

تَغْيِيرُ المُنَاخِ وسيناريوهاته المستقبلية وأثرها في راحة الإنسان جنوبي مصر (١٩٦٠-٢٠٢٢)

د. وائل هريدي زهران مهران (*)

المستخلص:

يُعدُّ تَغْيِيرُ المُنَاخِ مشكلة بيئية تجعل جميع الدول في حالة تأهب. وفي ظل هذا التوقع يعاني سكان جنوبي مصر من تداعيات بيئية خطيرة مرتبطة بارتفاع درجات الحرارة، خاصة خلال الفترات الحارة من العام؛ بسبب موقعها ضمن نطاق الصحاري المدارية الحارة، ويفاقم ويزيد من هذه التداعيات التَغْيِيرَاتُ المُنَاخِيَّةُ (الاحترار العالمي). وفي هذا السياق، فإن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا - والتي تعد منطقة الدراسة جزءاً منهما - معرضة بشكل خاص للتأثيرات الناجمة عن تَغْيِيرِ المُنَاخِ، والتي زادت من صورتها كمنطقة تعاني من الإجهاد الحراري. وفي ضوء ذلك تهدف الدراسة الحالية إلى تحليل التَغْيِيرِ المُنَاخِي، من خلال دراسة التَغْيِيرِ في اتجاهات درجة الحرارة والرطوبة النسبية، كما تسعى الدراسة إلى إبراز تأثير التَغْيِيرِ المُنَاخِي على الرِّاحَةِ الفسيولوجية للسكان في جنوبي مصر. وقد اعتمدت الدراسة في سبيل تحقيق أهدافها على البيانات المُنَاخِيَّةُ لعنصري درجة الحرارة اليومية (°س)، الرطوبة النسبية (%)، في مَحَطَّتي أسوان، والأقصر، خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، وإسقاطاتها المستقبلية لمدة ٥٠ عام (٢٠٢٣-٢٠٧٣م)، لحساب التَغْيِيرِ في الاتجاه العام لِكُلِّ من درجة الحرارة، والرطوبة النسبية. وكذا اعتمدت الدراسة على تطبيق مؤشر عدم الرِّاحَةِ المعدل لثوم (Thom's discomfort index (DI)). كما تم استخدام تحليل مان كيندال Mann-Kendall في تحليل السلاسل الزمنية لقيم درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، ومؤشر عدم الرِّاحَةِ خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، والإسقاطات المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣).

وقد كشف تحليل التَغْيِيرِ في الاتجاه العام لدرجة الحرارة في مَحَطَّتي أسوان والأقصر عن وجود اتجاه عام صاعد في كل فصول وشهور العام، وكان ذا دلالة إحصائية معنوية قوية، خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢م)؛ فقد بلغت أقصاها (٢٠.١°س، ١.٨°س) خلال فصل الصيف، وسجلت أدناها (٠.٨٣°س، ١.٣°س) خلال فصل الشتاء، على الترتيب. وكذا شهدت الرطوبة النسبية اتجاهاً عاماً صاعداً في كل فصول وشهور العام؛ فقد سُجِّلَ في مَحَطَّةِ أسوان أقصى ارتفاع في معدلات التَغْيِيرِ خلال فصل الشتاء (٤.٣٤%)، وأدناه (٢.٧٥%) خلال الصيف. بينما كان العكس في مَحَطَّةِ الأقصر؛ فقد سُجِّلَ أقصى تَغْيِيرٍ في اتجاهات الرطوبة النسبية خلال فصل الصيف (٣.٩١%)، وأدناها (٠.٥٧%) خلال الشتاء. كما أبرزت الدراسة بناءً على الإسقاطات المستقبلية أنه من المتوقع أن تستمر درجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية في الارتفاع خلال الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)؛ بسبب الاحترار العالمي، وستكون أكبر زيادة في درجة الحرارة أيضاً خلال فصل الصيف (١.٦٥°س، ١.٥٤°س)، وأدناها (٠.٦٥°س، ١.٠١°س) خلال الشتاء في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وأمَّا عن الرطوبة النسبية فمن المتوقع أن يسجل فصل الشتاء أعلى معدل زيادة (٣.٥%)، في أسوان، بينما يُتَوَقَّعُ العكس في الأقصر؛ فمن المتوقع أن يشهد فصل الصيف أعلى معدل تَغْيِيرٍ (٣.٩١%).

(*) مدرس الجغرافيا الطبيعية والمُنَاخِيَّة، بقسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة أسيوط.
Mobile: +20-01000195741 & E-mail: dr.wael1984@yahoo.com

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

وتشير النتائج التي توصلت إليها الدراسة إلى أن الاتجاه الصاعد في درجة الحرارة، والرطوبة النسبية في منطقة الدراسة؛ قد انعكس على زيادة قيم مؤشر عدم الرّاحة؛ ومن ثم زيادة شعور سكان منطقة الدراسة بعدم الرّاحة الفسيولوجية؛ فقد كشفت نتائج تحليل اختبار مان كيندال Mann-Kendall عن أن الاتجاه العام لمؤشر عدم الرّاحة سجل اتجاهًا عامًا صاعدًا في قيمه مع الزمن، وبزيادة فصلية في مَحَطَّي أسوان والأقصر، بلغت (٠,٩، ٠,٦)، (١,٢، ١,٢)، (١,٥، ١,٥)، (١,٠، ١,١)، خلال فصول الشتاء، الربيع، والصيف، والخريف، على الترتيب. مما يدل على زيادة شعور السكان في جنوبي مصر بعدم الرّاحة الفسيولوجية مع الزمن، متفقًا في ذلك مع كثير من الدراسات. مما يعني مزيدًا من عدم الرّاحة للسكان، وتكون هذه الزيادات أكثر أهمية خلال الفترات الحارة من العام، التي تكون بالفعل شديدة الحرارة مقارنة بالفترات الباردة. وقد تكون مثل هذه التغييرات خطرة على الناس في مناطق واسعة من البلاد، وإذا استمر الاتجاه الحالي في المستقبل، فسيكون بقاء الإنسان على قيد الحياة في المنطقة صعبًا دون الوصول المستمر إلى أجهزة تكييف الهواء.

الكلمات المفتاحية: تَغْيِرُ المُنَاخ، الاحترار العالمي، راحة الإنسان، مؤشر عدم الرّاحة DI، درجة الحرارة اليومية، الرطوبة النسبية، جنوبي مصر، الأقصر، أسوان.

١- مقدمة الدراسة:

يُعدُّ تَغْيِرُ المُنَاخ من القضايا العالمية التي شغلت أفكار الباحثين والمختصين بهذا المجال، ولا سيما بعد التّطورات الأخيرة التي شهدتها تلك الظاهرة خلال العقود الأخيرة من الزّمن؛ إذ أدى التّغْيِرُ المُنَاخي المُتسارع على مدى العقود الماضية إلى تفاقم المشكلات البيئية الحالية؛ نتيجة التّغْيِرُ الذي يحدث في معدلات درجات الحرارة ونمط التساقط والرطوبة الجوية والتّبخّر وغيرها من العناصر الأخرى، بفعل زيادة تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، ولاسيما غاز ثاني أكسيد الكربون CO₂؛ إذ يؤكد في تقرير التقييم الخامس الصادر عن الهيئة الدولية المعنية بتغْيِرُ المُنَاخ IPCC أنّ الأنشطة البشريّة أسهمت في رفع درجة حرارة الأرض على مدى السّنوات الخمسين الماضية، وبما أن مُنَاخ منطقة الدراسة بوصفه جزءًا من النظام المُنَاخي المحلي والعالمي يتأثر بذلك التّغْيِرُ، فقد أشارت كثير من الدّراسات المحليّة الخاصة بالتّغْيِرُ المُنَاخي إلى ارتفاع درجة الحرارة، والرطوبة النسبية في منطقة الدّراسة، ما أدى إلى ظهور كثير من المشكلات المُنَاخيّة، منها: عدم الرّاحة الفسيولوجية للسكان.

وتعد درجة حرارة الهواء إحدى أهم مكونات المُنَاخ؛ نظرًا لمساهمتها الكبيرة في عمليات وتفاعلات الغلاف الجوي السطحي (Vinnikov et al., 1990). وقد حظيت التّغْيِرَات في درجات حرارة الهواء وتقلبها بكثير من الاهتمام على مدار العقود القليلة الماضية، ولا سيما مع ارتفاع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة بنحو ٠,٧°س خلال النصف الثاني من القرن العشرين (Folland

(et al., 2001)، (Trenberth & Fasullo, 2013)، (IPCC, 2013). وفي حين تم توجيه قدر كبير من التركيز نحو هذا الارتفاع في درجة الحرارة العالمية، فإن التغيرات في درجات الحرارة المرصودة تكون حتماً مُنْعَبِرةً عبر المكان والزمان (IPCC, 2013)، وخاصةً عندما يتم دراستها على المستوى الإقليمي. فعلى سبيل المثال، في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، بحثت مجموعة من الدراسات في التباين الزمني لدرجات الحرارة على مستويات مكانية وزمانية مختلفة، مما يؤكد حدوث ارتفاع كبير في درجات الحرارة خلال العقود الماضية في المنطقة بأكملها (Paeth et al., 2009)، (Fontaine et al., 2013)، (El Kenawy, et al., 2016). وكانت هناك أيضاً تقييمات أكثر إقليمية، كما هو الحال بالنسبة لمصر (Hasanean, 2004; Domroes & El-Tantawi, 2005; El Kenawy et al., 2009, El Kenawy et al., 2010)، والمملكة العربية السعودية (Islam et al., 2015)، وليبيا (El Kenawy et al., 2016)، والمغرب (Khomsi et al., 2016)، والتي تعكس الاتجاه على نطاق أوسع.

وقد شهد مُناخ الأرض ارتفاعاً وبرودة عدة مرات عبر تاريخ البشرية (Droutsa et al., 2021). ومع ذلك، فإن اتجاه الاحترار الحالي يحدث بمعدل أسرع، ويرجع ذلك -أساساً- إلى النشاط البشري (IPCC., 2014). ومن الموثق جيداً أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض، قد ارتفع بمقدار ١,٢°س منذ أواخر القرن التاسع عشر، ويرجع ذلك أساساً إلى زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي والأنشطة الأخرى المتعلقة بالبشر (Gaffney & Steffen, 2017). وفي الواقع، كانت العقود الثلاثة الأخيرة هي الأكثر دفئاً منذ عام ١٨٥٠ (IPCC., 2014). ومن المتوقع أن يرتفع المتوسط العالمي لدرجة الحرارة خلال القرن الحادي والعشرين بما يتراوح بين ١,٠-٣,٧°س، اعتماداً على انبعاثات الغازات الدفيئة المستقبلية (Anderson greenhouse gas (GHG) et al., 2016). ومن الواضح أن هذه التغيرات المُناخية من المحتمل أن تؤدي إلى تأثيرات سلبية على النظم البيئية على المدى القصير والطويل (IPCC., 2014).

هذا وينجم تغيّر المُناخ العالمي في المقام الأول عن انبعاثات الغازات الدفيئة التي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي (IPCC., 2013). وتزايدت تركيزات الغازات الدفيئة Global greenhouse gas (GHG) على مستوى العالم بشكل مطرد منذ بداية العصر الصناعي (IPCC., 2001)، وتكشف السجلات الآلية عن احتراز طويل الأمد ليس فقط على سطح الأرض (IPCC., 2001)، ولكن أيضاً في طبقة التروبوسفير (Mears & Wentz, 2005)، وفي المحيطات (Barnett et al., 2005) ومن المرجح أن يؤدي استمرار انبعاثات الغازات الدفيئة إلى زيادة الاحتراز العالمي؛

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

فقد حدد تقرير التقييم الخامس AR5 الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ "المدى المحتمل likely range" للزيادة في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية، بحلول عام ٢١٠٠، بما يتراوح بين ٠,٣°س - ٤,٨°س (IPCC., 2013).

ومما لا شك فيه أن التأثير الحراري المتزامن الناجم عن الجزيرة الحراريّة والتغيرات المناخية سيؤدي إلى تداعيات خطيرة على البيئة الحضرية، مثل: زيادة استهلاك الماء (Guhathakurta & Gober, 2007)، وزيادة الطلب على الطاقة (وليد عباس & وائل زهران، ٢٠٢٢)، وتناقص راحة سكان المدن (إسلام حمدي، ٢٠٢٣)؛ (Chang et al., 2007)، وزيادة المشكلات المرتبطة بالصحة العامة (Adams & Smith, 2014)، وغيرها كثير. وبالتالي أصبح من المهم أن نفهم كيف يتغير المناخ من أجل الاستعداد للمستقبل، والتكيف إذا لزم الأمر، والأهم من ذلك، اتخاذ التدابير المناسبة للتخفيف من الآثار السلبية الكبيرة؛ وبالتالي أصبح البحث عن خيارات فعالة وإجراءات سريعة لمواجهة مشكلة التغير المناخي (الاحترار العالمي) أمراً حتمياً لمجابهة هذه التداعيات التي تسبب خسائر هائلة على المستويات البيئية والاقتصادية والاجتماعية. وتتفاقم هذه التداعيات والخسائر بشكل هائل في المناطق الحضرية؛ حيث تتركز الكتلة السكانية الأكبر ومعها المركب الاقتصادي الأعظم. وفي ضوء المحددات المختلفة لدرجة الحرارة، تؤدي المسطحات المائية والغطاء النباتي دوراً لا غنى عنه في التخفيف من شدة أو حدة التغيرات المناخية؛ وذلك عن طريق التبخر (Wu & Chen, 2017)، والتظليل.

