وفئة 80 - 65 % ، وفئة 65-50 % في الدورة الثانية مقارنة بالدورة الأولى ، ودراسة (Abdulwahab, 2015) ، التي اهتمت بتحليل الرطوبة النسبية للمدة (1951 - 2010) لأربع محطات (الموصل ،بغداد ، الرطبة ، البصرة) ، واستعملت بيانات NCEP مظهر السلسلة الزمنية الشهرية التي افضت بأن الرطوبة النسبية تتناقص خلال أشهر الشتاء والربيع ، والخريف وفصل الصيف اضعف نسبياً.

يُعدُّ مقياس الرطوبة النسبية الأكثر شيوعاً؛ بسبب تعبيرها الرياضي البسيط وسهولة الفهم (Niu et al., 2020)، ويعد فهم التغيرات في الرطوبة النسبية في المستويات السطحية والعليا من الغلاف الجوي ضرورياً ؛ لفهم التغيرات في الدورة الهيدرولوجية ، وتعد دراسة وتحليل اتجاهات طويلة المدة في المتغيرات المائية المناخية وتقييم أهميتها الإحصائية أدوات أولية في الكشف عن تغير المناخ (Huth & Pokorna, 2004) وانطلقت الدراسة من التساؤل الآتي: ما اتجاهات الرطوبة النسبية في طبقة التربوسفير؟ وفرضت الدراسة بانها ستقوم بتحليل التباين الزمني والمكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية في طبقة التربوسفير، للوصول الى هدف وهو تقييم اتجاهات الرطوبة النسبية في المستوى السطحي والمستويات العليا (1000 ، 850 ، 700 ، 500) ، ومقارنة هذه الاتجاهات وتحديد أهميتها الإحصائية

1- حدود منطقة الدراسة:

يقع العراق في الجزء الجنوبي الغربي من قارة آسيا، والجزء الشمالي الشرقي من شبه الجزيرة العربية والوطن العربي ، والى الشمال الغربي من الخليج العربي، وبسبب المساحة الكبيرة لقارة اسيا، فمناخ العراق يتأثر بالكتل الهوائية المتكونة فوق قارة اسيا خلال فصلي الصيف والشتاء، وتمتد أراضيها من الشرق الى الغرب بين خطي طول (38°.45، 48°.45) درجة شرقاً ، وبين دائرتي عرض (29°.5، 37°.22) درجة، شمال خط الاستواء خريطة (1)، وهذا الموقع انعكس على ارتفاع درجات الحرارة لأكثر من ستة اشهر في السنة، بسبب قربها من مدار السرطان وخط الاستواء ، يحدُّ العراق ست دول هي تركيا من الشمال و ايران من الشرق و سوريا والأردن من الغرب ومن الجنوب السعودية والكويت ، ويحدُّه الخليج العربي من القسم الجنوبي الشرقي بساحل بحري يبلغ طوله (60) كم والغالبية من هذه الحدود برية مما انعكس على سيادة المناخ القاري في العراق فضلا ، عن هبوب الرياح الجافة باستثناء الرياح القادمة من الخليج العربي الرطبة، الا انها محدودة بسبب صغر مساحة الخليج (الذري، 2013) (al disiee,2013) ، ويصنف مناخ العراق الى ثلاثة أقاليم مناخية وفق تصنيف كوبن، الأول مناخ البحر المتوسط (Csa) ، الذي يظهر في الأقسام الشمالية ، والثاني المناخ شبه الجاف (استبس) (Bsha)، الذي يظهر في جنوب مناخ البحر المتوسط (جنوب الأقسام الشمالية من العراق) ، والثالث المناخ الصحراوي الجاف (Bwha)، الذي يمثل الأقسام الجنوبية والوسطى يغطي حوالي ثلثي مساحة العراق (خضر 2018) (Khidr,2018)

خريطة (1) محطات الدراسة المختارة مقرونة بالموقع الفلكي والجغرافي للعراق



المصدر الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزلي، أطلس مناخ العراق، بغداد، العراق 1999، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM

2- بيانات الدراسة ومنهجية التحليل:

ان الدراسة الحالية استخدمت بيانات الرطوبة النسبية السطحية المرصودة في الهيئة العامة للأتواء الجوية العراقية، للمدة (1971 – 2020) لاثنتي عشرة محطة جدول (1)، وقبل تحليل بيانات الرطوبة النسبية خضعت الى فحوصات دقيقة للحصول على بيانات متجانسة باستخدام الحزمة المناخية (Guijarro, Package climatol) (n.d.)، فضلا عن استخدام بيانات الرطوبة النسبية في طبقات الجو العليا على مستويات عدة، هي (1000، 850، 700، 500، 300) مليار استمدت هذه البيانات من المركز الأوروبي لتنبؤات الطقس متوسطة المدى (ECMWF) بدقة مكانية (0.25×0.25) درجة وهي بيانات إعادة التحليل (Reanalysis) وتمثل سلسلة طويلة من بيانات الأرصاد الجوية العالمي والإقليمي، وتتسم بالدقة والتجانس وتتوافر على الموقع الأوروبي / <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

وتظهر على شكل ملف Netcdf، تم استخراجها ببرامج متنوعة وتحويلها الى بيانات نصية TXT وفرزها، اما منهجية الدراسة فأنها اعتمدت على المنهج الوصفي التحليلي، لوصف وتحليل اتجاهات الرطوبة النسبية في طبقة التروبوسفير الى جانب استخدام اختبار مان كاندل (Man, 1945: Kendall, 1975) (MK) فضلا عن استخدام ميل سين (Sen's Slope (Hirsch, Robert M et al,1982)، للكشف عن مقدار التغير في الرطوبة النسبية ودالاتها الإحصائية بين (0.001 – 0.05)، بواسطة برنامج (XLSTAT2021)، و استخدام برنامج GIS لرسم الخرائط وتحديد التغيرات المكانية باستخدام طريقة (IDW)

الجدول (1) الموقع الفلكي للمحطات المناخية المختار والارتفاع				
ID	المحطة	خطوط الطول	دوائر العرض	الارتفاع
1	الموصل	43.9	36.19	223
2	السليمانية	45.27	35.32	843
3	كركوك	44.24	35.28	331
4	بغداد	44.24	33.18	32
5	الربطية	40.17	33.2	630
6	الحي	46.2	32.8	17
7	النجف	44.19	31.57	53
8	الديوانية	44.57	31.57	20
9	السماوة	45 16	31 16	11.4
10	العمارة	47.17	31.83	9
11	الناصرية	46.14	31.1	5
12	البصرة	47.47	30.31	2
المصدر: الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي ، اطلس مناخ العراق، بغداد، العراق 1999				

ثانياً: نتائج الدراسة:

1. اتجاهات الرطوبة النسبية السطحية

تم رصد سلسلة الرطوبة النسبية السطحية في العراق للمدة (1971 – 2020)، وظهر ان اتجاهاتها متباينة ونلاحظ من الجدول (2) والشكل (1) ، ان الاتجاه العام يتجه نحو الانخفاض بنسبة (60%)، ونحو الارتفاع بنسبة (40%) وتراوح مقدار التغير (2.59 – 3.94) % للعقد في جميع الفصول ، وشهد فصل الربيع في اغلب المحطات اتجاهاً متناقصاً باستثناء محطتي (سليمانية ، بغداد) وبلغ معدل التغير (-0.79) % للعقد، وبلغ اعلى مقدار للتغير السلبى (-3.94) % للعقد في محطة البصرة ، واطى مقدار للتغير الإيجابى (0.89)% للعقد في محطة السليمانية، بينما سجل فصل الصيف في اغلب محطاته اتجاهاً معاكساً ما عدا اربع محطات (بغداد، عمارة ، ناصرية ، بصرة) ، وبلغ معدل التغير (0.34)% للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير السلبى (-2.81) % للعقد في محطة البصرة ، واطى مقدار للتغير الإيجابى (2.42) % للعقد في محطة الديوانية ،في حين سجل فصل الخريف في اغلب المحطات اتجاهاً متزايداً باستثناء (بغداد ، العمارة ، البصرة) ، وبلغ معدل التغير (0.65)% للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير الإيجابى (2.59) % للعقد في محطة الديوانية ، وبلغ اعلى مقدار للتغير السلبى (-1.97) % للعقد في محطة البصرة ،بينما جاء فصل الشتاء في جميع محطاته باتجاه متناقص وبلغ معدل التغير (-0.94) % للعقد ، وبلغ اعلى مقدار للتغير السلبى (-0.94) % للعقد في محطة البصرة ، واطى مقدار للتغير (-0.03) % للعقد في محطة كركوك ، اما الاتجاهات السنوية شهدت في سبع محطات اتجاهاً متناقصاً هي (الموصل ، بغداد ، الحي ، السماوة، العمارة ، الناصرية ، البصرة) وبلغ اعلى

مقدار للتغير السلبي (-2.64%) للعقد في محطة البصرة ، وسجلت في خمسة محطات اتجاهاً متزايداً هي (السليمانية ، كركوك ، الرطبة ، النجف ، الديوانية) ، وبلغ اعلى مقدار للتغير الإيجابي (0.90) % للعقد في محطة الديوانية. اما التوزيع المكاني للاتجاهات السنوية والفصلية خريطة (2) نلاحظها توزعت في ثلاثة نطاقات مكانية اذ شهد الانخفاض في فصلي الربيع والشتاء نمط تشابه في المناطق الجنوبية من العراق، وتوزع الانخفاض في فصل الصيف في المناطق الجنوبية وجزء من المناطق الوسطى وبعض المناطق الشرقية، اما فصل الخريف فقد توزعت مناطق الانخفاض في جزء من المنطقة الجنوبية، مثل محطة البصرة اما التوزيع السنوي فقد جاء متشابهاً مع فصلي الربيع والشتاء تمثل الانخفاض في المناطق الجنوبية وجزء من المناطق الشرقية والوسطى من العراق.