وتعدّ الرّاحة الحراريّة قضية رئيسة في المدن، ومن المتوقع أن تتغير في المستقبل بسبب تغير المناخ؛ حيث يعدّ تغير المناخ، وتناقص الرّاحة الفسيولوجية للسكان من بين التحديات الرئيسية التي تواجه البشرية على المستويين العالمي والمحلي. وقد أصبح تغير المناخ أمراً لا مفر منه (حتمياً)، وهو واضح بالفعل في أجزاء كثيرة من العالم (Ren et al., 2002)، (Domroes & El-Tantawi, 2005)، (Fang et al., 2007)، (Chen & Xu, 2005)، (Shahid, 2010)، (WANG et al., 2010)، (Shahid et al., 2012)، (El Kenawy et al., 2019)؛ لذلك من الضروري النظر في قضايا تغير المناخ وتأثيرها على الإجهاد الحراري للسكان، من أجل التمكن من التكيف مع التغيرات البيئية المناخية؛ حيث يُعد فهم كيفية تأثير تغير المناخ على راحة الإنسان استجابة للتغيرات المناخية مكوناً أساسياً في برامج التكيف والتأقلم والتخفيف من التغيرات المناخية.

وتأتي هذه الورقة البحثية، في محاولة، للكشف عن التغيرات المناخية (الاحترار العالمي) وتأثيرها على راحة السكان، وبخاصة في عنصري "الحرارة، والرطوبة النسبية". وقد تناولت ذلك في

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

جنوبي مصر (أسوان، والأقصر) في الفترة من (١٩٦٠-٢٠٢٢م)، وإسقاطاتها المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣)؛ وذلك من حيث دراسة تأثيرها على الرّاحة الفسيولوجية للسكان، بتطبيق مؤشر عدم الرّاحة لتوم، كذلك تناولت الاتجاه العام ومقدار التّغير في قيم هذا المؤشر، ومن ثمّ تغيّر الرّاحة الحراريّة للإنسان وشعوره بالانزعاج الحراري.

١-١ الدراسات السابقة:

استحوذت الأدبيات الخاصة بالتّغيرات المناخية على اهتمام كثير من الباحثين، وتناول الكثير منهم تأثير تغيّر المناخ على راحة الإنسان والإجهاد الحراري، وكذا وضع إستراتيجيات تكيفية؛ للحد من التأثير الحراري الحضري وتحسين صحة السكان، والرّاحة الحراريّة (Ling & Chiang., 2018; Singh et al., 2014).

وقد جاء اهتمام الباحث بموضوعات الرّاحة الحراريّة وتأثرها بالتّغير المناخي من خلال تناولها ضمن دراسات كثيرة ومتنوعة، منها: دراسة (محمد فوزي، ٢٠٠٣) عن تباين الشعور بالرّاحة في المملكة العربية السعودية، ودراسة (محمد توفيق، ٢٠٠٤) عن المناخ وأثره على راحة الإنسان في السواحل المصرية، ودراسة (Assael et al., 2010) عن تطبيق مؤشرات الرّاحة الحراريّة لدراسة جوانب المناخ في اليونان، ودراسة (Cheung & Hart, 2014)، عن تغيّر المناخ والرّاحة الحراريّة في هونغ كونغ، وقام (Spagnolo & De Dear, 2003)، بتقييم الرّاحة الحراريّة الخارجية في سيدني (أستراليا). وفيما يلي عرض لبعض الدراسات المتعلقة بموضوع البحث.

دراسة (El-Tantawi, 2005)، بعنوان التّغير المناخي في ليبيا والتصحر في سهل الجفارة، رسالة دكتوراه، جامعة يوهانس جوتنبرج Johannes Gutenberg، ماينز Mainz، ألمانيا. وتناولت الدراسة خصائص المناخ في ليبيا، والتّغيرات المناخية الأخيرة على المستويين الزمني والمكاني، مقارنة بالتّغير المناخي العالمي، وكذا تناولت اتجاهات التّغير المناخي على فترتين: الأولى: خلال الفترة ١٩٤٦-٢٠٠٠ كفترة طويلة الأمد، والثانية: خلال الفترة ١٩٧٦-٢٠٠٠ كفترة قصيرة الأمد، وبحثت في أسباب التّغير المناخي، وتأثيرات التّغير المناخي على التصحر في سهل الجفارة، واختتمت بدراسة التخفيف من آثار تغيّر المناخ في ليبيا، والحد من التصحر في سهل الجفارة. وانتهت الدراسة إلى وجود اتجاه عام صاعد في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في جميع المحطّات المدروسة في الفترة ١٩٤٦-٢٠٠٠، باستثناء محطة واحدة، بينما كان الاتجاه العام السائد هابطا خلال الفترة ١٩٤٦-١٩٧٥.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

ودراسة (Adegoke & Dombo, 2019)، النمذجة الجغرافية المكانية للراحة الحراريّة البشرية في مدينة أكوري Akure، عاصمة ولاية أوندو، نيجيريا، باستخدام مؤشر عدم الرّاحة لتوم، لمدة ٣١ عامًا خلال الفترة ١٩٨٦-٢٠١٧، وأبرزت الدراسة أن قيم مؤشر عدم الرّاحة DI التي تمت ملاحظتها تراوحت بين (٢٤-٢٥,٤)، على مدار ٣١ عامًا، مما يشير إلى أن أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الرّاحة ولم تسجل أية قيم في مؤشر عدم الرّاحة لتوم تزيد عن ٣٠ أو ٣٢.

ودراسة (Kambeizidis et al., 2021)، عن تغيّر المناخ والرّاحة الحراريّة في اليونان، وتناولت الإحساس الحراري المستقبلي للسكان في اليونان، بسبب تأثير الاحترار العالمي-global-warming. وتم اختيار ثلاث فترات زمنية للدراسة (٢٠٢١-٢٠٥٠)، (٢٠٤٦-٢٠٧٥)، (٢٠٧١-٢١٠٠)، وسيناريوهين لمسار التركيز التمثيلي للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ (RCP4.5)، (RCP8.5)، وتم استخدام مؤشر توم للانزعاج الحراري (TDI)، والذي يتم حسابه من درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية. وأبرزت الدراسة إلى أنه لم يحدث أي تحول كبير في الإحساس الحراري من أدنى فئة لمؤشر عدم الرّاحة (TDI < 21) إلى فئة (21 ≤ DI < 24) في المستقبل في جميع أنحاء اليونان. ومع ذلك، وجد أن مؤشر عدم الرّاحة لتوم يزداد بمقدار ١٢،٠°س/عقد، ١١،٠°س/عقد، ١٠،٠°س/عقد، للفترات الثلاث السابق ذكرها أعلاه، وعلى الترتيب، وفقًا لسيناريو IPCC RCP 4.5. ويزداد أيضًا بمقدار ٩،٠°س/عقد، ٢٤،٠°س/عقد، ٣٠،٠°س/عقد بموجب سيناريو IPCC RCP 8.5، مقارنة بقيم مؤشر عدم الرّاحة TDI في الفترة المرجعية (١٩٨٥-٢٠١٤م).

وجاءت دراسة (Dasari et al., 2021)، بعنوان تحليل الانزعاج الحراري الخارجي في المملكة العربية السعودية. وفي هذه الدراسة، تم تحليل تباين واتجاهات مؤشر عدم الرّاحة (الانزعاج الحراري) الخارجي (Discomfort index (DI) في المملكة العربية السعودية على مدار فترة ٣٩ عامًا من ١٩٨٠ إلى ٢٠١٨. وتم حساب مؤشر عدم الرّاحة بناءً على درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وأبرزت الدراسة أن قيمة مؤشر عدم الرّاحة تتجاوز ٢٨°س، أي تتجاوز عتبة الانزعاج الحراري للسكان، في جميع أشهر الصيف (من يونيو إلى سبتمبر) في معظم أنحاء المملكة العربية السعودية بسبب درجات الحرارة المرتفعة، والرطوبة النسبية. واستمرت قيمة مؤشر عدم الرّاحة DI < ٢٨°س، وهي حالة يشعر فيها معظم الأشخاص بعدم الرّاحة، لمدة تتراوح بين ٨ إلى ١٦ ساعة يوميًا فوق المملكة العربية السعودية طوال أشهر الصيف.

وقامت دراسة (Odnoletkova & Patzek, 2021)، بتحليل اتجاهات درجات الحرارة طويلة المدى وأحداث درجات الحرارة القصوى في المملكة العربية السعودية في الفترة ١٩٧٩-٢٠١٩م، وأبرزت الدراسة أن الفترة ٢٠١٠-٢٠١٩ هي العقد الأكثر دفئاً على الإطلاق، وأشارت أيضاً إلى أن ارتفاع درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية على مدى العقود الأربعة الماضية كان أعلى بنسبة ٥٠% من بقية مساحة اليابسة في نصف الكرة الشمالي. وكذلك زاد محتوى الرطوبة في الهواء بشكل ملحوظ، وأدت الزيادات في درجات الحرارة، والرطوبة إلى زيادة مستويات الانزعاج الحراري في جميع أنحاء البلاد، وتكون هذه الزيادات أكثر أهمية وتأثيراً خلال فصول الصيف؛ حيث تبين أن ارتفاع درجة الحرارة يكون أسرع خلال الفترة الدافئة التي تكون بالفعل شديدة الحرارة مقارنة بفصول الشتاء، وقد تكون مثل هذه التغييرات خطرة على السكان في مناطق واسعة من البلاد، وإذا استمر الاتجاه الحالي في المستقبل، فسيكون بقاء الإنسان على قيد الحياة في المنطقة صعباً دون الوصول المستمر إلى أجهزة تكييف الهواء.

بينما نجد دراسة (Bilgin et al., 2023)، والتي تناولت تحليل الرّاحة الإنسانية للسياحة الساحلية في تركيا في ظل مُناخ مُتغيّر، قد أشارت إلى أنه من المتوقع أن الخطر الذي يشكله تغيّر المُناخ على راحة الإنسان، خاصة بسبب الإجهاد الحراري، قد يُؤثّر بشكل كبير على السياحة الساحلية، وهي إحدى القطاعات ذات الأولوية في تركيا. وانتهت الدراسة إلى تغيّر راحة الإنسان بسبب تغيّر المُناخ في أهم ١٠ وجهات سياحية ساحلية في تركيا خلال الفترة من مايو-أكتوبر. ولهذا الغرض، تم توقع التغيّرات التي تحدث في راحة الإنسان في الموسم السياحي في هذه الوجهات في المستقبل القريب (٢٠٢٦-٢٠٥٠) ومنتصف المستقبل (٢٠٥١-٢٠٧٥) باستخدام مؤشر عدم الرّاحة (DI). واعتمد تطبيق المؤشر على درجة الحرارة، والرطوبة النسبية في ظل سيناريوهات متفائلة (RCP4.5) ومتشائمة (RCP8.5)، لحساب مؤشر عدم الرّاحة، وخلصت الدراسة إلى أنه من المتوقع أن تزيد قيم مؤشر عدم الرّاحة في المستقبل القريب والمتوسط، وأنه قد يتم تجاوز عتبات الانزعاج في هذه الوجهات.

وقد ركزت دراسة (وليد عباس عبد الراضي، ٢٠٠٩)، والتي جاءت بعنوان: التغيّر في بعض عناصر المُناخ بدلًا من النّيل، خلال القرن العشرين، على دراسة التغيّر في عناصر: "درجة الحرارة، والضغط الجوي، والمطر". واهتمت الدراسة، بشكل خاص، بدراسة العوامل المؤثرة في تغيّر درجة الحرارة بدلًا من النّيل خلال القرن العشرين، واختتمت الدراسة بعرض الآثار البيئية الناجمة عن تغيّر المُناخ في دلتا النّيل، كتغيّر المُناخ والتصحر المُناخي، وأبرزت الدراسة أن هناك انخفاضاً في

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

درجة الحرارة اليومية في دلتا نهر النيل، في الفترة (١٩٦١-١٩٩٧)، بينما شهدت ارتفاعا على مدار القرن العشرين بالكامل.

وقدمت (فاطمة فتحي محمد، ٢٠١٥)، دراستها حول التغيرات المناخية وتأثيرها على النظم الطبيعية في دلتا نهر النيل، من حيث دراسة اتجاه التغير في عنصري: "درجة الحرارة، والمطر"، سواء على المدى الشهري أم الفصلي أم السنوي، وكذلك دراسة العوامل الطبيعية والبشرية المتسببة في التغيرات المناخية بدلتا النيل، وأثر ذلك في التغيرات التي حدثت في النظم الطبيعية للمكونات الحية وغير الحية.

في حين اختصت دراسة (طارق محمد أبو الفضل، ٢٠١٤)، بإجراء دراسة تفصيلية عن نمذجة التغيرات المناخية في مصر، خلال القرن التاسع عشر والعشرين، وكذا التوقع بالتغيرات المناخية المحتملة لدرجة الحرارة والأمطار، على مستوى فصول وشهور السنة، وقد تناولت الدراسة تعريفات التغيرات المناخية وأنواعها والأدلة الرصدية على التغيرات المناخية العالمية، وكذلك دراسة العوامل الجغرافية المؤثرة في التغيرات المناخية على مصر، وانتهت الدراسة بعمل إسقاطات مستقبلية لدرجات الحرارة وكميات المطر، وخلصت إلى أن مناخ مصر يشهد تغيّرا متواترا، منذ القرن الـ ١٩، متماشيا بذلك مع التغيرات المناخية العالمية، وأن المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء قد شهد ارتفاعا خلال القرن العشرين مقارنة بالقرن الـ ١٩، كما توقع الباحث أن يأخذ متوسط درجة الحرارة اتجاهاً نحو الارتفاع، خلال القرن الـ ٢١.

٢-١ إشكالية الدراسة وأهدافها:

تمثل التغيرات المناخية (الاحترار العالمي) في العالم بوجه عام، ومنطقة الدراسة على وجه الخصوص مشكلة بيئية لها آثارها السلبية على مختلف أوجه مناحي الحياة، وبصفة خاصة خلال الفترات الحارة من العام، وتُعزى هذه المشكلة بصفة أساسية إلى موقع منطقة الدراسة ضمن نطاق الصحاري المدارية الحارة، ويعمقها ويزيد من حدتها تأثير الاحترار العالمي. وغالبا ما ينجم عن هذه المشكلة كثير من الآثار السلبية، مثل: تعرض السكان للإجهاد الحراري، وعدم الراحة الفسيولوجية، وكذا زيادة الطلب على استهلاك الطاقة، وبالتالي ارتفاع الإنفاق الفردي والمجمعي عليه. ومن ثم تحاول هذه الدراسة تحليل مدى تأثير التغيرات المناخية على الراحة الفسيولوجية للسكان.

وقد أكد فحص وتحليل الدراسات السابقة عدم تناول التغيرات المناخية وآثارها البيئية من قبل في منطقة الدراسة، خاصة ما يتعلق بتأثيرها على الراحة الحرارية للسكان والإفادة منها في

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

توقع الإسقاطات المناخية المستقبلية على الرَّاحَة الحَرَارِيَّة للإنسان، وتتبلور مشكلة الدراسة في تساؤل مفاده: ما حجم تأثير التَّغْيِير المُنَاخي على راحة السكان في الحاضر والمستقبل؟ وهو الهدف الرئيس من هذه الدراسة التي تسعى إلى تحقيق الغايات الآتية:

- دراسة اتجاه التَّغْيِير في درجة الحرارة اليومية في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.
- دراسة اتجاه التَّغْيِير في الرطوبة النسبية في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.
- تحليل التباين واتجاهات التَّغْيِير في مؤشر عدم الرَّاحَة في الفترة (١٩٦٠- ٢٠٢٢). وعلاقة ذلك بالتَّغْيِير في عنصري الحرارة والرطوبة النسبية.
- الإسقاطات المناخية المستقبلية وراحة الإنسان في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣).

٢-١ فرضيات الدراسة:

انطلقت الدراسة من أربع فرضيات أساسية هي كالاتي:

- هناك تَغْيِير فصلي وسنوي وشهري في عنصري درجة الحرارة، والرطوبة النسبية في منطقة الدراسة (الأقصر وأسوان).
- لتَغْيِير المُنَاخ أثر في شعور السكان بعدم الرَّاحَة الفسيولوجية في جنوبي مصر.
- تقترض الدراسة حدوث احتزار مستقبلي، ومن ثم ستتَغْيَر أنماط الرَّاحَة الحَرَارِيَّة أيضًا.

٢- منطقة الدراسة:

تُعد مُحَافَظَتَا "أسوان، والأقصر" المجالَ الجغرافي لتطبيق البحث، وهما بدورهما من أهم المُحَافَظَات السياحية في جنوبي مصر، كما تُعد مدينتا "الأقصر، وأسوان" المركز المالي والقلب الثقافي، والإداري، والتعليمي. وتقع منطقة الدراسة جنوبي مصر؛ حيث المناطق الأثرية بتاريخها العريق والجاذبة لحركة السياحة العالمية والمحلية، ومن ثم جاءت هذه الدراسة بهدف الكشف عن التَّغْيِير في بعض عناصر المُنَاخ (الاحتراز العالمي)، وتأثير ذلك على الرَّاحَة الفسيولوجية للسكان والسياح في منطقة الدراسة، وبالتالي إبراز الجانب النفعي التطبيقي لعلم الجغرافيا.

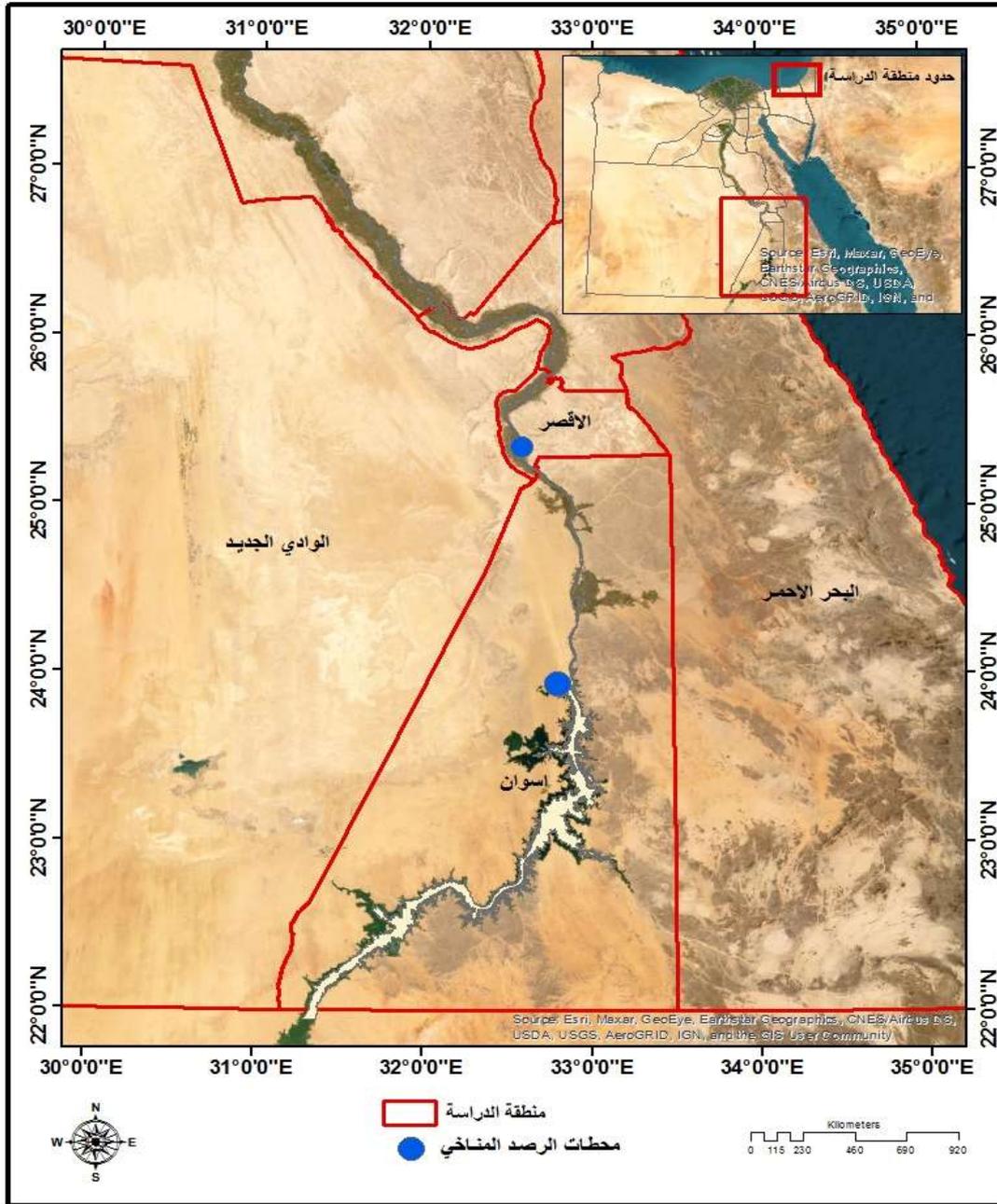
وتقع منطقة الدراسة جنوبي جمهورية مصر العربية بين دائرتي عرض ٢٢° - ٥٠' ٢٥° شمالاً، كما يوضح شكل (١)، وتتألف منطقة الدراسة من مُحَافَظَتَي أسوان والأقصر، وعاصمة كل منهما مدينتا أسوان والأقصر، وتقع مُحَافَظَة أسوان في أقصى جنوبي الصعيد ويحدها من الشمال مُحَافَظَة الأقصر، ومن الشرق مُحَافَظَة البحر الأحمر، ومن الغرب مُحَافَظَة الوادي الجديد، وجنوباً حدود مصر الدولية مع السودان، وعاصمتها مدينة أسوان، وتبلغ المساحة الكلية للمُحَافَظَة ٦٢,٧٢٦ كم^٢، بما يعادل ٦,٢٩% من مساحة جمهورية مصر العربية، ويبلغ عدد سكانها

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

(١,٦٦٥,٨٩٨ نسمة) (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠٢٣م). وتقع مُحَافَظَة الأقصر أيضا في جنوبي مصر، ويحدها من الجنوب مُحَافَظَة أسوان وعاصمتها مدينة الأقصر، ويحدها شمالا مُحَافَظَة قنا، وشرقا مُحَافَظَة البحر الأحمر، ومن الغرب مُحَافَظَة الوادي الجديد. وتبلغ مساحتها ٢٨٠١,٧٣ كم^٢، بما يعادل ٢٨,٢٨% من جملة مساحة مصر، وبلغ عدد سكانها ١,٤١١,٧٣٥ نسمة عام ٢٠٢٣ (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠٢٣م). وتكتسب منطقة الدراسة أهمية كبيرة في العلاقات المكانية؛ إذ تعدان بمنزلة البوابة الجنوبية لجمهورية مصر العربية، وهذا الموقع يجمع بين إمكانية الموقع وخصائص الموضع؛ إذ تمثلان عنق الزجاجة التي تتحكم في حاضرة السهل الفيضي على نهر النيل، وتلتقي عندها معظم الطرق التي تربطها بأجزاء البلاد.

وتعد مُحَافَظَتَا أسوان والأقصر-المجال الجغرافي/التطبيقي للبحث- من المُحَافَظَات السياحية؛ فهما بما تمتلكانه من قدر كبير من الآثار؛ يزيد عن ثلث آثار العالم؛ فضلا عن تراثهما الحضاري الكبير، ومقومات الجذب كثيرة بهما، فقد أضحتا من أهم مناطق الجذب السياحي على مستوى العالم ولا سيما لهواة السياحة الثقافية. كل هذا كان باعنا لضرورة البحث والتقصي في تأثير التَغْيِراتِ المُناخية (الاحترار العالمي) على الرَّاحَة الفسيولوجية للسكان والسياح، من أجل الوقوف على طبيعة المُناخ الحالي والمستقبلي وآثاره البيئية على الإنسان بهاتين المنطقتين.