جدول (2) معدل التغير والاتجاه للرطوبة النسبية السطحية % للمدة (2020 – 1971)

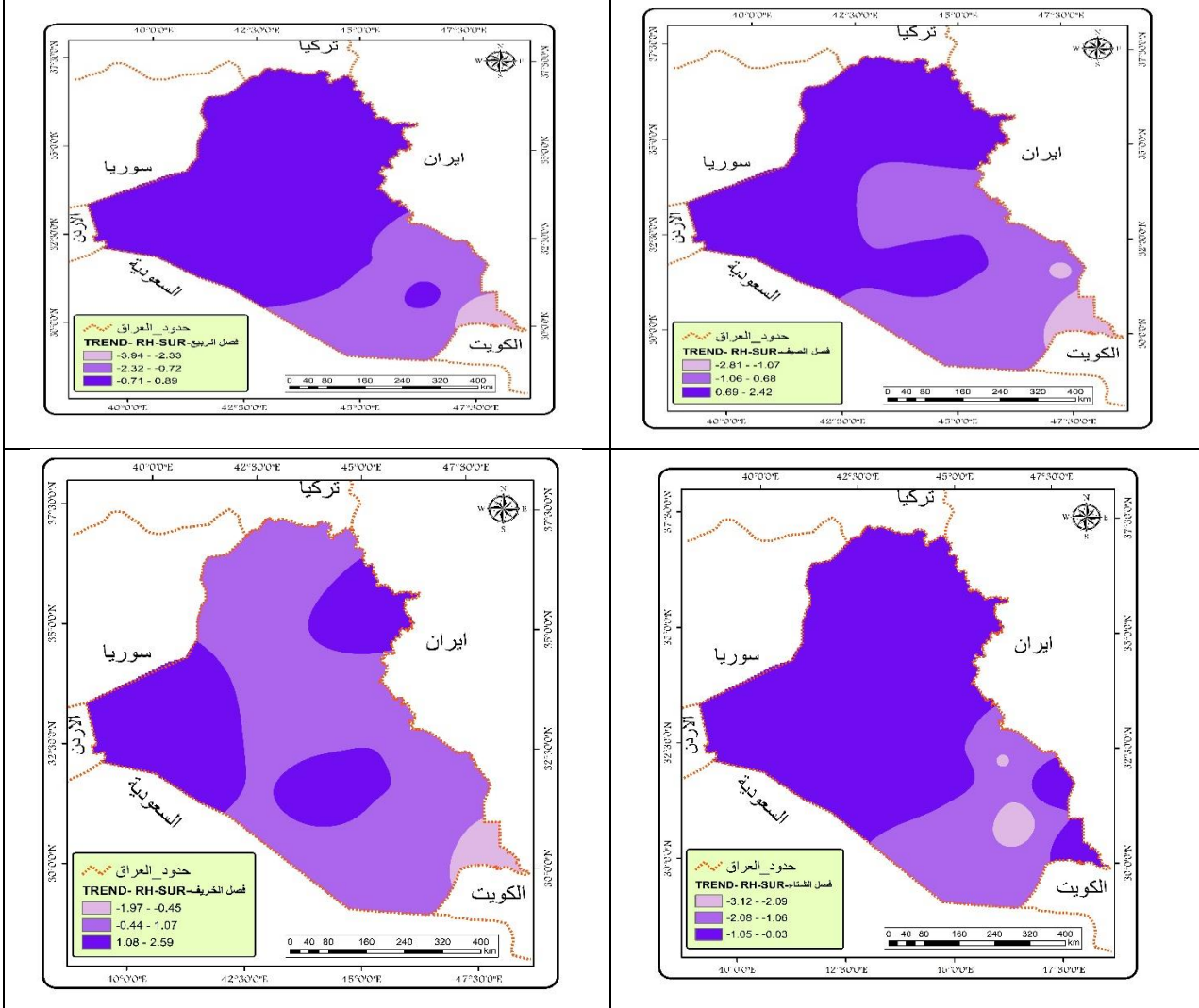
المحطة	الربيع	الصيف	الخريف	الشتاء	السنوي	sig
السليمانية	0.89	1.32	1.26	-0.46	0.76	*
الموصل	-0.19	0.72	0.00	0.33	-0.07	O
كركوك	-0.67	1.11	1.88	0.03	0.59	Δ
بغداد	0.08	-0.33	-0.39	0.41	-0.41	O
الرطبة	-0.70	2.22	2.23	0.73	0.76	*
الحي	-1.11	0.00	0.00	2.17	-0.76	***
النجف	-0.17	0.87	1.45	0.81	0.21	O
الديوانية	-0.70	2.42	2.59	0.64	0.90	**
السماوة	-1.48	0.00	0.67	1.36	-0.66	*
العمارة	-1.27	-1.20	-0.28	0.53	-1.01	**
الناصرية	-0.24	-0.22	0.40	3.13	-0.86	*
البصرة	-3.94	-2.81	-1.97	0.64	-2.64	***
العراق	-0.79	0.34	0.65	0.94	-0.27	*

*** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.001 / ** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01 / O الاتجاه غير معنوي

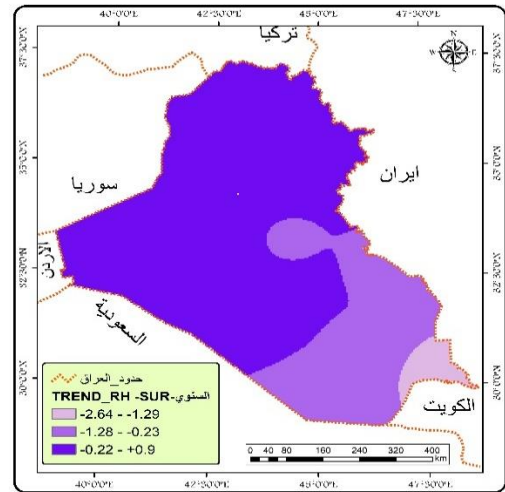
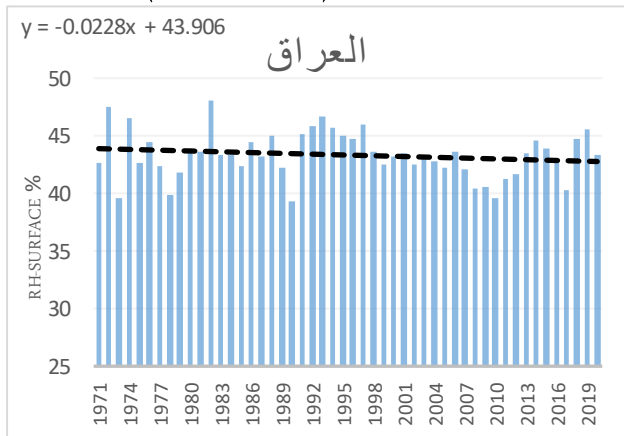
* الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 / Δ الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.1
sig المعنوية

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بغداد، 2020، (بيانات غير منشورة)

الخريطة (2) التوزيع المكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية السطحية الفصلية والسنوية في العراق من (1971-2020)



الشكل (1) الاتجاه العام للرطوبة النسبية السطحية السنوي في العراق من (1971-2020)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على، بيانات الهيئة العامة للأتواء الجوية ،وجداول (2) وبرنامج GIS 10.7 ، وبرنامج XLSTAT 2019

جدول (3) معدل تغير اتجاه الرطوبة النسبية عند المستوى 1000 % للمدة (1971 – 2020)										
المحطة	الربيع	الsig	الصيف	الsig	الخريف	الsig	الشتاء	الsig	السنوي	الsig
السليمانية	-1.54	*	-0.48	*	-0.61	O	1.18	**	-1.02	**
الموصل	-1.43	*	-0.01	O	0.07	O	0.63	Δ	-0.55	O
كركوك	-1.46	Δ	-0.07	O	-0.09	O	1.05	*	-0.63	*
بغداد	-1.04	Δ	-0.14	O	0.24	O	1.60	**	-0.76	*
الرطبة	-0.83	Δ	-0.16	O	0.60	O	0.89	Δ	-0.52	Δ
الحي	-0.97	Δ	-0.10	O	0.27	O	1.82	***	-0.85	*
النجف	-0.79	O	-0.07	O	0.33	O	0.79	Δ	-0.61	Δ
الديوانية	-0.69	O	-0.14	O	0.33	O	0.82	Δ	-0.59	Δ
السماوة	-0.67	O	-0.15	O	0.32	O	0.97	*	-0.58	*
العمارة	-0.99	Δ	-0.05	O	0.10	O	1.99	**	-0.88	**
الناصرية	-0.77	O	-0.10	O	0.33	O	1.28	**	-0.71	*
البصرة	-1.02	*	-0.05	O	0.04	O	2.06	***	-0.89	**
العراق	-1.02	Δ	-0.13	O	0.16	O	1.26	**	-0.72	*

*** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.001 / ** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01 /
 O الاتجاه غير معنوي
 * الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 / Δ الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.1
 sig المعنوية
 المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

2. اتجاهات الرطوبة النسبية في المستوى 1000 مليبار

أنَّ التتبع التاريخي للسلسلة الزمنية على المدى الطويل يعطي وصفاً دقيقاً للتغيرات التي تحدث في الرطوبة النسبية إذ يتضح من الجدول (3) والشكل (2) ان اتجاهات الرطوبة النسبية تتجه نحو الانخفاض في اغلب المحطات إذ بلغت نسبة الاتجاهات السالبة (79 %) ونسبة الاتجاهات الموجبة (21 %)، وتراوح مقدار التغير (0,04 – 2,06) % للعقد في جميع الفصول ، وسجل فصل الربيع في جميع المحطات انخفاضاً واضحاً أغلبها ذات دلالة احصائية إذ بلغ معدل التغير في العراق (-0.72) % للعقد و اعلى مقدار التغير السلبي (-1.02) % للعقد في محطة (السليمانية) و اقل مقدار للتغير السلبي (-0.52) % للعقد في محطة (الرطبة) ، بينما شهد فصل الصيف اتجاهاً متناقصاً ايضاً في جميع المحطات بدون دلالة إحصائية، وبلغ معدل التغير في

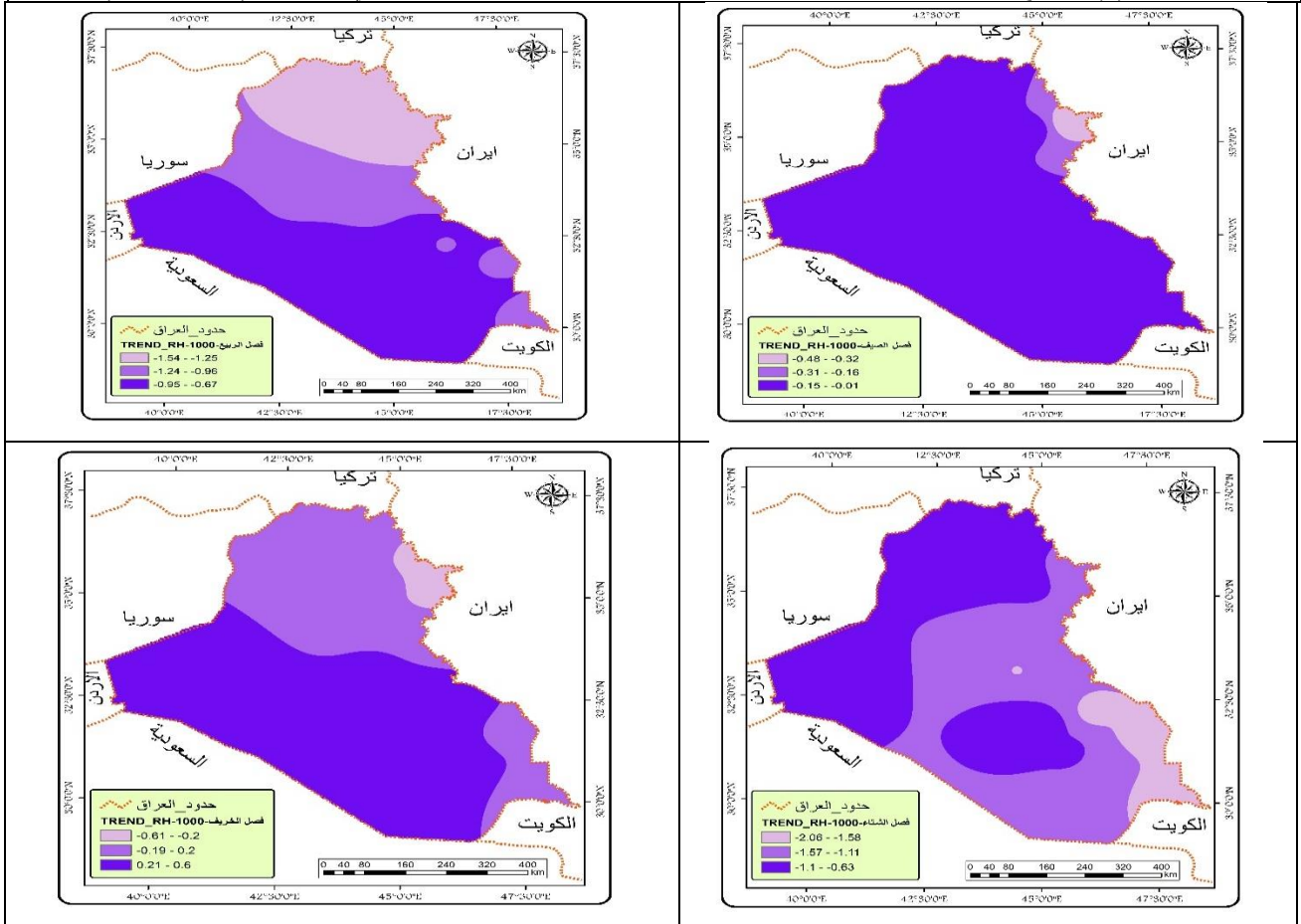
العراق (-0.13) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير (-0.48) % للعقد في محطة (السليمانية) وأقل مقدار للتغير (-0.01) % للعقد في محطة (الموصل)، في حين سجل فصل الخريف اتجاهها متزايداً باستثناء محطتي (السليمانية، كركوك)، وجاءت جميعها بدون دلالة إحصائية، وبلغ معدل التغير في العراق (0.16) % للعقد وأعلى مقدار للتغير السلبى (-0.61) % للعقد في محطة (السليمانية) وأعلى مقدار للتغير الإيجابي (0.60) % للعقد في محطة (الربطية)، وسجل فصل الشتاء في جميع المحطات اتجاهها متناقصاً ذات دلالة إحصائية وبلغ معدل التغير (-1.26) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبى (-2.06) % للعقد في محطة البصرة، أما على المستوى السنوي فشهدت جميع المحطات اتجاهها متناقصاً، وجاء معظمها ذات دلالة إحصائية ما عدا محطة (الموصل) وبلغ معدل التغير في العراق (-0.72) % للعقد وسجل أعلى مقدار للتغير السلبى (-1.02) % للعقد وبلغ أقل مقدار للتغير (-0.52) % للعقد ويتضح أن أغلب الفصول تتجه نحو الانخفاض، أما التوزيع المكاني الخريطة (3) للاتجاهات الفصلية والسنوية فقد توزعت في ثلاثة نطاقات مكانية سجل فصل الربيع في جميع أجزاء العراق انخفاضاً واضحاً في مقدار الرطوبة النسبية وكانت المناطق الجنوبية هي الأكثر انخفاضاً، بينما شهد فصل الصيف في جميع مناطق العراق انخفاض في الرطوبة النسبية وكانت المناطق الشمالية الشرقية هي الأكثر انخفاضاً، في حين سجل فصل الخريف في المناطق الشمالية الشرقية انخفاضاً بينما سجلت المناطق الشمالية والشمالية الغربية تباين بين الارتفاع والانخفاض البسيط، وفي المقابل سجلت المناطق الجنوبية والجنوبية الغربية ارتفاعاً بسيطاً، وقد انماز فصل الشتاء عن الفصول الأخرى بالانخفاض الأكبر لا سيما في المناطق الجنوبية والجنوبية الغربية والجنوبية الشرقية، وجاء التوزيع السنوي منسجماً مع توزيع الفصول الربيع الصيف الشتاء بالانخفاض وقد رصدت أكثر المناطق انخفاضاً في المناطق الشمالية تمتد إلى المناطق الجنوبية من جهة الشرق.

3. اتجاهات الرطوبة النسبية في المستوى 850 مليبار

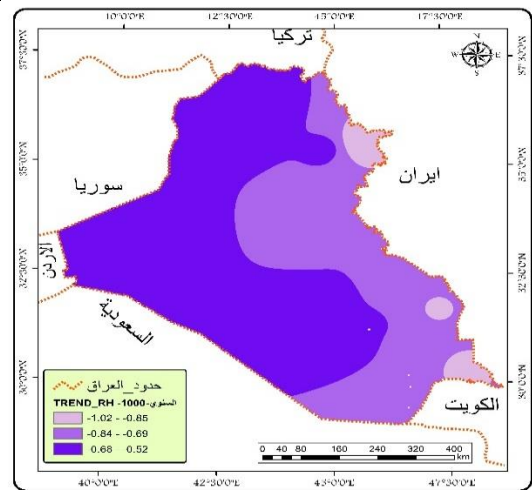
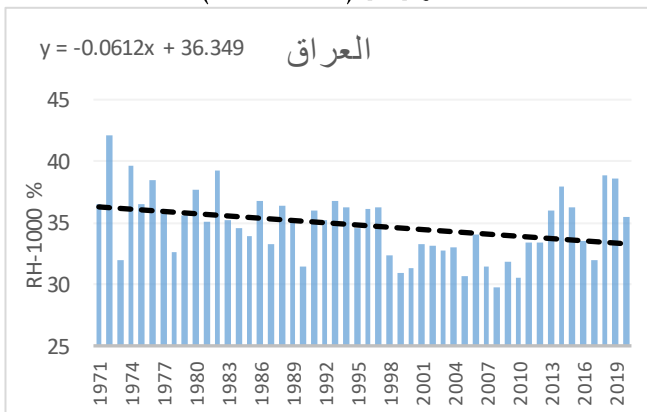
يتبين من الجدول (4) والشكل (3) أن الاتجاه العام للرطوبة النسبية يتجه نحو الانخفاض في معظم المحطات وبلغ نسبة الاتجاهات السلبية (65) %، وبلغت نسبة الاتجاهات الإيجابية (35) % وتراوح مقدار التغير (0.60 - 2.27) % للعقد في جميع الفصول، وسجل فصل الربيع في جميع محطاته اتجاهها متناقصاً وبلغ معدل التغير (-0.82) % للعقد وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبى (-1.51) % للعقد في محطة السليمانية، وأقل مقدار للتغير السلبى (-0.49) % للعقد في محطة الناصرية، بينما سجل فصل الصيف في سبع محطات اتجاهها متناقصاً هي (السليمانية، الربطية، النجف، الديوانية، السماوة، العمارة، البصرة) وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبى (-0.12) % للعقد في محطة البصرة، وسجل في ثلاث محطات اتجاهها طفيفاً جداً نحو التزايد هي (الموصل، كركوك، بغداد) بدون دلالة إحصائية، في حين شهد فصل الخريف في جميع المحطات اتجاهها متزايداً وبلغ معدل التغير (0.38) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير (0.60) % للعقد في محطة العمارة، أما فصل الشتاء سجل في جميع محطاته اتجاهها متناقصاً ذات دلالة إحصائية وبلغ معدل التغير (-1.78) % للعقد وبلغ أعلى مقدار للتغير الإيجابي (-2.27) % للعقد في محطة كركوك، وأقل مقدار للتغير السلبى (-1.38) % للعقد في محطة الربطية، بينما شهدت الاتجاهات السنوية في جميع المحطات اتجاهها متناقصاً ذات دلالة إحصائية، وبلغ معدل التغير (-0.68) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبى (-0.94) % للعقد في محطة الموصل، وأقل مقدار للتغير السلبى (-0.54) % للعقد في محطة البصرة، أما التوزيع الجغرافي للاتجاهات خريطة (4) توزعت في ثلاثة نطاقات، وسجل فصل الربيع في جميع مناطق العراق انخفاضاً، وكانت المناطق الشمالية هي الأكثر انخفاضاً،

اما فصل الصيف فسجل انخفاضاً طفيفاً جداً توزع من الشمال الى الجنوب ،بينما سجل فصل الشتاء أكثر الفصول انخفاضاً في جميع انحاء العراق ، في المقابل شهد فصل الخريف ارتفاعاً بسيطاً ، ثم جاء التوزيع السنوي منسجماً مع فصلي الربيع والشتاء ،وكانت المناطق الشمالية هي الأكثر انخفاضاً.

الخريطة (3) التوزيع المكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية عند مستوى 1000 الفصلية و السنوية في العراق من (1971- 2020)



الشكل (2) الاتجاه العام للرطوبة النسبية عند مستوى 1000 السنوي في العراق من (1971- 2020)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5 وجدول (3) وبرنامج GIS 10.7 ، وبرنامج XLSTAT

4. اتجاهات الرطوبة النسبية في المستوى 700 مليبار

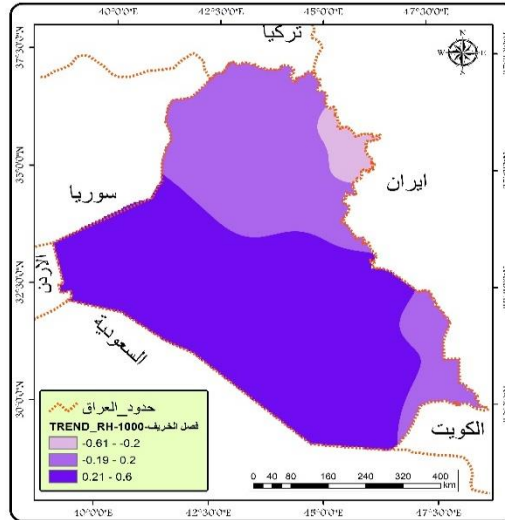
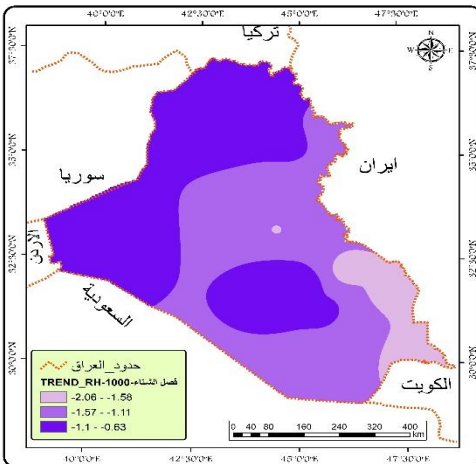
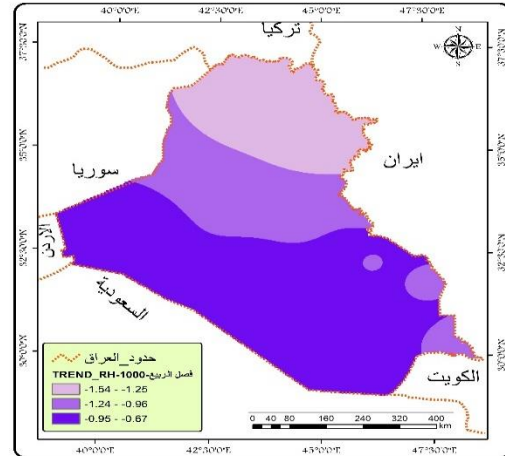
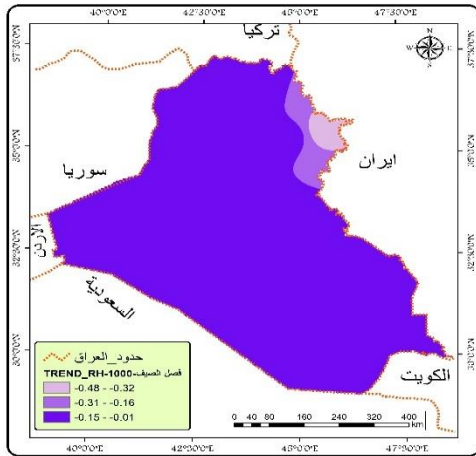
يتبين من الجدول (5) والشكل (4) ان الاتجاه العام للرطوبة النسبية متباين بين الارتفاع والانخفاض اذ سجلت الاتجاهات السالبة (52 %) ، والاتجاهات الموجبة (48 %) ، ولقد تباينت مقادير التغير في الفصول اذ سجل فصل الربيع في جميع محطاته اتجاهاً متناقصاً وبلغ معدل التغير (-0.57) % للعقد ، وبلغ اعلى مقدار للتغير السلبي (-1.13) % للعقد في محطة الموصل و اقل مقدار للتغير السلبي بلغ (-0.29) % للعقد في محطة النجف ، اما فصل الصيف ف جاء باتجاهاً معاكس وبلغ معدل التغير (0.39) % للعقد ، وبلغ اعلى مقدار للتغير (0.68) % للعقد في محطة بغداد ، وسجل فصل الخريف ايضاً اتجاهاً متزايداً في جميع محطاته ، وبلغ معدل التغير