وتتميز منطقة الدراسة بمُنَاخ صحراوي جاف، مع صيف شديد الحرارة؛ حيث تسود بهما الظروف الجوية لإقليم الصحاري الحارة (Hot Desert (Bwh) وفقا لتصنيف كوبن (Kottek et al., 2006)، فتتميزان بشتاء قصير وبارد، وصيف طويل حار؛ حيث يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة اليومية في مَحَطَّة أسوان ٢٦,٧°س، وسجلت نحو ١٥,٩°س خلال شهر يناير، ونحو ٣٤,٥°س خلال شهر يوليو. وكذلك سجل المتوسط السنوي لدرجة الحرارة اليومية في مَحَطَّة الأقصر ٢٥,٣°س، وخلال يناير بلغ ١٧,٥°س، ونحو ٣٣,٤°س في يوليو، في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م. وتأتي هذه المعدلات الحَرَارِيَّة المرتفعة استجابة لزيادة عدد ساعات السطوع المحتمل والفعلي، وزيادة معدلات الإشعاع الشمسي الكلي في منطقة الدراسة. كما يتسم مُناخ جنوبي مصر بالجفاف؛ حيث يبلغ المعدل السنوي للرطوبة النسبية ٢٤,٤% في أسوان، ونحو ٣٦,٩% في الأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م. وسقوط الأمطار في منطقتي الدراسة نادر جدًا؛ حيث لا تتعدى معدلات سقوط المطر ٥ مم/شهر، وبلغت معدلات التبخر السنوي ١٨,٧ ملم/يوم، ٨,٣ ملم/يوم، في مَحَطَّتَي أسوان والأقصر (EMA, 2011).



شكل (١) موقع منطقة الدراسة.

٣- البيانات وأساليب الدراسة:

١-٣ البيانات:

استندت هذه الورقة البحثية إلى سلسلة زمنية من درجة حرارة الهواء (°س)، والرطوبة النسبية (%)، على مدى ٦٢ عامًا (١٩٦٠-٢٠٢٢م). وتم الحصول على البيانات المناخية من الهيئة العامة للأرصاد الجوية، بالقاهرة، لاثنتين من محطات الأرصاد الجوية المناخية في جنوبي مصر، والتي اعتمدت عليها الدراسة، وهما محطات: "أسوان، والأقصر". ويوضح جدول (١) البيانات الأساسية لهاتين المحطتين.

وتم تقدير السيناريوهات المستقبلية لتغير المناخ (البيانات المحاكاة)، لفترة مستقبلية واحدة تمتد لـ ٥٠ عامًا، خلال الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣م)، وتم حساب التنبؤ بها من خلال الاعتماد على الفترة المرجعية (١٩٦٠-٢٠٢٢)،

جدول (١) الخصائص الجغرافية لمحطات الأرصاد الجوية المستخدمة في الدراسة.

الفترة الزمنية للبيانات	ارتفاع المحطة Altitude (m)	خط الطول Longitude (E)	دائرة العرض Latitude (N)	رقم المحطة	المحطة المناخية
١٩٦٠-٢٠٢٢م	١٧٢	٣٢.٨	٢٥.٠	٤١٤	أسوان
١٩٦٠-٢٠٢٢م	٨٤	٣٢.٧	٢٥.٧	٤٠٥	الأقصر

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد الجوية، سجلات المحطات المناخية، قسم المناخ، القاهرة.

٢-٣ أساليب وأدوات الدراسة:

١-٢-٣ التحليلات الإحصائية.

- اختبار مان كيندال Mann-Kendall.

هو اختبار غير معلمي Non-parametric قائم على الرتبة تم تطويره لاكتشاف الاتجاهات الخطية الثابتة صعودًا وهبوطًا في دراسات تقييم الأثر البيئي (Wang et al., 2020). ويُعد هذا الاختبار مستقلًا عن التوزيع - نقيض الطرق المعلمية Parametric -؛ أي أنه لا يتطلب توزيع البيانات بشكل طبيعي، وهو افتراض نادر إحصائيًا في بيانات الغلاف الجوي. وعلى الرغم من ذلك يجب ألا تحتوي مجموعة البيانات قيد الدراسة على ارتباط تسلسلي Serial Autocorrelation (Ahmad et al., 2015).

وعلى الرغم من قوة اختبار Mann-Kendall في الكشف عن الاتجاه العام في السلاسل الزمنية صعودًا أو هبوطًا، إلا أنه لا يوفر تقديرًا كميًا لانحدار خط الاتجاه Slope الذي يمكن من

خلاله حساب حجم الاتجاه الصاعد أو الهابط؛ ولهذا تم استخدام تحليل الاتجاه Theil-Sen Estimator لحساب مقدار الاتجاه العام (Hamdi, 2023).

- تحليل ثيل سين Theil-Sen Estimator.

ووفقاً لتعريف Theil (1950)، فإن انحدار Theil-Sen لمجموعة من النقاط ثنائية الأبعاد (X_i, Y_i) هو وسيط m الفروق بين البيانات الأصلية وخط الاتجاه $(X_j - X_i) / (Y_j - Y_i)$ التي تحددها جميع أزواج العينة نقاط (Theil, 1950). وقام Sen (1968) بتوسيع هذا التعريف للتعامل مع الحالة التي يكون فيها بين نقطتي بيانات لهما إحداثيات X نفسها (Sen, 1968).

- نموذج الانحدار الخطي البسيط:

يعد الانحدار الخطي هو بلا شك الطريقة الإحصائية الأكثر استخداماً؛ فعادة ما يتم التمييز بين الانحدار البسيط (مع مُتَغَيِّر توضيحي واحد فقط) والانحدار المتعدد (عدة مُتَغَيِّرَات توضيحية) على الرغم من أن المفهوم العام وطرق الحساب متطابقة. فمبدأ الانحدار الخطي هو نمذجة المُتَغَيِّر التابع الكمي Y من خلال مجموعة خطية من المُتَغَيِّرَات التوضيحية الكمية X_1, X_2, \dots, X_p ، والنموذج الحتمي (دون أخذ العشوائية بعين الاعتبار) يمكن التعبير عنه على النحو التالي:

$$y_i = B_0 + \sum_{j=1}^p B_j x_{ij} + \epsilon_i$$

حيث y_i هي القيمة المرصودة للمُتَغَيِّر التابع للملاحظة i ، أما x_{ij} هي القيمة التي يأخذها المُتَغَيِّر j للمراقبة i ، ϵ_i هو الخطأ في النموذج.

ويعد التجانس والاستقلالية في مصطلحات الخطأ من الفرضيات الأساسية في الانحدار الخطي؛ حيث يُفترض أنَّ تباينات مصطلحات الخطأ مستقلة وموزعة بشكل متماثل وموزعة بشكل طبيعي. عندما لا يكون من الممكن الاحتفاظ بهذه الافتراضات يسمح اختبار Durbin Watson أو White المتوفر في قائمة السلاسل الزمنية بتحدي هذه الفرضيات، تكون النتيجة أنه لا يمكن تقدير مصفوفة التباين باستخدام الصيغة الكلاسيكية، وتباين المعلمات المقابلة إلى B . يمكن أن تكون معاملات النموذج الخطي خطأ وفترات الثقة الخاصة بها أيضاً. ويمكن القول: إن المتنبئ مهم (أو على التوالي ليس كذلك) بينما يكون العكس. يسمح برنامج XLSTAT بتصحيح عدم التغيرات والارتباط الذاتي الذي يمكن أن ينشأ، خاصة في السلاسل الزمنية.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

وفيما يتعلق بالتباين، استكشف (White, 1980)، - وتابعه كثيرٌ من المؤلفين- طرقاً لتصحيح التقدير الكلاسيكي للتباينات باستخدام الروافع المتبقية والروافع المركزية التي تم الحصول عليها من حسابات الانحدار الخطي. وعندما لا تصمد افتراضات الانحدار الخطي الكلاسيكي، في حين أن مقدرات المعاملات لم تتغير، فإن الكتابة المبسطة لمصفوفة التباين المشترك.

٣-٢-٢ مؤشر عدم الراحة المعدل لِثوم Thom's discomfort index (TDI)

لقد تم حتى الآن عرض عدد كبير من مؤشرات المناخ الحراري البشري في الأدبيات العالمية (de Freitas & Grigorieva, 2015). وفي التحليل الحالي، تم اختيار مؤشر عدم الراحة لِثوم (DI) Thom's discomfort index لتقييم الراحة الحرارية للسكان. وتم استنباط هذا الاختيار من الأساس المنطقي للمؤشر وأساسه النشاط والسيولوجي الحراري. بالإضافة إلى ذلك، يسجل مؤشر عدم الراحة درجات أعلى من المؤشرات الأخرى في معايير الصلاحية والشمول والتطور. وتؤكد الأبحاث الحديثة أهمية وصلاحية مؤشر عدم الراحة لالتقاط التقلبات المناخية الحيوية الحرارية وتأثيراتها على صحة الإنسان، كما أن له ميزة أخرى وهي قدرته على وصف جميع المناخات، وقياس الإحساس الحراري من الإجهاد الحراري الشديد إلى الإجهاد البارد الشديد.

ويعد مؤشر عدم الراحة لِثوم DI المؤشر المناخي الحيوي الأكثر استخداماً في دراسات المناخ لوصف مستوى الإحساس الحراري الذي يعاني منه الشخص بسبب الظروف المناخية المعدلة لمنطقة حضرية (Stathopoulou et al., 2005)، (Zauli Sajani et al., 2008). ويعتمد مؤشر عدم الراحة على صيغة يسيرة تعكس المساهمة النسبية لدرجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية على الراحة الحرارية للإنسان، وخاصة بالنسبة للتقييم العام لظروف الراحة في الأماكن الخارجية.

وتعتمد راحة الإنسان على تبادل الحرارة بين الإنسان والبيئة المحيطة به؛ لذا فإن عدداً متزايداً من الدراسات تناولت تأثير تغير المناخ (الاحترار العالمي) على راحة الإنسان من وجهات نظر مختلفة. وقد وضعت عدة علاقات كمية لحساب مؤشر الراحة أو الانزعاج Comfort, Discomfort Index من الظروف المناخية كقرينة ثوم (Thom, 1959)، ويستند مؤشر عدم الراحة Discomfort Index (DI) إلى صيغة رياضية يسيرة تعكس مدى المساهمة النسبية لدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية (معبراً عنه بوحدات درجة مئوية) في التأثير على الراحة الحرارية البشرية، وبصفة خاصة تقييم ظروف الراحة البشرية خارج المنزل "المساحات المفتوحة"؛ وذلك لقياس راحة الإنسان، وهو مقياس مناسب للإحساس بالحرارة في ظل ظروف مناخية مختلفة. ويمثل تقييماً كمياً

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

للإجهاد الناجم عن الحرارة، ويقدم المؤشر معلومات قيمة ودقيقة، وهو أمر مطلوب لأغراض الرّاحة. ويأخذ المؤشر الصيغة الآتية (Thom, 1959):

$$DI (^{\circ}C) = T_h - 0.55 (1 - 0.01RH_h) (T_h - 14.5)$$

حيث إن:

$$DI (^{\circ}C) = \text{مؤشر عدم الرّاحة لتوم (الانزعاج الحراري)}$$

$$T_h = \text{درجة حرارة الهواء (}^{\circ}\text{س)}$$

$$RH_h = \text{الرطوبة النسبية (\%)}$$

وتم تطبيق معادلة " توم ١٩٥٩" التي تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة النسبية على بيانات مَحَطَّتي أسوان والأقصر، وقد أوجد توم ١٩٥٩ حدودًا لدرجات الرّاحة التي يشعر بها الإنسان من خلال عدة تجارب لأناس تم وضعهم في أجواء مختلفة من الحرارة والرطوبة، ثم تم متابعة ردود أفعالهم، ويمثل جدول (٢) هذه الحدود؛ حيث تشير قيم مؤشر عدم الرّاحة DI المرتفعة إلى مستوى عالٍ من الانزعاج الحراري للإنسان. ويشعر الإنسان بالانزعاج وعدم الرّاحة حينما ترتفع قيم المؤشر إلى أكثر من (٢٤) وعندها يشعر أكثر من (٥٠%) من السكان بعدم الرّاحة، بينما إذا انخفضت قيمة القرينة عن (٢١) فإن السكان يشعرون بحالة من الرّاحة "راحة مثالية"، في حين إذا تجاوزت قيمة القرينة أكثر من ٢٧ فإن معظم السكان يشعرون بعدم الرّاحة.

جدول (٢) تصنيف فئات عدم الرّاحة التي يشعر بها الإنسان في ضوء مؤشر عدم الرّاحة لـ "توم ١٩٥٩م"

المصطلح الأجنبي	مستوى الرّاحة التي يشعر بها الإنسان	مؤشر عدم الرّاحة أو الانزعاج DI(°c)
No discomfort	حالة من الرّاحة "لا يوجد إزعاج"	DI < 21
Under 50% of the population feels discomfort	يشعر أقل من ٥٠% من السكان بعدم الرّاحة (راحة نسبية)	21 ≤ DI < 24
Over 50% of the population feels discomfort	يشعر أكثر من ٥٠% من السكان بعدم الرّاحة (عدم راحة)	24 ≤ DI < 27
Most of the population feels discomfort	يشعر معظم السكان بعدم الرّاحة (عدم راحة شديد)	27 ≤ DI < 29
Everyone feels discomfort	كل السكان يشعرون بعدم الرّاحة (إجهاد شديد)	29 ≤ DI < 32
State of a medical emergency	حالة الطوارئ الطبية	DI ≥ 32

(Thom, 1959)

٤. النتائج والمناقشة.

تمّ في هذا القسم التركيز على دراسة التغيّرات المناخية في جنوبي مصر خلال النصف الثاني من القرن العشرين وبداية الحادي والعشرين (١٩٦٠-٢٠٢٢)، وإسقاطاتها المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣) على عنصري الحرارة والرطوبة النسبية بوصفهما أهم عنصرين مناخيين وأكثرهما تأثيراً في حياة الإنسان وراحته، وفي باقي عناصر المناخ الأخرى، وفيما يخص عنصر الحرارة فقد تم استخدام متوسطات ومعدلات درجات الحرارة اليومية كأساس لدراسة التغيّرات وليس متوسط النهايات العظمى والصغرى؛ حيثُ يذكر (عبدالعزیز عبداللطيف، ١٩٨٢) "أنه قد حظي المتوسط اليومي لدرجة الحرارة باهتمام الباحثين على المستوى العالمي، بوصفه ممثلاً للاتجاه العام لدرجة الحرارة، وكان ذلك الاهتمام يزيد عما تلقاه كل من متوسط النهايات العظمى والصغرى". أما فيما يخص الرطوبة النسبية فقد تم الاعتماد أيضاً على المعدل الشهري والفصلي والسنوي لدراسة التغيّر في الاتجاه العام وتحليل السلاسل الزمنية خلال الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

٤.١ التغيّر في اتجاه درجة الحرارة اليومية خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢).

تعد درجة الحرارة إحدى المتغيّرات المناخية الرئيسة المستخدمة لتقييم التقلبات والتغيّرات على المستويين الإقليمي والعالمي. ومع ذلك، فإن التغيّرات تختلف مكانياً وزمانياً. خلال الفترة ١٩١٠-١٩٤٥؛ حيثُ كانت اتجاهات درجات الحرارة السنوية إيجابية في أجزاء كثيرة من العالم، بينما في الفترة ١٩٤٦-١٩٧٥ كانت الاتجاهات السلبية سائدةً بشكلٍ كبيرٍ (IPCC., 2001). ومع ذلك، لوحظت في الفترة ١٩٧٦-٢٠٠٠م، اتجاهات إيجابية في كل مكان تقريباً في جميع أنحاء العالم. وطيلة القرن العشرين؛ وتشير أفضل التقديرات إلى أن درجة حرارة السطح العالمية قد زادت بمقدار ٠,٧°س، وكان اتجاه الاحترار أكثر وضوحاً بعد الثمانينيات (IPCC., 2001). وكانت التغيّرات واسعة النطاق في درجات الحرارة التي تسبب الأحداث المتطرفة، مثل: الأيام الحارة والليالي الحارة وموجات الحرارة أكثر تواتراً، في حين أصبحت الأيام الباردة والليالي الباردة والصقيع أقل تواتراً (IPCC., 2007)؛ ولذا فإن المعرفة المتعمقة بشأن درجات الحرارة أمرٌ لا يقدر بثمن لتقييم تأثير تغيّر المناخ الذي يحدث في منطقتي الدراسة على الإجهاد الحراري للسكان.

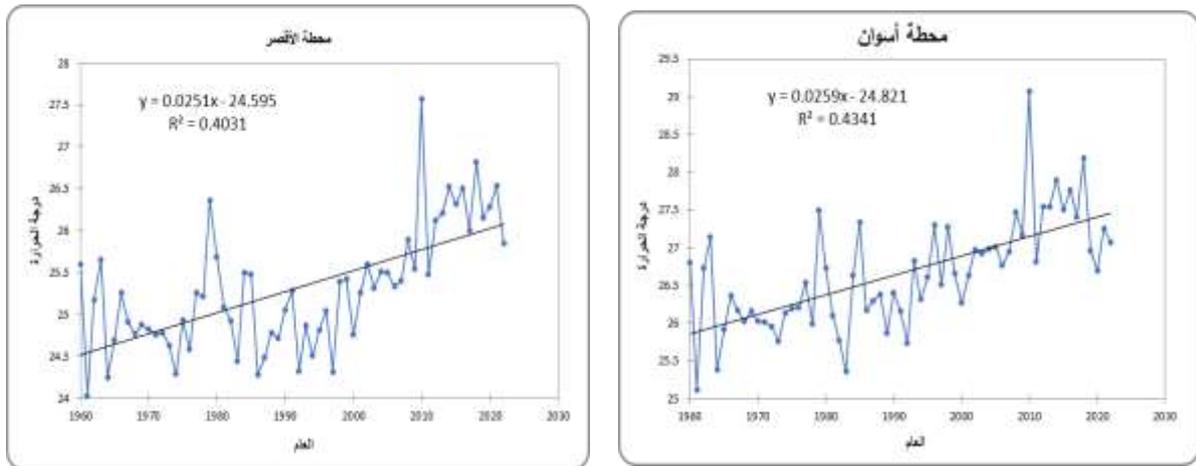
إنّ درجة الحرارة اليومية أو المتوسط اليومي لدرجة الحرارة هو متوسط درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى، أو متوسط رصد درجات الحرارة طوال اليوم. ودائماً ما كانت درجة الحرارة اليومية وحدها مجال اهتمام دراسات التغيّرات المناخية دون باقي مقاييس الحرارة (كدرجة الحرارة العظمى والصغرى) بوصفها مؤشراً مهماً يمكن من خلال دراسته تعرّف ما يحدث

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

في الغلاف الجوي من تَغْيِرَات، دون الدخول في تفاصيل باقي مقاييس الحرارة (وليد عباس، ٢٠١٣).

وتوضح الأشكال (٢)، (٣)، (٤)، (٥)، الاتجاه العام لدرجة الحرارة اليومية سنويًا وفصليًا وشهريًا (س°) في بعض المَحَطَّات المُنَاخية في جنوبي مصر في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢). وقد رسم الاتجاه العام وفقًا لمعادلة خط الانحدار، ويوضح الجدولان (٣)، (٤)، مقدار التَغْيِر في الاتجاه العام، وكذا بعض التحليلات الأساسية للإحصاءات الوصفية والاتجاهية باستخدام تحليل ثيل ثين واختبار مان كيندال Mann-Kendall Test & Theil-Sen Estimator، للسلسلة الزمنية لدرجة الحرارة اليومية في مَحَطَّتي أسوان والأقصر، وتم تقييم الأهمية الإحصائية للاتجاهات عند مستوى ثقة ٩٥% ($P < 0.05$) لفترة الأساس (١٩٦٠-٢٠٢٢). حيث يتضح الآتي:

يتضح من تطبيق اختبار مان - كندال اللامعلمي للاتجاه لتحديد اتجاهات المعدلات السنوية لدرجة الحرارة في جنوبي مصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م شكل (٢)، أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة هو اتجاه عام تصاعدي؛ حيث يوضح الشكل خطية الاتجاه نحو الارتفاع في المعدلات السنوية بانحدار بلغ (٠,٢٥٩ س°/عام)، (٠,٢٥١ س°/عام)، وبمقدار تَغْيِر في درجة الحرارة (١,٦١ س°)، (١,٥٦ س°)، لِكُلِّ مِ مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وهو يتوافق مع ما ذكره (عبدالوهاب محمد، ٢٠٢٠) من أن درجة الحرارة ارتفعت بمقدار (١,١٣ س°) خلال فترة دراسته (١٩٨١-٢٠١٨م). وهو نقيض ما ذكره (وليد عباس، ٢٠٠٩)؛ حيث كان اتجاه التَغْيِر هابطًا في دلتا النيل، وبمقدار (-٠,٣٦ س°) خلال فترة دراسته (١٩٦١-١٩٩٧م).



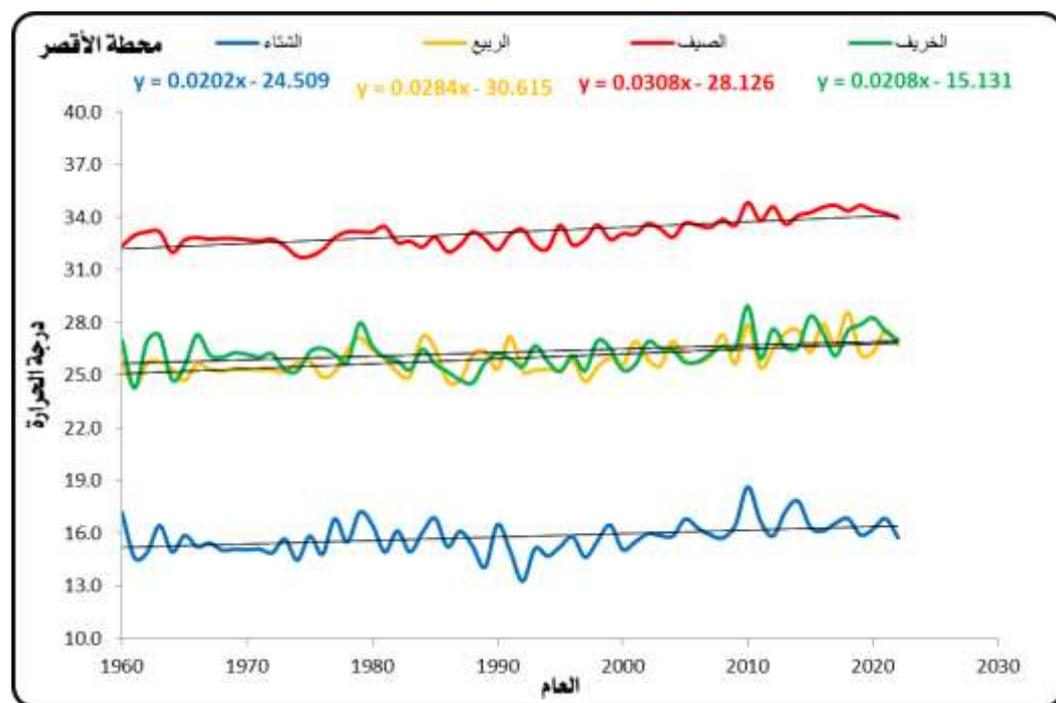
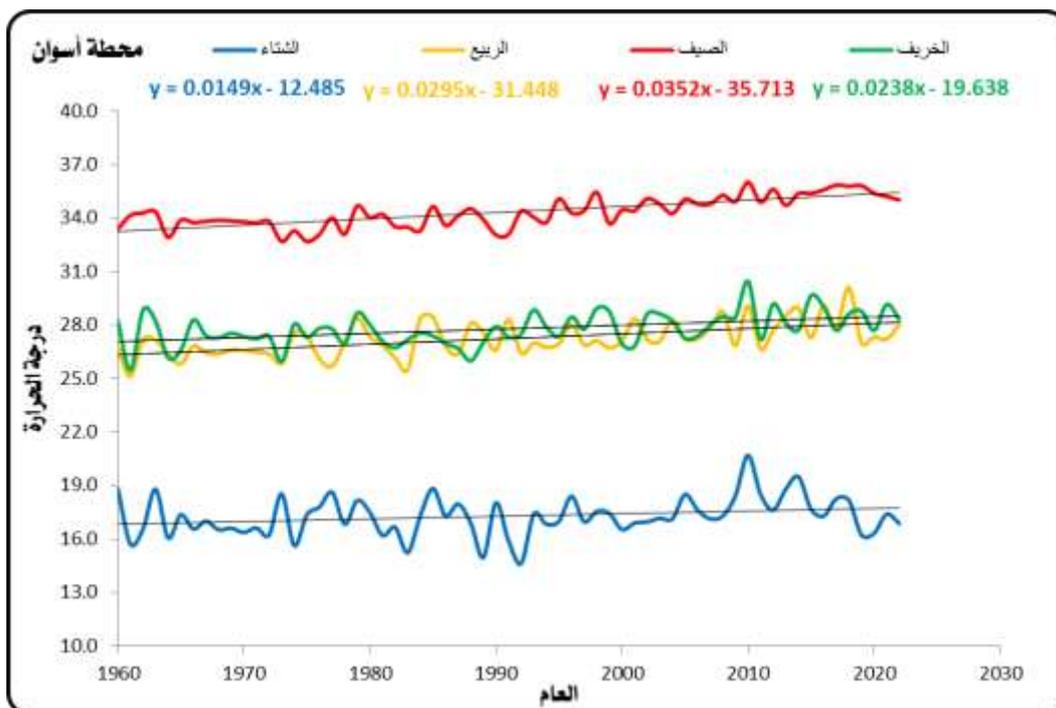
شكل (٢) الاتجاه العام لدرجة الحرارة اليومية (س°) سنويًا في مَحَطَّتي أسوان والأقصر ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

وعلى المستوى الفصلي يلاحظ من الشكلين (٣)، (٤)، والجدولين (٣)، (٤)، أن مَحَطَّتي أسوان والأقصر قد شهدتا اتجاهًا عامًا صاعدًا في درجة الحرارة اليومية خلال فصل الشتاء؛ حيث بلغ الانحدار (٠,٠١٤٩°س، ٠,٠٢٠٢°س/عام)، لِكُلِّ مِنْ مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، وبذلك يصبح التَّغْيِيرُ في درجة الحرارة في مَحَطَّةِ أسوان (٠,٨٣°س)، بينما ارتفع بشكل ملحوظ في مَحَطَّةِ الأقصر إلى (١,٣°س) في الفترة (١٩٦٠ - ٢٠٢٢)، أي أن مقدار التَّغْيِيرِ في درجة الحرارة بِمَحَطَّةِ الأقصر أعلى من مَحَطَّةِ أسوان، وبفارق (٠,٤٧°س)؛ وبذلك يمكن القول: إنَّ فصل الشتاء سجل أدنى تَغْيِيرٍ في درجة الحرارة بين فصول العام، ولعل السبب في ذلك طبيعة فصل الشتاء فهو فصل البرودة؛ حيث تصل لمنطقتي الدراسة كميات قليلة من الإشعاع الشمسي؛ نظرا لزيادة نسبة تغطية السماء بالسحب، والتي تعيق وصول هذا الإشعاع خلال فصل الشتاء والتي حدثت بكل تأكيد من رفع درجات الحرارة؛ فقد سجل معدل درجة حرارة اليومية في مَحَطَّتي أسوان والأقصر خلال فصل الشتاء ١٧.٣°س، ١٥.٨°س، على الترتيب في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢).