جدول (4) معدل تغير اتجاه الرطوبة عند المستوى 850 % للمدة (1971 – 2020)										
المحطة	الربيع	sig	الصيف	sig	الخريف	sig	الشتاء	sig	السنيوي	sig
السليمانية	-1.51	*	-0.11	0	0.13	0	1.55	**	-0.90	**
الموصل	-1.41	**	0.01	0	0.00	0	1.85	**	-0.94	**
كركوك	-1.27	*	0.03	0	0.20	0	2.27	***	-0.94	**
بغداد	-0.80	0	0.03	0	0.48	0	1.90	***	-0.66	*
الرطبة	-1.02	*	-0.11	0	0.28	0	1.38	***	-0.64	**
الحي	-0.65	0	0.00	0	0.53	0	1.81	***	-0.64	*
النجف	-0.53	0	-0.07	0	0.43	0	1.90	***	-0.58	*
الديوانية	-0.49	0	-0.07	0	0.47	0	1.87	***	-0.58	*
السماوة	-0.50	0	-0.09	0	0.52	0	1.81	***	-0.61	*
العمارة	-0.56	0	0.00	0	0.60	0	1.72	***	-0.59	*
الناصرية	-0.49	0	-0.11	0	0.46	0	1.75	***	-0.58	*
البصرة	-0.56	0	-0.12	0	0.46	0	1.57	**	-0.54	*
العراق	-0.82	*	-0.05	0	0.38	0	1.78	***	-0.68	**

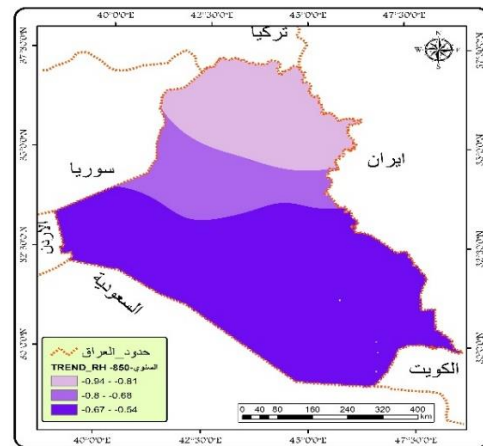
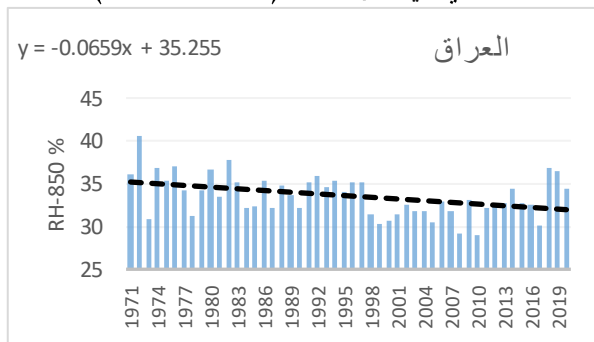
*** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.001 / ** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01 /
 0 الاتجاه غير معنوي
 * الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 / Δ الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.1
 sig المعنوية
 المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

(0.54) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير (0.64) % للعقد في محطة في محطتي النجف الناصرية، بينما سجل فصل الشتاء في جميع محطاته اتجاهات متناقضاً وبلغ معدل التغير (-0.88) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبي (-1.32) % للعقد في محطة الرطبة، وسجل أقل مقدار للتغير السلبي (-0.26) % للعقد في محطة الرطبة، كما جاءت الاتجاهات السنوية في أغلب محطاتها باتجاه متناقض وبلغ معدل التغير (-0.20) % للعقد الشكل (4)، وسجل أعلى مقدار للتغير السلبي (-0.57) % للعقد في محطة الموصل، أما التوزيع المكاني للاتجاهات خريطة (5)، فقد توزعت في ثلاثة نطاقات، وقد سجل فصلي الربيع والشتاء نمطاً متشابهاً في الانخفاض في جميع مناطق العراق وسجلت المناطق الشمالية أكثر انخفاضاً، في المقابل شهد فصلي الصيف والخريف زيادة في الرطوبة النسبية في جميع مناطق العراق، ماعدا المنطقة الشمالية في فصل الصيف فقد سجلت انخفاضاً طفيفاً جداً، أما التغيرات السنوية جاءت منسجمة مع التغيرات لفصلي الربيع والشتاء وسجلت المناطق الشمالية أكثر انخفاضاً من المناطق الأخرى.

الخريطة (4) التوزيع المكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية عند مستوى 850 الفصليّة والسنووية في العراق من (1971-2020)



الشكل (3) الاتجاه العام للرطوبة النسبية عند مستوى 850 السنوي في العراق من (2020 - 1971)

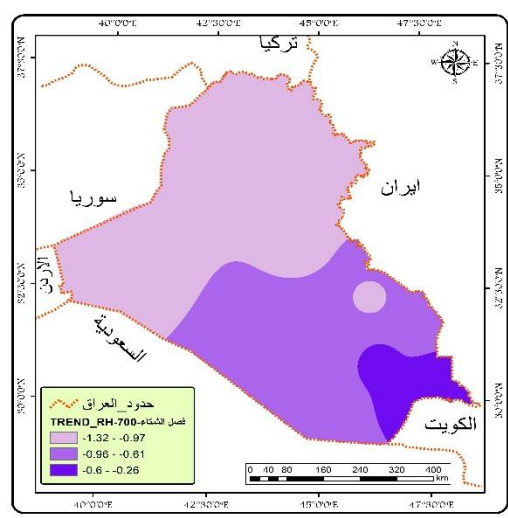
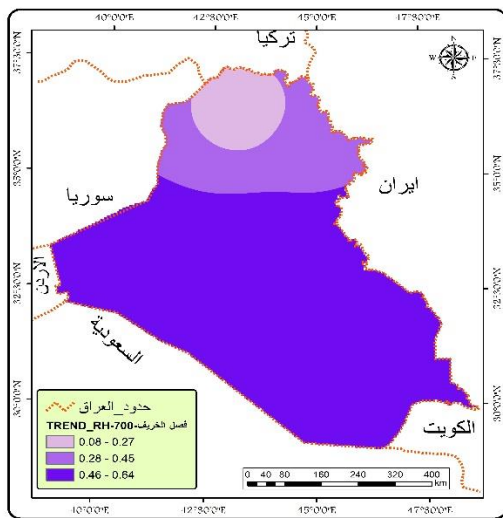
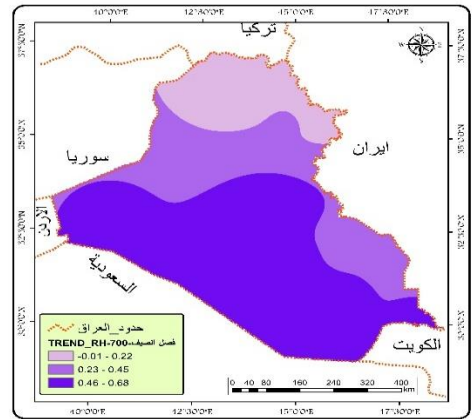


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5 وجدول (4) وبرنامج GIS 10.7 ، وبرنامج XLSTAT 2019

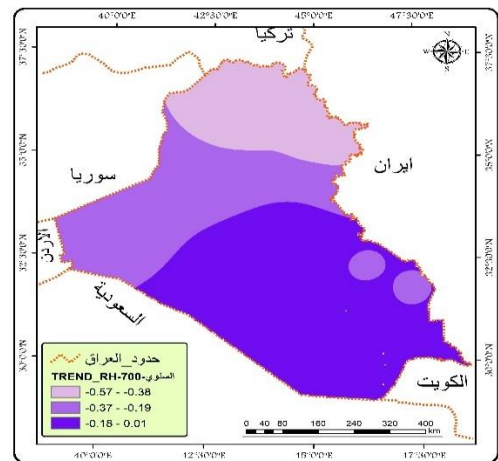
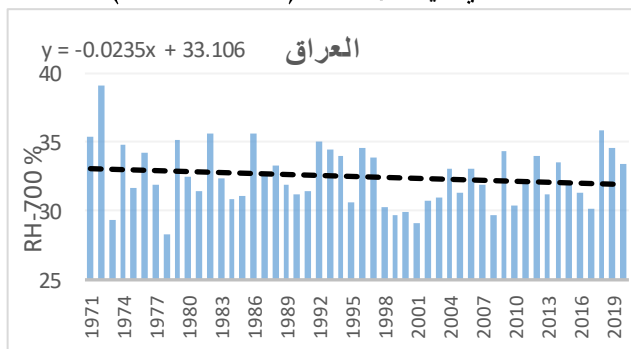
جدول (5) معدل تغير اتجاه الرطوبة النسبية عند المستوى 700 % للمدة (2020 – 1971)										
المحطة	الربيع	sig	الصيف	sig	الخريف	sig	الشتاء	sig	السنوي	sig
السليمانية	-0.85	*	0.10	O	0.43	O	-1.29	*	-0.51	Δ
الموصل	-1.13	**	-0.01	O	0.08	O	-1.06	*	-0.57	*
كركوك	-0.90	*	0.25	O	0.39	O	-1.16	**	-0.39	O
بغداد	-0.65	O	0.68	Δ	0.63	O	-1.14	**	-0.13	O
الربطبة	-0.34	O	0.48	O	0.58	O	-1.32	O	-0.21	O
الحي	-0.67	O	0.32	O	0.58	O	-1.09	**	-0.23	O
النجف	-0.29	O	0.58	*	0.64	O	-0.71	*	-0.03	O
الديوانية	-0.32	O	0.51	Δ	0.62	O	-0.66	*	-0.04	O
السماوة	-0.31	O	0.46	*	0.58	O	-0.63	Δ	-0.03	O
العمارة	-0.58	O	0.31	O	0.62	O	-0.74	*	-0.22	O
الناصرية	-0.39	O	0.51	*	0.64	O	-0.52	O	-0.08	O
البصرة	-0.44	O	0.47	Δ	0.64	O	-0.26	O	0.01	O
العراق	-0.57	O	0.39	O	0.54	O	-0.88	*	-0.20	O

*** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.001 / ** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01 /
 O الاتجاه غير معنوي
 * الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 / Δ الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.1
 sig المعنوية
 المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

الخريطة (5) التوزيع المكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية عند مستوى 700 الفصليّة والسنووية في العراق من (2020 -1971)



الشكل (4) الاتجاه العام للرطوبة النسبية عند مستوى 700 السنوي في العراق من (2020 -1971)