وخلال فصل الربيع استمر الاتجاه الصاعد في درجة الحرارة اليومية نحو الاحترار؛ حيث بلغ الانحدار (٠,٠٢٨°س، ٠,٠٢٨٤°س/عام)، لِكُلِّ مِنْ مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، وبذلك بلغ مقدار التَّغْيِيرِ خلال فترة الدراسة، ارتفاعًا بمقدار (١,٧٦°س)، في كلتا المحطتين. وهذا الارتفاع في درجة الحرارة اليومية خلال فصل الربيع أعلى من مثيله الشتاء وبفارق (٠,٩٧°س)، (٠,٤°س) لِمَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. ومن وجهة نظر الباحث يُعزَى الارتفاع في مقدار التَّغْيِيرِ في درجة الحرارة في منطقتي الدراسة خلال فصل الربيع مقارنةً بالشتاء إلى ارتفاع درجة الحرارة تدريجيًا خلال فصل الربيع؛ حيث تتعامد الشمس فوق دائرة الاستواء بعدما كانت متعامدة على مدار الجدي؛ مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة بصورة نسبية خلال ذلك الفصل؛ حيث بلغ معدل درجة حرارة فصل الربيع في مَحَطَّتي أسوان والأقصر نحو (٢٧,٢°س، ٢٦,٠°س)، على الترتيب؛ وذلك لما يتميز به فصل الربيع من وجود المنخفضات الجوية، والتي يصاحبها رياح جنوبية وجنوبية غربية حارة وجافة محملة بالأتربة والرمال، وهي ما تُسمَّى برياح الخماسين؛ حيثُ تساعد تلك الرياح على رفع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى عدم استقرار الأحوال الجوية خلال ذلك الفصل في منطقة الدراسة.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣



شكل (٣) الاتجاه العام لدرجة الحرارة اليومية (س°) علي المستوي الفصلي في مَحَطَّتي أسوان والأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

أما فصل الصيف؛ حيثُ الاستقرار والرتابة في الأحوال الجوية؛ نظرًا لانعدام فرص مرور المنخفضات الجوية، المتسبب الأول في حالات عدم الاستقرار في الأحوال الجوية؛ حيثُ يقفز مؤشر درجة الحرارة إلى أعلى مستوياته، كما يتميز فصل الصيف عن بقية فصول العام بارتفاع عدد ساعات السطوع الشمسي؛ وذلك بسبب طول النهار وشفاء الجو وخلوه من السحب والعوالق، وعلى هذا النحو نجد أن المعدل الفصلي الصيفي لدرجة الحرارة يصل إلى أقصاه؛ فقد بلغ $34,3^{\circ}\text{C}$ ، $33,1^{\circ}\text{C}$ ، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، خلال فترة الدراسة (١٩٦٠-٢٠٢٢م).

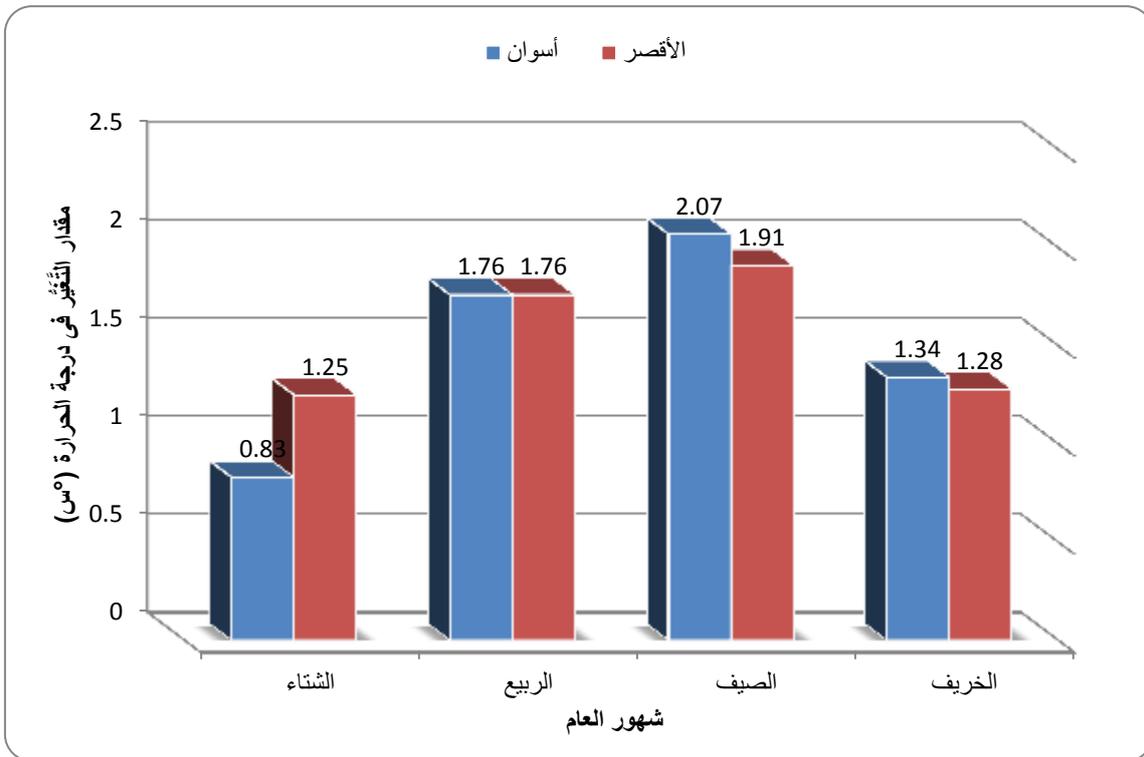
كما يُلاحظ أنه في فصل الصيف - كما يوضح الشكلان (٣)، (٤)، والجدولان (٣)، (٤)- يأخذ الاتجاه الصاعد نحو الاحترار، بانحدار بلغ ($0,0352^{\circ}\text{C}/\text{عام}$) لِمَحَطَّة أسوان، و($0,0308^{\circ}\text{C}/\text{عام}$)، لِمَحَطَّة الأقصر. وبذلك يصبح الاحترار أشد تأثيرًا في مَحَطَّة أسوان مقارنة بالأقصر، ويفارق حراري ($0,0044^{\circ}\text{C}/\text{عام}$) لصالح مَحَطَّة أسوان. ولذا يعد الصيف الفصل الوحيد الذي شهد أكبر ارتفاع في متوسط درجة الحرارة اليومية بين فصول العام؛ فقد بلغ مقدار التغيُّر خلال فترة الدراسة في مَحَطَّتي الدراسة، نحو ($2,07^{\circ}\text{C}$ ، $1,91^{\circ}\text{C}$) على الترتيب.

كما يلاحظ من الشكلين (٣)، (٤)، استمرار الاتجاه الصاعد في درجة الحرارة خلال فصل الخريف، ليسجل الانحدار الحراري خلاله ($0,0238^{\circ}\text{C}$ ، $0,0218^{\circ}\text{C}/\text{عام}$)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وبذلك بلغ مقدار التغيُّر خلال فصل الخريف نحو ($1,34^{\circ}\text{C}$)، في مَحَطَّة أسوان، ($1,28^{\circ}\text{C}$)، في مَحَطَّة الأقصر، في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، وبذلك يتقارب مقدار التغيُّر في مَحَطَّتي الدراسة.

ونستنتج من التحليل السابق ذكره لاتجاه التغيُّر في درجة الحرارة، أن هناك اختلافًا في مقدار التغيُّر في درجة الحرارة في منطقتي الدراسة على مستوى الفصول خلال الفترة (١٩٦٠ - ٢٠٢٢)، وأن لكل فصل خصائص مختلفة؛ حيث تبين أن فصل الصيف هو الأكثر تغيُّرًا بين فصول العام، وهذا الارتفاع يتزامن مع سقوط أكبر مقدار من الإشعاع الشمسي خلال العام على منطقة الدراسة؛ حيثُ إنَّ شهور فصل الصيف هي أعلى شهور السنة في معدلات الإشعاع الشمسي الوارد إلى منطقة الدراسة، ومرد ذلك تعامد الشمس على منطقة الدراسة، خلال شهور الصيف؛ لذا أضحت شهور الصيف قمة الإشعاع الشمسي، وشهور الشتاء أدناها. فقد سجلت ($27,76$)، ($25,40$)، ($20,57$)، ($13,39$) ميغا جول/متر^٢/يوم، لفصول الصيف، والربيع، والخريف، والشتاء، على الترتيب (مسعد سلامة، ٢٠٠٢). وهذا يعني أن تأثير التغير المناخي

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

يزداد بشكل أقوى مع زيادة مقدار سقوط الإشعاع الشمسي. أضف إلى ذلك الانبعاثات الحراريّة البشرية تزداد خلال الأشهر الحارة عن الشهور الباردة، وذلك استجابة لارتفاع درجة الحرارة وزيادة استهلاك الطاقة في عمليات تبريد الهواء داخل المنازل والمنشآت الحضرية الأخرى. وفي الوقت نفسه تعد غازات الاحتباس الحراري Greenhouse gases المنبعثة من قطاع الطاقة هي في حد ذاتها المحرك الرئيس لتغيّر المناخ Climate change، وهي المسؤولة -كذلك- عن ربع انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري (IPCC., 2007)، وبالتالي فإنّ استهلاك الطاقة يُؤثّر ويتأثر بتغيّر المناخ.



شكل (٤) مقدار التغيّر في المعدلات الفصلية لدرجة الحرارة اليومية في مَحَطَّتي أسوان والأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

وعلى المستوى الشهري يدل تحليل السلاسل الزمنية للمعدلات الشهرية لدرجة الحرارة في جنوبي مصر (١٩٦٠-٢٠٢٢)، كما في الأشكال (٥)، (٦)، (٧)، والجدولين (٣)، (٤)، على خطية الاتجاه نحو الارتفاع في كل شهور العام وإن اختلفت قيم الاتجاه والتغيّر من شهر لآخر، وتصدّر مايو شهور السنة من حيث مقدار التغيّر في اتجاه درجة الحرارة في جنوبي مصر؛ فقد بلغ مقدار التغيّر ٢,٦٧°س، ٢,٦٦°س في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، يلي ذلك شهر

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

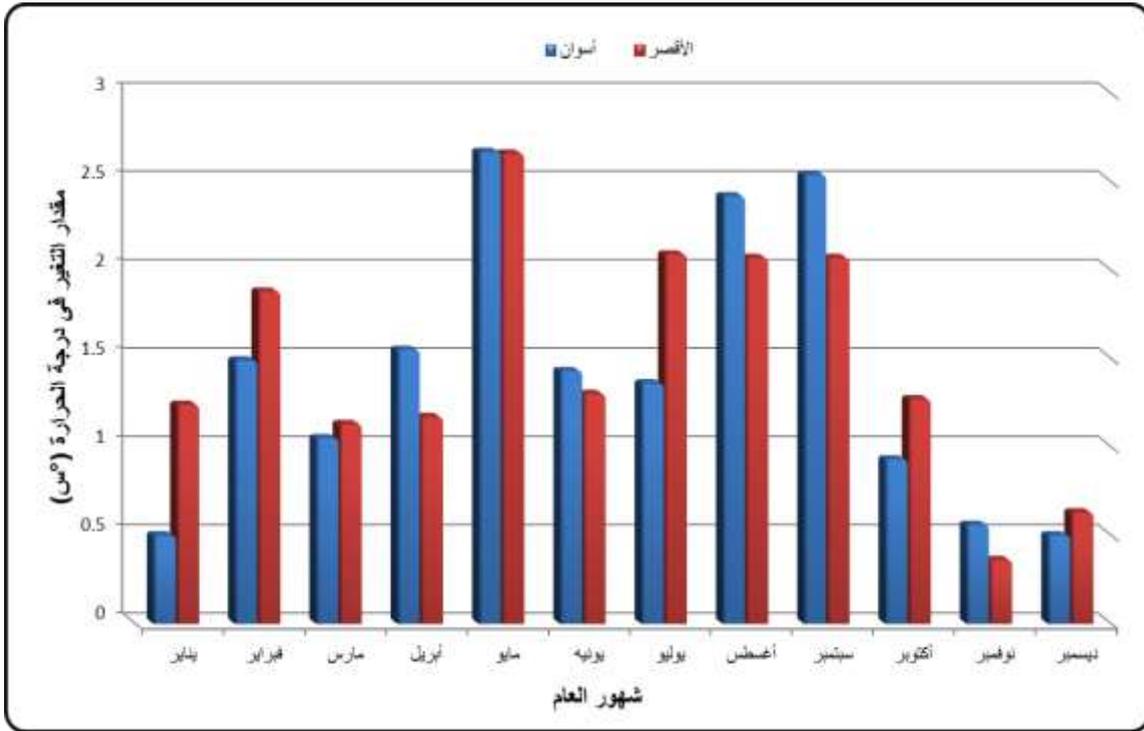
سبتمبر كثاني أكثر الشهور من حيث مقدار التَّغْيُر في درجة الحرارة بمقدار $2,54^{\circ}\text{C}$ في مَحَطَّة أسوان، بينما في مَحَطَّة الأقصر سجل $2,07^{\circ}\text{C}$ ، ويزيد عنه في ذلك بفارق طفيف شهر يوليو ($2,09^{\circ}\text{C}$)، ويتشابه معه شهر أغسطس بمقدار التَّغْيُر نفسه ($2,07^{\circ}\text{C}$). ثم جاء شهر "أغسطس، ويوليو" في الترتيب الثالث من حيث مقدار التَّغْيُر في درجة الحرارة، وبمقدار ($2,42^{\circ}\text{C}$ ، و $2,36^{\circ}\text{C}$) على الترتيب في مَحَطَّة أسوان، وعلى النسق نفسه في مَحَطَّة الأقصر ليسجلا ($2,07^{\circ}\text{C}$ ، $2,09^{\circ}\text{C}$) لشهري أغسطس ويوليو على الترتيب. ويشير هذا إلى أنه مع مرور الوقت، يصبح تَغْيُر المُنَاخ أكثر وضوحاً وتأثيراً. ومن ثم يمكن القول: إنَّ مايو الشهر الأسرع احتراراً، يليه سبتمبر ويوليو وأغسطس، وهو ما يتوافق مع النتائج التي توصل إليها كل من (El-Nesr et al., 2010)، عن اتجاهات درجات الحرارة وتوزيعها في شبه الجزيرة العربية، وأبرزت دراسته أن الاتجاه الأكثر أهمية للاحترار يظهر في أشهر الصيف في "يونيو، وأغسطس، وسبتمبر" حول المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية، بينما كانت المناطق الشمالية الغربية والجنوبية هي الأقل تأثراً باتجاه الاحترار. وينعكس هذا التَّغْيُر (الزيادة) في معدل درجة الحرارة في منطقة الدراسة على زيادة شعور السكان بعدم الرَّاحَة الفسيولوجية خلال هذه الشهور بدرجة أكبر من غيرها.

وعلى الجانب الآخر سجل مقدار التَّغْيُر في اتجاه درجة الحرارة أدناه خلال الشهور الباردة من العام، فقد سجَّل شهر "ديسمبر، ويناير" في مَحَطَّة أسوان أدنى معدلات التَّغْيُر بمقدار $0,5^{\circ}\text{C}$ ، لكلا الشهرين، وتلا ذلك شهر نوفمبر بمقدار تَغْيُر $0,56^{\circ}\text{C}$ ، ثم أكتوبر ومارس $0,93^{\circ}\text{C}$ ، $1,05^{\circ}\text{C}$ على الترتيب. وتتشابه مَحَطَّة الأقصر مع مثلثتها السابقة، مع حدوث اختلافات طفيفة بين الشهور؛ فقد شهد شهر نوفمبر أدنى معدلات التَّغْيُر $0,36^{\circ}\text{C}$ ، ثم جاء شهر ديسمبر في المركز الثاني كأدنى الشهور في مقدار التَّغْيُر في درجة الحرارة $0,63^{\circ}\text{C}$ ، ثم شهور مارس، وأبريل، ويناير $1,13^{\circ}\text{C}$ ، $1,17^{\circ}\text{C}$ ، $1,24^{\circ}\text{C}$ على الترتيب. وقد ترافق مقدار التَّغْيُر المتدني في درجة الحرارة مع كون هذه الشهور تحقق أفضل مستويات الرَّاحَة الفسيولوجية للسكان في منطقة الدراسة.

وإجمالاً؛ تبين أن جميع أشهر العام في مَحَطَّتي الدراسة قد شهدت اتجاهًا صاعدًا في درجات الحرارة، على الرغم من أنها ليست دائماً ذات دلالة إحصائية. ولم تظهر أية اتجاهات سالبة. وفي أسوان، حدثت تغييرات أكبر في شهري مايو وسبتمبر، وكذلك في يوليو وأغسطس. وقد بلغت الزيادة في درجات الحرارة خلال هذه الأشهر أكثر من 2°C ، على مدى الـ ٦٢ عامًا

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

الماضية (١٩٦٠-٢٠٢٢). وكذا لوحظت الاتجاهات ذات الدلالة الإحصائية خلال الأشهر السابقة نفسها، وكانت قيمة P-Value أقل من (٠,٠٠٠١). وتتشابه اتجاهات التَّغْيَر في مَحَطَّة الأَقْصَر مع مثيلتها السابقة؛ فقد سجلت شهور مايو، سبتمبر، يوليو، أغسطس أعلى قيم التَّغْيَر في اتجاهات درجة الحرارة بما يزيد عن ٢,٠٧°س، في كل الشهور السابقة، ومع وجود أكثر الاتجاهات ذات دلالة إحصائية عند الأشهر نفسها، وبمستوى معنوية أقل من (٠,٠٠٠١)، وعند مستوى الثقة ٩٥%.



شكل (٥) مقدار التَّغْيَر في المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة اليومية في مَحَطَّتي أسوان والأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

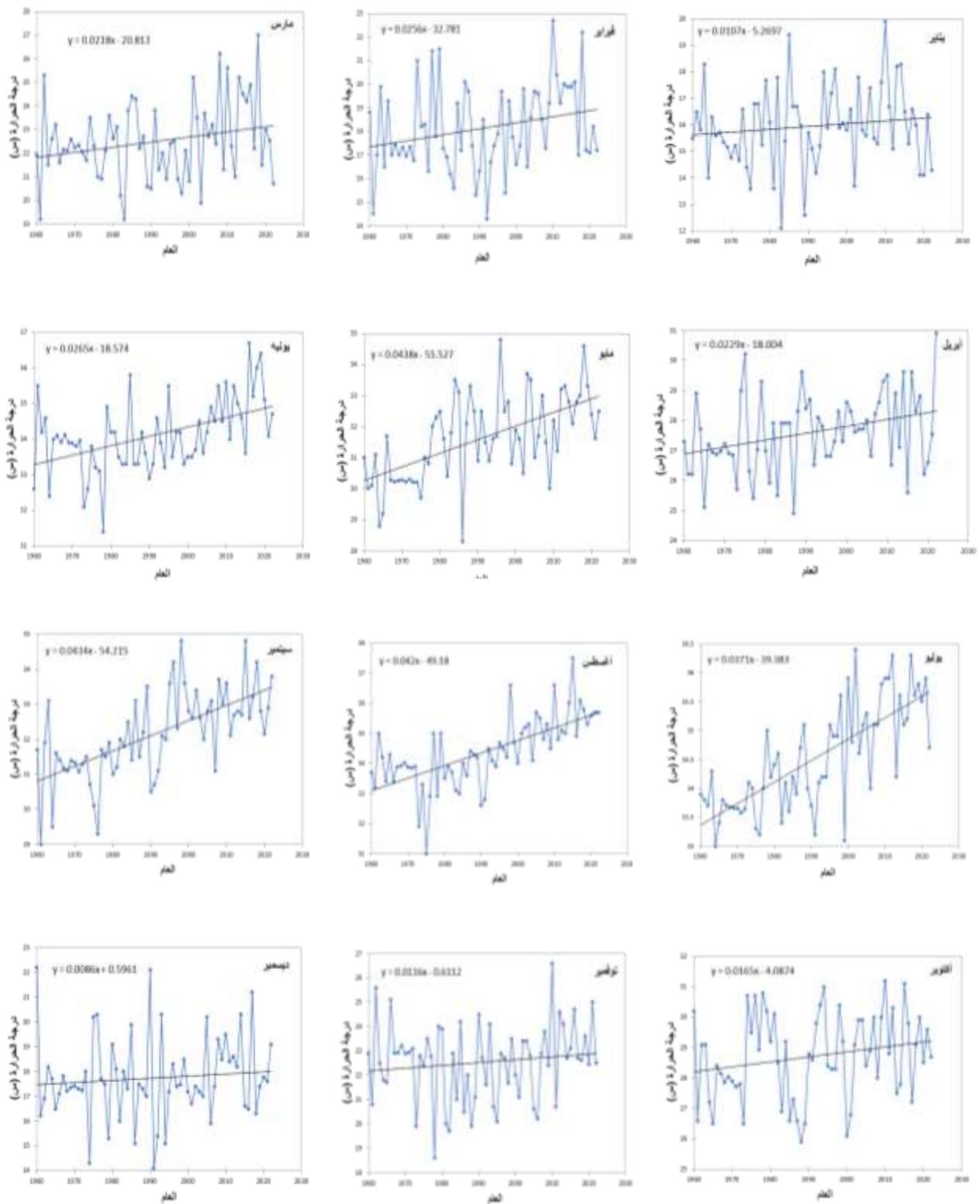
وتجدر الإشارة في هذا الصدد إلى أن نتائج الدراسة الحالية تتفق إلى حد كبير مع ما آلت إليه نتائج كثير من الدراسات، فقد قامت دراسة (Tarawneh & Chowdhury, 2018) بتحليل اتجاهات درجات الحرارة في الرياض وتبوك وأبها، وتبين أن اتجاهات التَّغْيَر في فصل الصيف أكبر من الشتاء، وسجل الاتجاه الصيفي للتَّغْيَر اتجاهاً صاعداً في درجة الحرارة بمقدار ٠,٠٦٧٦°س/ عام في الرياض، ٠,٠٥٨٣°س/ عام في تبوك خلال الفترة ١٩٨٥-٢٠١٣م، وأيضاً سجل ٠,١٢٥٤°س/ عام في أبها في الفترة ١٩٧٥-٢٠٠٩م. وهو ما يتوافق نسبياً مع نتائج الدراسة الحالية للتَّغْيَر في اتجاه درجة الحرارة الصاعد في فصل الصيف في الفترة ١٩٦٠-

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

٢٠٢٢م؛ فقد بلغ مقدار التَّغْيِير الصيفي $٠,٠٣٣$ °س/عام في أسوان، $٠,٠٢٩$ °س/عام في الأقصر. كما تبين -كذلك- من دراسة لـ (Elagib & Abdu, 2010) عن التَّغْيِيرَات العقدية لمتوسط درجة الحرارة على أساس موسمي في البحرين للفترة ١٩٤٧-٢٠٠٥، أن هناك اتجاهًا إيجابيًا قدره $٠,١٦$ °س/عقد، خلال الموسم الجاف. كما تتفق هذه الاتجاهات الخطية الصاعدة في دراستنا - كذلك- مع الدراسة التي أجراها (Rehman, 2010)، حول تحليل بيانات درجة الحرارة اليومية وهطول الأمطار لمَحَطَّة واحدة (الظهران) بالمملكة العربية السعودية، في الفترة ١٩٧٠-٢٠٠٦، وأفاد بارتفاع قدره $٠,٤$ °س، $٠,٦$ °س، $٠,٥$ °س/عقد في المعدل السنوي لدرجة الحرارة الدنيا، والعظمي، واليومية، على الترتيب. وفي دراسة أخرى أجراها (Almazroui et al., 2012)، تبين أن اتجاه التَّغْيِير في درجة الحرارة يكون أكثر أهمية ووضوحًا خلال الفترة الأكثر دفئًا من يونيو إلى سبتمبر، وتتوافق هذه النتيجة أيضًا مع نتائج دراستنا الحالية.