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5 وجدول (5) وبرنامج GIS 10.7 ، وبرنامج XLSTAT 2019

5. اتجاهات الرطوبة النسبية في المستوى 500 مليبار

يتضح من الجدول (6) والشكل (5) ان الاتجاه العام للرطوبة النسبية متباين بين الانخفاض والارتفاع اذ بلغت نسبة الاتجاهات السلبية (52%)، وبلغت نسبة الاتجاهات الإيجابية (48%) وقد تباينت هذه الاتجاهات في الفصول اذ شهد فصل الربيع في جميع محطاته اتجاهاً متناقصاً وبلغ معدل التغير (-0.48) % للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير السليبي (-0.75) % للعقد في محطة الرطبة، وبلغ اقل مقدار للتغير السليبي (-0.24) % للعقد في محطة العمارة ، اما فصل الصيف فقد سجل في جميع محطاته اتجاهاً متزايداً، ماعدا محطة السماوة وبلغ معدل التغير (0.86) % للعقد، وبلغ اعلى مقدار للتغير الإيجابي (1.27) % للعقد في محطة العمارة، وبلغ اعلى مقدار للتغير السليبي (-0.50) % للعقد في محطة السماوة، بينما سجل فصل الخريف في معظم محطاته اتجاهاً متزايداً باستثناء محطة السماوة، وبلغ معدل التغير (0.36) % للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير الإيجابي (0.60) % للعقد في محطة الرطبة، وبلغ اعلى مقدار للتغير السليبي (-0.05) % للعقد في محطة السماوة، في حين شهد فصل الشتاء في جميع المحطات اتجاهاً متناقصاً باستثناء محطة السماوة وبلغ معدل التغير (-0.43) % للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير السليبي (-0.82) % للعقد في محطة الموصل، اما الاتجاهات السنوية سجلت في اغلب المحطات اتجاهاً متزايداً ما عدا محطتي الموصل كركوك وبلغ معدل التغير (0.13) % للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير الإيجابي (0.38) % للعقد في محطة الناصرية، واعلى مقدار للتغير السليبي (-0.30) % للعقد في محطة السماوة، اما التوزيع المكاني للاتجاهات خريطة (6) توزعت في ثلاثة نطاقات مكانية شهد فصل الربيع في جميع مناطق العراق انخفاضاً لا سيما المناطق الشمالية والغربية والمناطق الوسطى من العراق، بينما سجل فصل الشتاء أيضاً في اغلب مناطق العراق انخفاض في مقدار الرطوبة النسبية، باستثناء مدينة السماوة، وكانت المناطق الشمالية هي الأكثر انخفاضاً، بينما سجل فصلي الصيف والخريف في اغلب مناطق العراق ارتفاعاً في مقدار الرطوبة النسبية ماعدا منطقة السماوة التي سجلت انخفاضاً ملحوظاً، اما التغيرات السنوية فقد جاءت منسجمة مع تغيرات فصلي الصيف والخريف، التي شهدت تزايداً في مقدار الرطوبة النسبية ماعدا منطقتي الموصل والسماوة اللتين سجلتا انخفاضاً طفيفاً.

جدول (6) معدل تغير اتجاه الرطوبة عند المستوى 500 % للمدة (2020 – 1971)										
المحطة	الربيع	الصيف	الخريف	الشتاء	السنوي	sig	sig	sig	sig	sig
السليمانية	-0.49	0	0.30	0	0.02	0	Δ	-	0.78	0
الموصل	-0.63	Δ	0.65	0	-0.22	0	*	-	0.82	0
كركوك	-0.61	Δ	0.72	0	-0.08	0	Δ	-	0.79	0
بغداد	-0.60	0	0.79	0	0.13	0	0	-	0.53	0
الربطية	-0.75	*	0.78	0	0.12	0	0	-	0.61	0
الحي	-0.41	0	1.16	0	0.21	0	0	-	0.46	0
التنجف	-0.41	0	1.04	0	0.37	0	0	-	0.28	0
الديوانية	-0.41	0	1.03	0	0.35	0	0	-	0.28	0
السماوة	-0.52	0	-0.50	0	-0.30	0	0	-	0.32	0
العمارة	-0.24	0	1.27	0	0.36	0	0	-	0.30	0
الناصرية	-0.26	0	1.23	0	0.38	Δ	0	-	0.30	0
البصرة	-0.38	0	1.26	0	0.26	0	0	-	0.33	0
العراق	-0.48	0	0.86	0	0.13	0	0	-	0.43	0

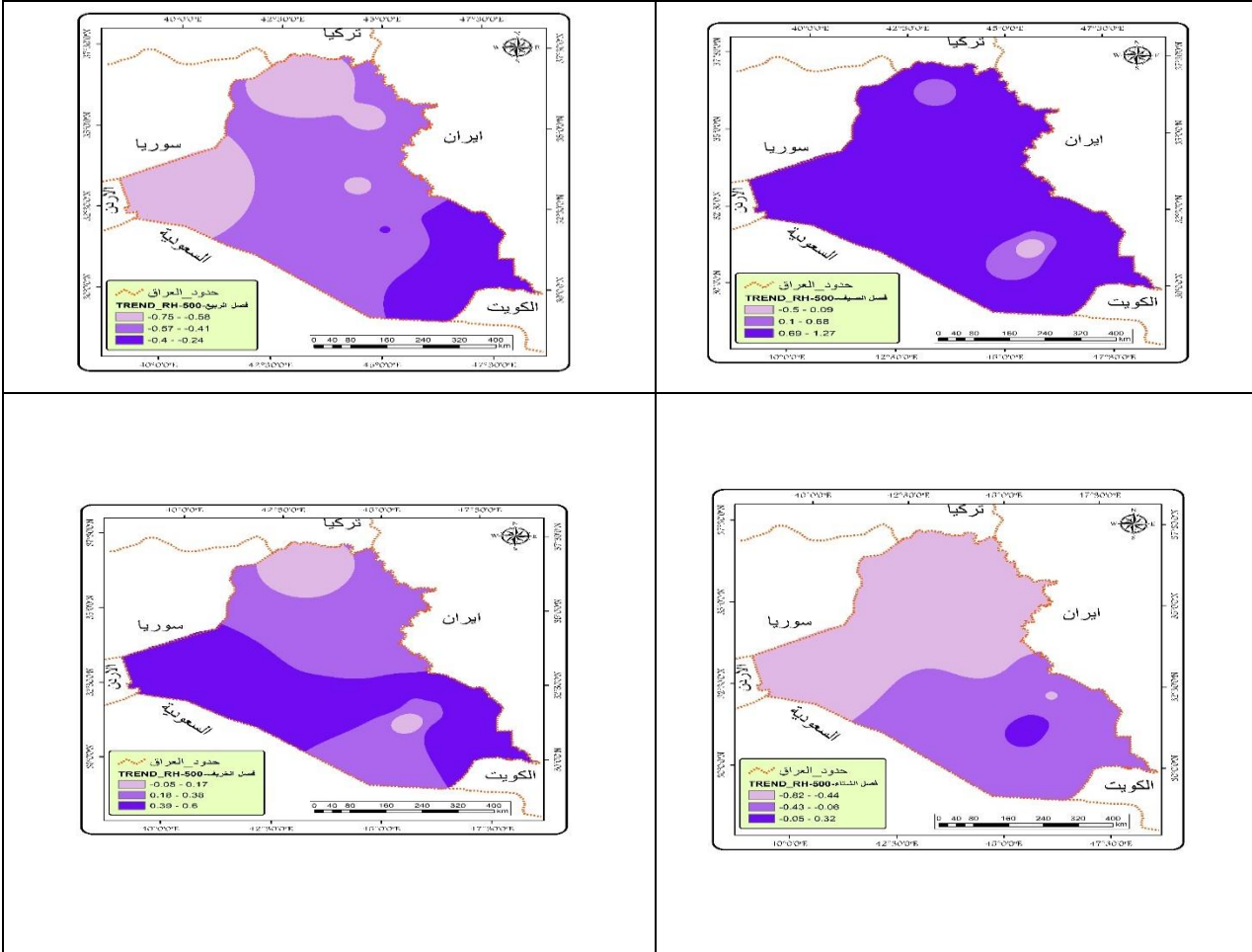
*** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.001 / ** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01 /
 O الاتجاه غير معنوي
 * الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 / Δ الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.1
 sig المعنوية
 المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

6. اتجاهات الرطوبة النسبية في المستوى 300 مليار

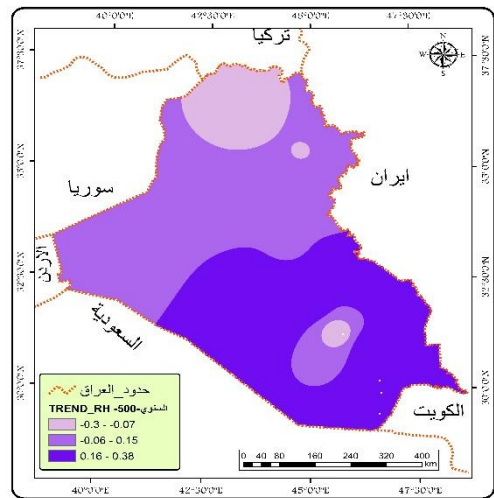
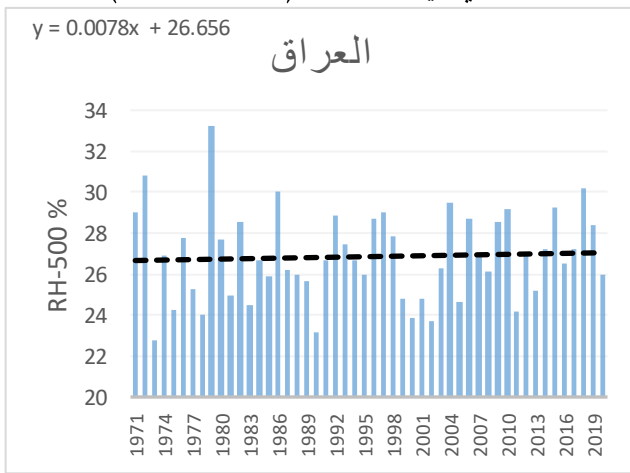
يتضح من الجدول (7) والشكل (6) ان الاتجاه العام للرطوبة النسبية يتجه نحو الانخفاض في اغلب المحطات اذ بلغت نسبة الاتجاهات السلبية (75%)، وبلغت نسبة الاتجاهات الموجبة (25%) و رُصد ان الاتجاه العام في فصل الربيع يتجه نحو الانخفاض في جميع المحطات وبلغ معدل التغير (-0.82) % للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير السلمي (-1.03) % للعقد في محطة الرطبة و اقل مقدار للتغير السلمي (-0.64) % للعقد في محطة الموصل، شهد فصل الصيف ايضاً في جميع محطاته اتجاهاً متناقصاً وبلغ معدل التغير (-0.17) % للعقد وبلغ اعلى مقدار للتغير السلمي (-0.26) % للعقد في محطة الناصرية ، وبلغ اقل مقدار للتغير السلمي (-0.06) % للعقد في محطة الرطبة ، بينما سجل فصل الخريف في جميع المحطات اتجاهاً متزايداً بدون دلالة إحصائية ،

وبلغ معدل التغير (0.18) % للعقد ، وبلغ أعلى مقدار للتغير الإيجابي (0.34) % للعقد في محطة بغداد ، و أقل معدل للتغير (0.01) % للعقد في محطة الموصل في حين شهد فصل الشتاء في جميع محطاته اتجاهات متناقضاً بدون دلالة إحصائية وبلغ معدل التغير (-0.42) % للعقد وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبي (-0.89) % للعقد في محطة السليمانية ، اما الاتجاهات السنوية فقد سجلت في جميع المحطات اتجاهات متناقضاً وبلغ معدل التغير (-0.30) % للعقد، وبلغ أعلى مقدار للتغير السلبي (-0.51) % للعقد في محطة كركوك و أقل مقدار للتغير السلبي (-0.13) % للعقد في محطة العمارة ، اما التوزيع المكاني للاتجاهات خريطة (7) فتوزعت أيضا في ثلاثة نطاقات مكانية، سجّل فصل الربيع في جميع مناطق العراق انخفاضاً في الرطوبة النسبية وكانت المناطق الغربية ومدينة بغداد هي الأكثر انخفاضاً ، في حين سجّل فصل الصيف هو الآخر انخفاضاً في جميع مناطق العراق، وكانت المناطق الجنوبية هي الأكثر انخفاضاً ، بينما سجّل فصل الخريف في جميع مناطق العراق تزايداً وكانت بعض المناطق الوسطى والفرات الأوسط هي الأكثر تزايداً ، وشهد فصل الشتاء في جميع مناطق العراق انخفاضاً، وكانت المناطق الشمالية والغربية هي الأكثر انخفاضاً ، وجاءت التغيرات السنوية منسجمة مع التغيرات في الفصول الربيع والصيف والشتاء بالانخفاض، وكانت المناطق الشمالية هي الأكثر انخفاضاً .

الخريطة (6) التوزيع المكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية عند مستوى 500 الفصليّة والسنووية في العراق من (2020 -1971)



الشكل (5) الاتجاه العام للرطوبة النسبية عند مستوى 500 السنوي في العراق من (2020 -1971)

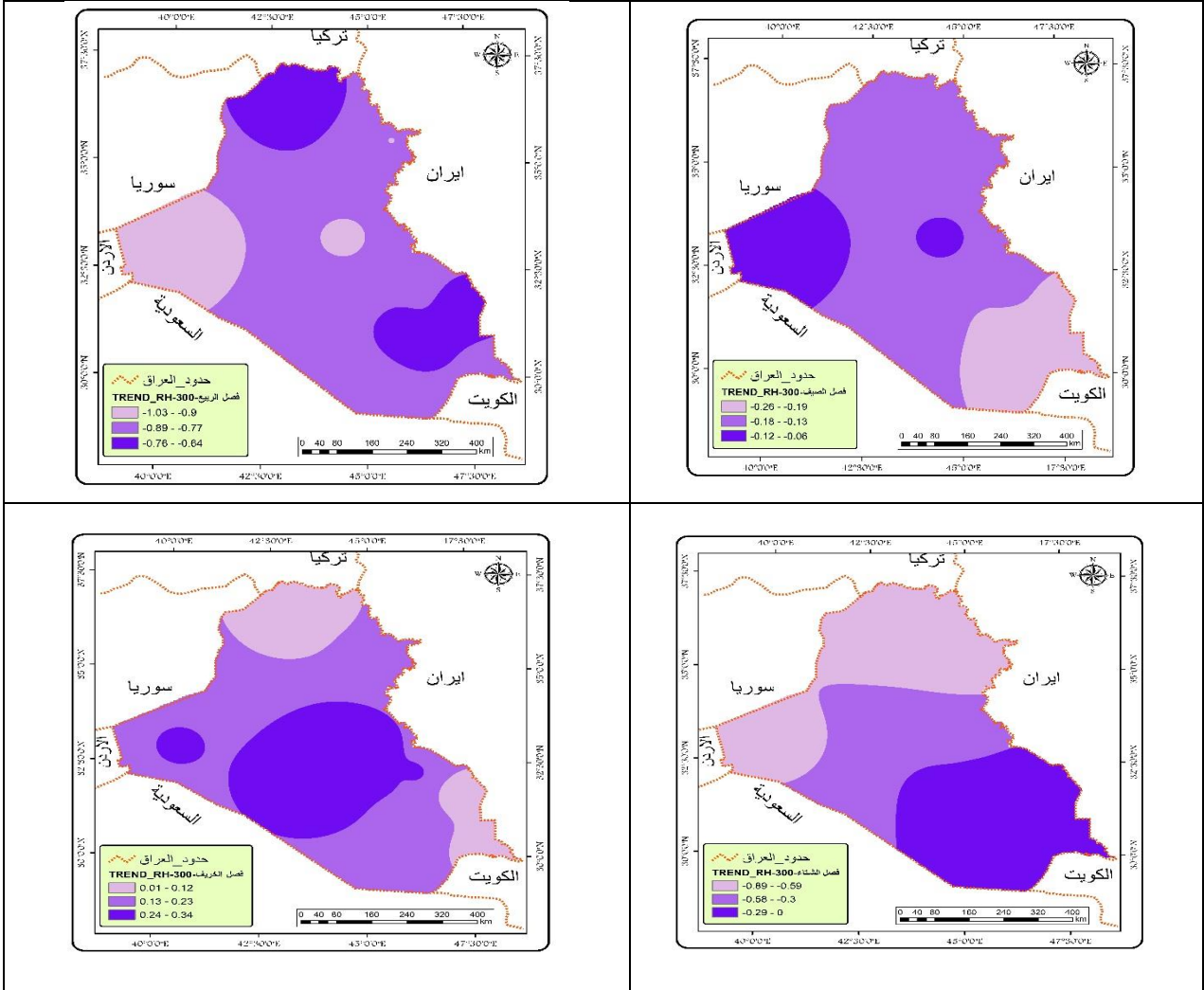


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5 وجدول (6) وبرنامج GIS 10.7 ، وبرنامج XLSTAT 2019

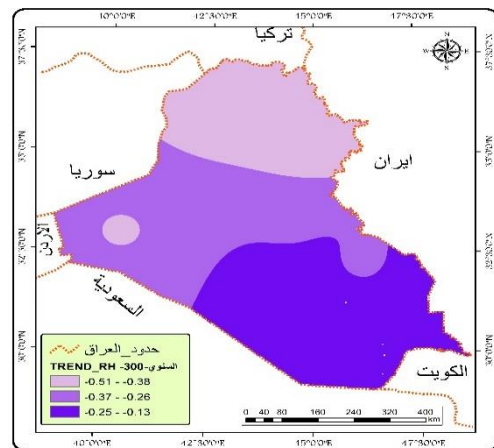
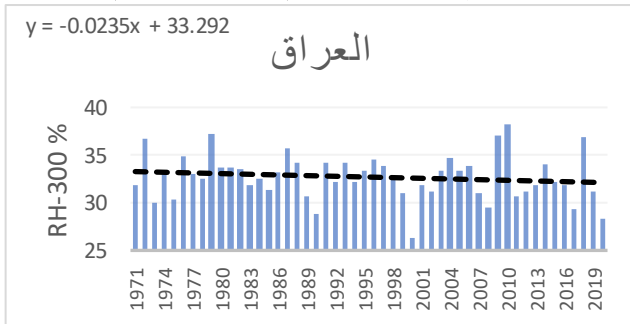
جدول (7) معدل تغير اتجاه الرطوبة النسبية عند المستوى 300 % للمدة (2020 – 1971)										
المحطة	الربيع	sig	الصيف	sig	الخريف	sig	الشتاء	sig	السنوي	sig
السليمانية	-0.90	Δ	-0.15	O	0.13	O	-	O	-0.49	Δ
الموصل	-0.64	O	-0.19	O	0.01	O	-	O	-0.50	Δ
كركوك	-0.84	*	-0.15	O	0.15	O	-	O	-0.51	Δ
بغداد	-0.94	Δ	-0.10	O	0.34	O	-	O	-0.31	O
الربطية	-1.03	*	-0.06	O	0.24	O	-	O	-0.39	O
الحي	-0.79	O	-0.14	O	0.24	O	-	O	-0.33	O
النجف	-0.86	Δ	-0.17	O	0.33	O	-	O	-0.16	O
الديوانية	-0.83	Δ	-0.16	O	0.30	O	-	O	-0.16	O
السماوة	-0.72	Δ	-0.21	O	0.19	O	-	O	-0.13	O
العمارة	-0.73	Δ	-0.23	O	0.02	O	0.00	O	-0.13	O
الناصرية	-0.75	Δ	-0.26	O	0.13	O	-	O	-0.18	O
البصرة	-0.78	*	-0.22	O	0.06	O	-	O	-0.26	O
العراق	-0.82	O	-0.17	O	0.18	O	-	O	-0.30	O

*** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.001 / ** الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.01 / O الاتجاه غير معنوي
 * الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.05 / Δ الاتجاه معنوي عند مستوى الدلالة 0.1
 sig المعنوية
 المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

الخريطة (7) التوزيع المكاني لاتجاهات الرطوبة النسبية عند مستوى 300 الفصليّة والسنووية في العراق من (2020 -1971)



الشكل (6) الاتجاه العام للرطوبة النسبية عند مستوى 300 السنوي في العراق من (2020 -1971)

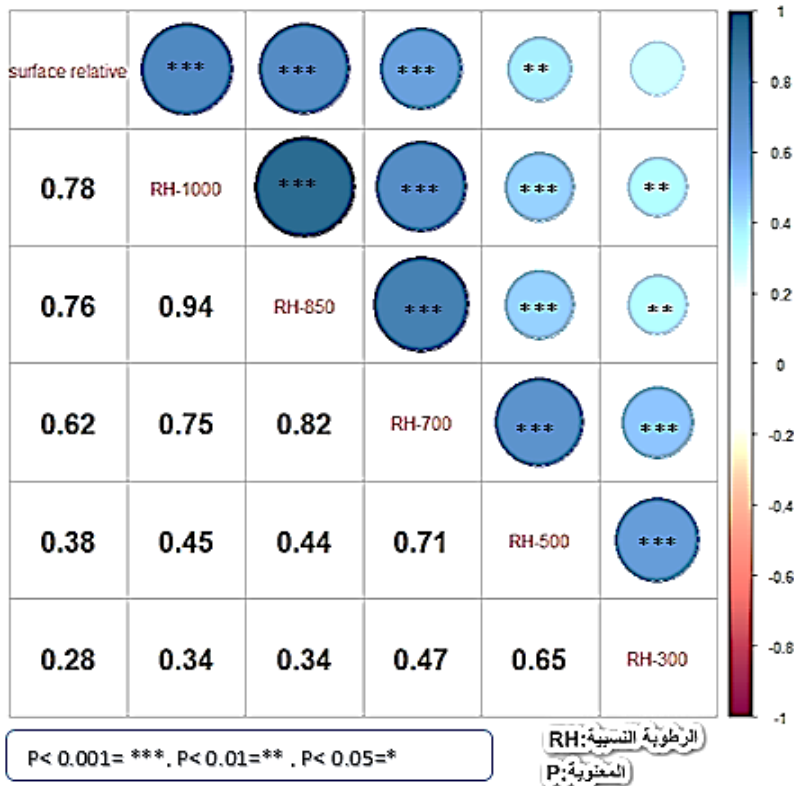


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5 وجدول (7) وبرنامج GIS 10.7 ، وبرنامج XLSTAT 2019

7. العلاقة بين الرطوبة النسبية السطحية والرطوبة في طبقة التربوسفير

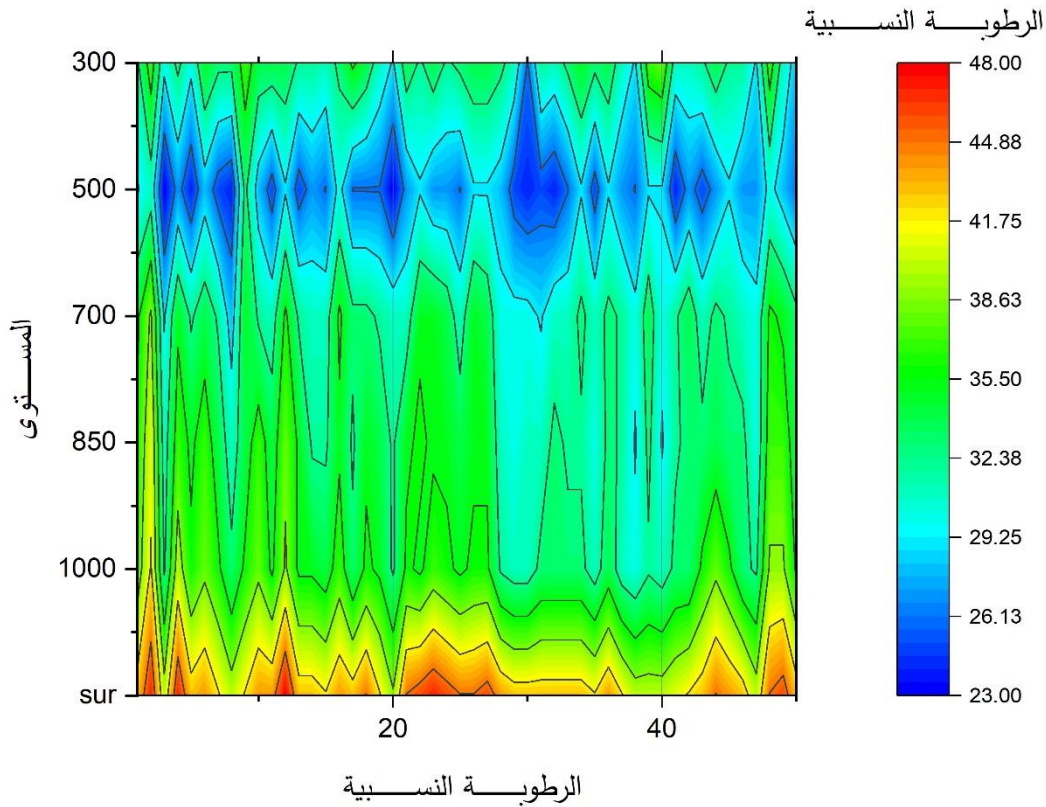
يتضح من الشكل (7) أن العلاقة الارتباطية بين الرطوبة النسبية السطحية والرطوبة في طبقات الجو العليا، قد أظهرت علاقة طردية موجبة قوية ذات دلالة إحصائية عالية ماعدا مستوى RH300 ، إذ بلغت العلاقة بين الرطوبة السطحية والمستوى RH1000 (0.78)، والرطوبة السطحية والمستوى RH850 (0.76)، والرطوبة السطحية والمستوى RH700 (0.62) والرطوبة السطحية والمستوى RH500 (0.38)، والرطوبة السطحية والمستوى RH300 (0.28)، وعلى الرغم الارتفاع بين الرطوبة السطحية والمستويات المختلفة إلا ان هناك علاقة قوية معنوية ونلاحظ ايضاً كلما زاد مستوى الارتفاع قل معامل الارتباط، اما معدلات الرطوبة النسبية في طبقة التربوسفير كما في الشكل (7) فنلاحظ من خلالها ان الرطوبة النسبية السطحية قد سجلت أعلى نسبة ، وتراوح بين (39 - 48) %، بينما سجلت اقل نسبة عند المستوى 500 تراوحت (23 - 33) % ، اما المستويات الأخرى فقد تراوحت مقدار الرطوبة فيها (26 - 42) %

الشكل (7) العلاقة بين الرطوبة النسبية السطحية والرطوبة في طبقة التربوسفير



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5، وبيانات الهيئة العامة للأحوال الجوية

الشكل (8) معدل الرطوبة النسبية في طبقة التروبوسفير



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات reanalysis-datasets/era5، وبيانات الهيئة العامة للأرصاد الجوية

ثالثاً: المناقشة:

تشير النتائج في أغلب محطات الدراسة الى أن هناك انخفاضاً في الرطوبة النسبية على المستوى السطحي والمستويات العليا، وتشير اغلب الاتجاهات السنوية الى الانخفاض ماعدا المستوى RH500، فضلا عن وجود انخفاض كبير في فصل الشتاء والربيع، وهذا الاتجاه التنازلي يتوافق مع دراسات عالمية سابقة، منها دراسة (Simmons et al., 2010)، التي اكدت انخفاض الرطوبة النسبية على مناطق اليابسة، قد يكون هذا بسبب محدودية إمدادات الرطوبة من المحيطات ودراسة (Vicente-Serrano et al., 2018) للمدة (1979 – 2014)، التي حللت الرطوبة على النطاق العالمي وأكدت أن الاتجاهات السلبية هي المهيمنة بشكل عام مع بروز تنوع في الاتجاهات للرطوبة النسبية المرصودة ويعد تفسير الانخفاض معقداً بسبب العمليات الديناميكية والديناميكية الحرارية، وأشارت نتائجهم لا توجد آلية فيزيائية واحدة، يمكن عدها يكون مسؤولة عن الاتجاهات المرصودة في الرطوبة لنسبية على الصعيد العالمي ودراسة (Katharine M. Willett et al., 2008) التي ايدت النسبة الثابتة للرطوبة النسبية لكن الذي يلاحظ أن هناك انخفاضاً في الرطوبة النسبية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ذات دلالة إحصائية للمدة (1973 – 2003)، اما على النطاق الإقليمي فقد أفادت الكثير من الدراسات الى انخفاض الرطوبة النسبية، منها دراسة (Vicente-Serrano et al., 2014) للمدة (1961 –

(2011) التي أظهرت ان هناك انخفاضاً كبيراً في الرطوبة النسبية للمناطق البرية في إسبانيا، وكان الانخفاض الأعظم في فصل الصيف والربيع ، ومنها أيضاً دراسة (Niu et al., 2020) في الصين ، التي استخدمت 2474 محطة مؤكدة انخفاض الرطوبة النسبية بمقدار (-0.30%) للعقد للمدة (1961 – 2015) ، وأشارت ان أسباب الانخفاض يرجع التحضر وقلة بخار الماء من المحيطات وضعف الرياح الموسمية ، اما الدراسات المحلية التي تتوافق مع نتائج دراستنا الحالية التي اكدت الانخفاض في الرطوبة النسبية، منها دراسة (الاسدي، 2007) (Alasadi,2007)، التي أظهرت تغيراً سالباً في الرطوبة النسبية بين الدورتين المناخيتين (1941 – 1951) – (1990 – 2000) بمقدار (-20 – 24%) لأربع محطات مناخية ، ودراسة (الجبوري، 2014) (alJabburi,2014) لمحطتي (بغداد ، الموصل) وأفادت بانخفاض الرطوبة النسبية، ودراسة (صالح، 2015) (Saleh,2015)، التي بينت تغيرات فئات الرطوبة النسبية ودراسة (Abdulwahab, 2015) التي اوضحت ان الرطوبة النسبية للمدة (1951 – 2010) للمحطات (موصل ،بغداد ، رطبة ، بصرة أن الرطوبة النسبية اتسمت بالتناقص خلال أشهر الشتاء والربيع والخريف وفصل الصيف اقل نسبياً ، وفي المقابل شهد فصل الصيف اتجاهات متزايدة على المستوى السطحي ماعدا المحطات (بغداد ،العمارة ،الناصرية البصرة)، والمستوى RH700 والمستوى RH500 ، بينما سجلت المستويات (RH300، RH850،RH1000) اتجاهات متناقصة في اغلب المحطات فضلا عن كون فصل الخريف قد شهد اتجاهات متزايدة أيضاً في المستوى السطحي باستثناء محطة (بغداد ، العمارة ، وجميع المستويات المدروسة في طبقة التروبوسفير .

والجدير بالذكر أن الدراسة الحالية تختلف وتتفق في آن واحد مع بعض الدراسات اذ اشارت الى زيادة الرطوبة النسبية منها دراسة (Abu-taleb et al., 2007) في الأردن للمدة (1923 – 2005) ، التي اشارت الى اتجاه متزايد في المحطات المدروسة ولجميع الفصول، وكان معدل الزيادة في محطة عمان (0.13%) سنوياً، وهذه الزيادة ذات دلالة إحصائية لا سيما في فصل الصيف والخريف اذ اتفقت مع هذين الفصلين واختلفت مع الاتجاه السنوي والفصول الأخرى، وايضاً دراسة (Talaee & Sabziparvar, 2012) عن تغيرات الرطوبة النسبية في ايران لعشر محطات ساحلية للمدة (1966 – 2005)، التي بينت زيادة الرطوبة بمقدار (1.03 و 0.28%) للعقد ، ومع ذلك المدة الزمنية لهذه الدراسات سابقة، والانخفاض القوي حدث في العقود الأخيرة.

وعلى هذا يمكن القول ان عملية تفسير تباين الرطوبة الجوية معقدة جداً؛ بسبب الفرضيات المتعددة التي تفسرت انخفاض الرطوبة النسبية، والملاحظ ان ظاهرة التغير المناخية حقيقة ماثلة بسبب زيادة تراكيز الغازات الدفيئة الناتجة عن الأنشطة البشرية، التي أدت الى تقلبات وتغيرات في الغلاف الجوي ومنها الرطوبة الجوية وهذه التغيرات فسرت بفرضيات متنوعة على المستوى العالمي والإقليمي والمحلي اذ فسرت الدراسات في العراق، ومنها دراسة (القرشي، 2019) ،التي اشارت ان العناصر والطواهر المناخية المستقلة في المناطق الوسطى من العراق تفسر بنسبة (38 – 75%) من التغيرات التي تحصل في الرطوبة النسبية، فضلا عن الدراسات العالمية والإقليمية التي فسرت بفرضياتها منها تباطؤ احترار المحيطات (Lambert & Chiang, 2007) ،وعملية التغذية الراجعة بين الأرض والغلاف الجوي (Rodell et al., 2015) ، وهناك عوامل محلية مثل زيادة درجات الحرارة وانخفاض كميات الامطار ، قلة الغطاء النباتي ، زيادة ظاهرة الجفاف والتصحر ، وانخفاض سرعة الرياح والتبخير نتج يمكن ان تفسر تناقص الرطوبة النسبية في العراق الا ان زيادة الرطوبة النسبية في المناطق الشمالية وانخفاضها في المناطق الجنوبية تحتاج لمزيد من البحث والتحري فضلا عن البحث عن تأثير مؤشرات دوران الغلاف الجوي وأثره على الرطوبة الجوية.

رابعاً: الاستنتاجات

حللت هذه الدراسة اتجاهات الرطوبة النسبية وتبايناتها الزمانية والمكانية، متخذة النطاق الإقليمي للمستوى السنوي والفصلي أساساً باستخدام بيانات الرطوبة النسبية السطحية المرصودة، وبيانات إعادة التحليل (Reanalysis) للمدة (1971 – 2020) لاثنتي عشر محطة عبر استخدام اختبار الاتجاه اللامعلمي، وكشفت النتائج عن وجود اتجاه متناقص في الرطوبة النسبية، وتراوح مقدار التغير السنوي (0.13 – 0.72 %) للعقد لجميع المستويات، وبلغ أعلى مقدار للتغير في المستوى RH1000، بينما شهدت الفصول تغيرات كبيرة خاصة في فصلي الربيع والشتاء هما الأكثر تغيراً نحو الانخفاض ذات دلالة إحصائية عالية، وكانت المستويات RH850، RH1000، RH-SU هي الأكثر تغيراً من بين المستويات وسجلت محطة البصرة أعلى مقدار للتناقص في فصل الربيع بمقدار (-3.94) % للعقد على السطح، ومكانياً كانت المناطق الجنوبية هي الأكثر انخفاضاً في التغيرات السنوية في المستوى السطحي والمستوى RH1000، بينما شهدت المناطق الشمالية أكثر انخفاضاً في المستويات RH850، RH700، RH500، RH300، أما التغيرات الفصلية فكان الانخفاض في فصلي الربيع والشتاء في أغلب المناطق الجنوبية، وفي المقابل شهدت المناطق الغربية والشمالية من العراق زيادة في فصلي الخريف والصيف على السطح، ولقد بيت الدراسة ان هناك ارتباطاً كبيراً بين السطح والمستويات العليا للرطوبة النسبية، اذ تراوح مقدار الارتباط بين (0.28 – 0.78) ذات دلالة إحصائية، وبناء على ما تقدم تتوقع الدراسة ان الانخفاض في الرطوبة له آثار كبيرة على البيئة والمحاصيل الزراعية وجفاف التربة والعمليات الهيدرولوجية والمناخ الحيوي، فضلاً عن تعدد دراسة الرطوبة مفيدة وأحد ادلة التغير المناخي على المقاييس الإقليمية.

المصادر باللغة العربية

- الأحيدب، ابراهيم بن سليمان. (1987). المدخل الى لطقس والمناخ والجغرافيا المناخية. الرياض: السعودية. الاسدي، كاظم عبد الوهاب. (2007). تأثير التغيرات المناخية في اتجاهات. كلية التربية /جامعة واسط، 265-286.
- الجبوري، سلام هاتف. (2014). تذبذب الرطوبة النسبية واتجاهها في مدينتي بغداد والموصل للمدة 1982 – 2011. مجلة الآداب، 213-240.
- خضر، سالار علي. (2018). المراحل التاريخية لتصنيف كوبن المناخ ومحاولة تعديله. مجلة الآداب، 1(124) 484-459.
- الذريبي، سالار علي. (2013). مناخ العراق القديم والمعاصر. بغداد: دار الشؤون الثقافية العامة.
- صالح، بشرى احمد. (2015). تغيرات فئات الرطوبة النسبية في العراق. مجلة الأستاذ للعلوم الإنسانية والاجتماعية، 399-416.
- القريشي، شيماء كريم. (2019). أثر التغير المناخي على اتجاهات الرطوبة النسبية في المنطقة الوسطى من العراق. جامعة بغداد.

المصادر باللغة الإنكليزية

- Abdulwahab, H. A. (2015). Analysis of relative humidity in Iraq for the period 1951-2010. *International Journal of Sciences Research Pub*, 5(5).1-9.
- Abu-taleb, A. A., Alawneh, A. J., & Smadi, M. M. (2007). *Statistical Analysis of Recent Changes in Relative Humidity in Jordan*. 3(2), 75–77.
- Al-Asadi, Kazem Abdul Wahab. (2007). Impact of climate change on trends. College of Education/Wasit University, 265-286.
- Al-Dazii, Salar Ali. (2013). The climate of ancient and contemporary Iraq. Baghdad: House of General Culture Affairs.
- Al Quraishi, Shaima Karim. (2019). The impact of climate change on relative humidity trends in the central region of Iraq. Baghdad University.
- Alehaideb, Ibrahim bin Suleiman. (1987). Introduction to weather, climate and climatic

- geography. Al Riyadh, Saudi Arabia.
- Al-Jubouri, Salam Hatif. (2014). Relative humidity fluctuation and trend in the cities of Baghdad and Mosul for the period 1982 - 2011. *Journal of Arts*, 213-240.
- Asadi, M., & Karami, M. (2022). Modeling of relative humidity trends in Iran. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(1), 1035–1045. <https://doi.org/10.1007/s40808-021-01093-9>
- Byrne, M. P., & O’Gorman, P. A. (2013). Link between land-ocean warming contrast and surface relative humidities in simulations with coupled climate models. *Geophysical Research Letters*, 40(19), 5223–5227.
- Cséplő, A., Izsák, B., & Geresdi, I. (2022). Long - term trend of surface relative humidity in Hungary. *Theoretical and Applied Climatology*, 1996. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04127-z>
- Dai, A. (2006). Recent climatology, variability, and trends in global surface humidity. *Journal of Climate*, 19(15), 3589–3606. <https://doi.org/10.1175/JCLI3816.1>
- Ferraro, A. J., Lambert, F. H., Collins, M., & Miles, G. M. (2015). Physical mechanisms of tropical climate feedbacks investigated using temperature and moisture trends. *Journal of Climate*, 28(22), 8968–8987.
- Gleick, P. H. (1989). Climate change, hydrology, and water resources. *Reviews of Geophysics*, 27(3), 329–344.
- Goessling, H. F., & Reick, C. H. (2011). What do moisture recycling estimates tell us? Exploring the extreme case of non-evaporating continents. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(10), 3217–3235.
- Huth, R., & Pokorna, L. (2004). Parametric versus non-parametric estimates of climatic trends. *Theoretical and Applied Climatology*, 77(1), 107–112.
- Isaac, V., & Van Wijngaarden, W. A. (2012). Surface water vapor pressure and temperature trends in North America during 1948–2010. *Journal of Climate*, 25(10), 3599–3609.
- Jhajharia, D., Shrivastava, S. K., Sarkar, D., & Sarkar, S. (2009). Temporal characteristics of pan evaporation trends under the humid conditions of northeast India. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 763–770.
- Khidr, Salar Ali. (2018). Historical stages of the Köppen climate classification and the attempt to modify it. *Journal of Arts*, 1(124), 459-484.
- Lambert, F. H., & Chiang, J. C. H. (2007). Control of land-ocean temperature contrast by ocean heat uptake. *Geophysical Research Letters*, 34(13).
- McCarthy, M. P., Thorne, P. W., & Titchner, H. A. (2009). An analysis of tropospheric humidity trends from radiosondes. *Journal of Climate*, 22(22), 5820–5838.
- Niu, Z., Wang, L., Fang, L., Li, J., & Yao, R. (2020). Spatiotemporal variations in monthly relative humidity in China based on observations and CMIP5 models. *International Journal of Climatology*, 40(15), 6382–6395. <https://doi.org/10.1002/joc.6587>
- Pierce, D. W., Westerling, A. L., & Oyler, J. (2013). Future humidity trends over the western United States in the CMIP5 global climate models and variable infiltration capacity hydrological modeling system. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(5), 1833–1850.
- Rodell, M., Beaudoin, H. K., L’Ecuyer, T. S., Olson, W. S., Famiglietti, J. S., Houser, P. R., Adler, R., Bosilovich, M. G., Clayson, C. A., Chambers, D., Clark, E., Fetzer, E. J., Gao, X., Gu, G., Hilburn, K., Huffman, G. J., Lettenmaier, D. P., Liu, W. T., Robertson, F. R., ... Wood, E. F. (2015). The observed state of the water cycle in the

- early twenty-first century. *Journal of Climate*, 28(21), 8289–8318. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00555.1>
- Rowell, D. P., & Jones, R. G. (2006). Causes and uncertainty of future summer drying over Europe. *Climate Dynamics*, 27(2), 281–299.
- Saleh, Bushra Ahmed. (2015). Changes in relative humidity categories in Iraq. *Al-Ustad Journal for Humanities and Social Sciences*, 399-416.
- Seneviratne, S. I., Lüthi, D., Litschi, M., & Schär, C. (2006). Land–atmosphere coupling and climate change in Europe. *Nature*, 443(7108), 205–209.
- Sherwood, S., & Fu, Q. (2014). A drier future? *Science*, 343(6172), 737–739.
- Shin, J., Rang, K., Jinwon, K., & Kim, S. (2021). *Long-term trend and variability of surface humidity from 1973 to 2018 in South Korea. January*, 1–21. <https://doi.org/10.1002/joc.7068>
- Simmons, A. J., Willett, K. M., Jones, P. D., Thorne, P. W., & Dee, D. P. (2010). Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational data sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 115(D1).
- Stohl, A., & James, P. (2005). A Lagrangian analysis of the atmospheric branch of the global water cycle. Part II: Moisture transports between Earth’s ocean basins and river catchments. *Journal of Hydrometeorology*, 6(6), 961–984.
- Sutton, R. T., Dong, B., & Gregory, J. M. (2007). Land/sea warming ratio in response to climate change: IPCC AR4 model results and comparison with observations. *Geophysical Research Letters*, 34(2).
- Talaei, P. H., & Sabziparvar, A. A. (2012). *Observed changes in relative humidity and dew point temperature in coastal regions of Iran. Dai 2006*. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0630-1>
- Van Wijngaarden, W. A., & Vincent, L. A. (2004). Trends in relative humidity in Canada from 1953–2003. *Bull. Am. Meteorol. Soc*, 4633–4636.
- Vicente-Serrano, S. M., Azorin-Molina, C., Sanchez-Lorenzo, A., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Revuelto, J., López-Moreno, J. I., & Espejo, F. (2014). Temporal evolution of surface humidity in Spain: Recent trends and possible physical mechanisms. *Climate Dynamics*, 42(9–10), 2655–2674. <https://doi.org/10.1007/s00382-013-1885-7>
- Vicente-Serrano, S. M., Nieto, R., Gimeno, L., Azorin-Molina, C., Drumond, A., El Kenawy, A., Dominguez-Castro, F., Tomas-Burguera, M., & Peña-Gallardo, M. (2018). Recent changes of relative humidity: Regional connections with land and ocean processes. *Earth System Dynamics*, 9(2), 915–937. <https://doi.org/10.5194/esd-9-915-2018>
- Vincent, L. A., van Wijngaarden, W. A., & Hopkinson, R. (2007). Surface temperature and humidity trends in Canada for 1953–2005. *Journal of Climate*, 20(20), 5100–5113. <https://doi.org/10.1175/JCLI4293.1>
- Willett, K. M., Dunn, R. J. H., Thorne, P. W., Bell, S., De Podesta, M., Parker, D. E., Jones, P. D., & Williams, C. N. (2014). HadISDH land surface multi-variable humidity and temperature record for climate monitoring. *Climate of the Past*, 10(6), 1983–2006. <https://doi.org/10.5194/cp-10-1983-2014>
- Willett, Katharine M., Jones, P. D., Gillett, N. P., & Thorne, P. W. (2008). Recent changes in surface humidity: Development of the HadCRUH dataset. *Journal of Climate*, 21(20), 5364–5383. <https://doi.org/10.1175/2008JCLI2274.1>
- Yagi, I., Ono, R., Kraus, M., Lee, S., & Choi, B. Il. (2021). *Decreases in relative humidity across Australia Decreases in relative humidity across Australia*.