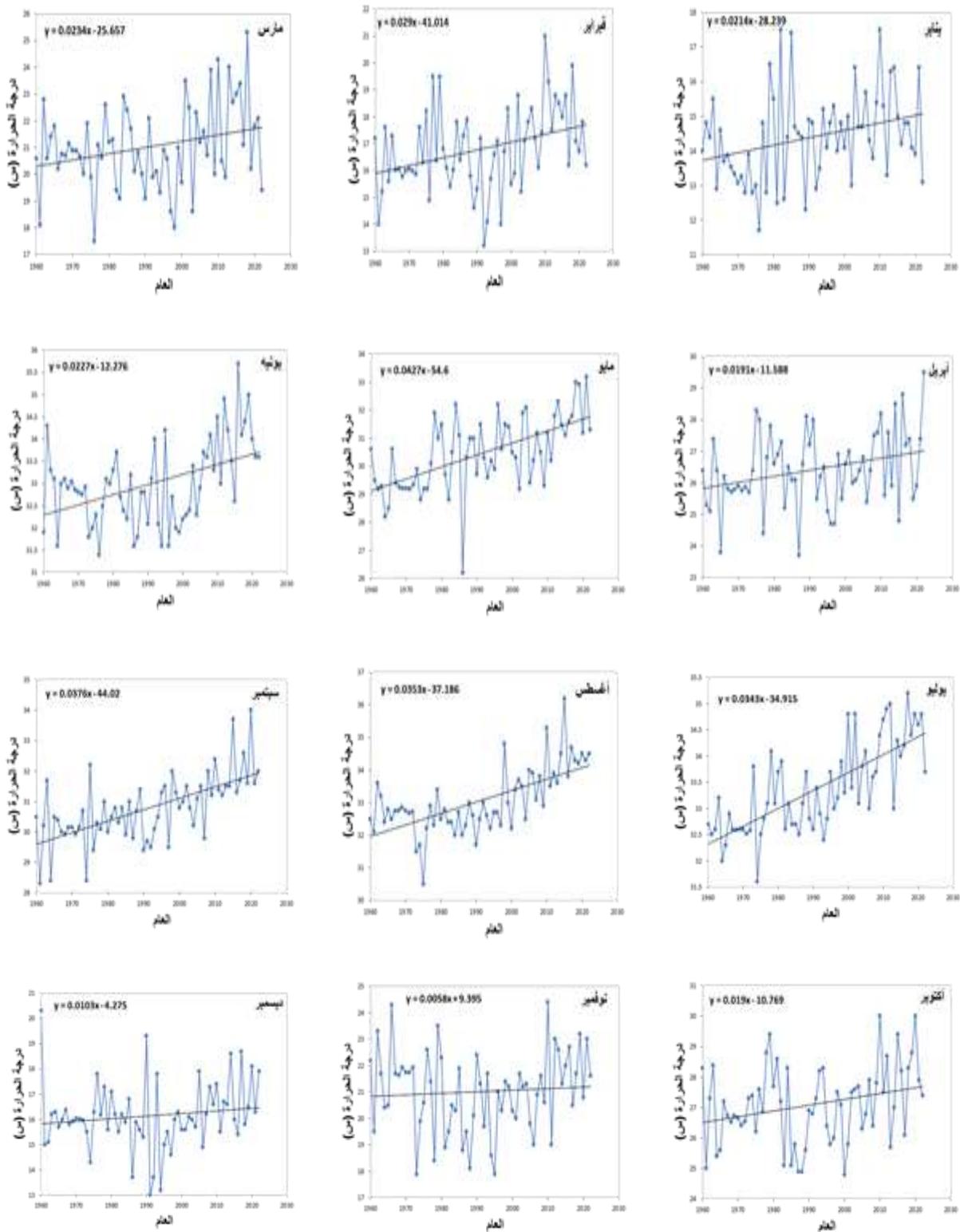
وتزايدت درجات الحرارة العالمية بشكل مطرد منذ بداية رصد درجات الحرارة على نطاق واسع في أواخر القرن التاسع عشر (IPCC., 2013)، وأن التَّغْيِيرَات في درجات الحرارة على الأرض أكبر من تلك الموجودة على المحيطات، كما أن سطح الأرض في نصف الكرة الشمالي يسخن بشكل أسرع من نصف الكرة الجنوبي، ومنذ أواخر السبعينيات، تسارع معدل الاحترار، وزادت درجة حرارة سطح الأرض في نصف الكرة الشمالي بنحو $١,٥$ °س. وتعد المملكة العربية السعودية النقطة الساخنة العالمية لارتفاع درجات الحرارة وتشهد واحدة من أسرع معدلات الاحترار على هذا الكوكب؛ فخلال الفترة ١٩٧٩-٢٠١٩، ارتفع متوسط درجة الحرارة في السعودية بمقدار $(٢,١$ °س)، أي ما يقرب من ٣ أضعاف المتوسط العالمي $(٠,٧$ °س). ويسخن الصيف بشكل أسرع، وارتفع متوسط درجات الحرارة من يونيو إلى أغسطس بمقدار $(٢,٥$ °س) خلال الفترة سابقة الذكر نفسه، وهو ما يتشابه مع الدراسة الحالية بصورة كبيرة.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣



شكل (٦) السلاسل الزمنية لدرجة الحرارة اليومية والاتجاه العام (س) شهريًا في محطة أسوان في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر



شكل (٧) السلاسل الزمنية لدرجة الحرارة اليومية والاتجاه العام (س) شهرياً في محطة الأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٠م.

جدول (٣) التحليلات الأساسية للإحصاءات الوصفية والاتجاهية باستخدام تحليل ثيل ثين واختبار مان كيندال Mann-Kendall Test & Theil-Sen Estimator للسلسلة الزمنية لدرجة الحرارة اليومية في محطة أسوان في الفترة ١٩٦٠ - ٢٠٢٢ م.

الشهر	الانحدار Sen's slope	مقدار التغير Change	Kendall's tau	S	Var(S)	p-value	alpha
ديسمبر	٠,٠٠٨	٠,٥٠	٠,٠٩٠	١٧٥,٠٠٠	٢٨٤٠١,٠٠٠	٠,٣٠٢	٠,٠٥
يناير	٠,٠٠٨	٠,٥٠	٠,٠٧١	١٢٨,٠٠٠	٢٨٤٠٤,٠٠٠	٠,٤١٦	٠,٠٥
فبراير	٠,٠٢٤	١,٤٩	٠,١٧٨	٣٤٥,٠٠٠	٢٨٣٩٩,٠٠٠	٠,٠٤١	٠,٠٥
فصل الشتاء	٠,٠١٣	٠,٨٣	٠,١١٣	٢١٩,٣٣٣	٢٨٤٠١,٣٣٣	٠,٢٥٣	٠,٠٥
مارس	٠,٠١٧	١,٠٥	٠,١٣٢	٢٥٧,٠٠٠	٢٨٤١٠,٣٣٣	٠,١٢٩	٠,٠٥
أبريل	٠,٠٢٥	١,٥٥	٠,٢٢١	٤٢٨,٠٠٠	٢٨٣٩٠,٠٠٠	٠,٠١١	٠,٠٥
مايو	٠,٠٤٣	٢,٦٧	٠,٤٢٣	٨٢٠,٠٠٠	٢٨٣٨٤,٠٠٠	< 0.0001	٠,٠٥
فصل الربيع	٠,٠٢٨	١,٧٦	٠,٢٥٩	٥٠١,٦٦٧	٢٨٣٩٤,٧٧٨	٠,٠٤٧	٠,٠٥
يونيو	٠,٠٢٣	١,٤٣	٠,٣١٥	٦٠٦,٠٠٠	٢٨٣٢٢,٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥
يوليو	٠,٠٢٨	٢,٣٦	٠,٥٤٢	١٠٤٤,٠٠٠	٢٨٣٤٧,٣٣٣	< 0.0001	٠,٠٥
أغسطس	٠,٠٣٩	٢,٤٢	٠,٥٢٤	١٠١٥,٠٠٠	٢٨٣٨٥,٦٦٧	< 0.0001	٠,٠٥
فصل الصيف	٠,٠٣٣	٢,٠٧	٠,٤٦٠	٨٨٨,٣٣٣	٢٨٣٥١,٦٦٧	٠,٠٠٠١	٠,٠٥
سبتمبر	٠,٠٤١	٢,٥٤	٠,٤٦٧	٩٠٥,٠٠٠	٢٨٣٩١,٠٠٠	< 0.0001	٠,٠٥
أكتوبر	٠,٠١٥	٠,٩٣	٠,١٣٠	٢٥٢,٠٠٠	٢٨٣٩٢,٠٠٠	0.136	٠,٠٥
نوفمبر	٠,٠٠٩	٠,٥٦	٠,٠٧٣	١٤٢,٠٠٠	٢٨٤٠٠,٦٦٧	0.403	٠,٠٥
فصل الخريف	٠,٠٢٢	١,٣٤	٠,٢٢٣	٤٣٣,٠٠٠	٢٨٣٩٤,٥٥٦	٠,١٧٩٧	٠,٠٥
المعدل السنوي	٠,٠٢٦	١,٦١	-	-	-	-	-

جدول (٤) التحليلات الأساسية للإحصاءات الوصفية والاتجاهية باستخدام تحليل ثيل ثين واختبار مان كيندال Mann-Kendall Test & Theil-Sen Estimator للسلسلة الزمنية لدرجة الحرارة اليومية في محطة الأقصر في الفترة ١٩٦٠ - ٢٠٢٢ م.

الشهر	الانحدار Sen's slope	مقدار التغير Change	Kendall's tau	S	Var(S)	p-value	alpha
ديسمبر	٠.٠١٠٣	٠.٦٤	٠.١٣٠	٢٥١.٠٠٠	٢٨٣٧٥.٦٦٧	٠.١٣٨	٠.٠٥
يناير	٠.٠٢١٤	١.٣٣	٠.١٩٨	٣٨٢.٠٠٠	٢٨٣٦٠.٠٠٠	٠.٠٢٤	٠.٠٥
فبراير	٠.٠٢٩	١.٨٠	٠.٢٥٠	٤٨٥.٠٠٠	٢٨٤٠٢.٣٣٣	٠.٠٠٤	٠.٠٥
فصل الشتاء	٠.٠٢٠٢	١.٢٥	٠.١٩٣	٣٧٢.٦٦٧	٢٨٣٧٩.٣٣٣	٠.٠٥٥	٠.٠٥
مارس	٠.٠٢٢٤	١.٤٥	٠.١٣١	٢٥٥.٠٠٠	٢٨٤٠٧.٠٠٠	٠.١٣٢	٠.٠٥
أبريل	٠.٠١٩١	١.١٨	٠.١٨٦	٣٦١.٠٠٠	٢٨٣٨٥.٦٦٧	٠.٠٣٣	٠.٠٥
مايو	٠.٠٤٢٧	٢.٦٥	٠.٤٤٨	٨٤٧.٠٠٠	٢٨٣٧٩.٦٦٧	< 0.0001	٠.٠٥
فصل الربيع	٠.٠٢٨٤	١.٧٦	٠.٢٥٢	٤٨٧.٦٦٧	٢٨٣٩٠.٧٧٨	٠.٠٥٥	٠.٠٥
يونيو	٠.٠٢٢٧	١.٤١	٠.٢٦١	٥٠٥.٠٠٠	٢٨٣٨٣.٠٠٠	٠.٠٠٣	٠.٠٥
يوليو	٠.٠٣٤٣	٢.١٣	٠.٥٥٦	١٠٥٢.٠٠٠	٢٨٣٥٩.٦٦٧	< 0.0001	٠.٠٥
أغسطس	٠.٠٣٥٣	٢.١٩	٠.٤٤٤	٨٥٨.٠٠٠	٢٨٣٧٧.٣٣٣	< 0.0001	٠.٠٥
فصل الصيف	٠.٠٣٠٨	١.٩١	٠.٤١٧	٨٠٥.٣٣٣	٢٨٣٧٣.٣٣٣	٠.٠٠١	٠.٠٥
سبتمبر	٠.٠٣٧٦	٢.٣٣	٠.٤٥٩	٨٨٦.٠٠٠	٢٨٣٧٠.٠٠٠	٠.٠٠٠١ >	٠.٠٥
أكتوبر	٠.٠١٩	١.١٨	٠.١٩٠	٣٦٨.٠٠٠	٢٨٣٩٣.٣٣٣	٠.٠٢٩	٠.٠٥
نوفمبر	٠.٠٠٥٨	٠.٣٦	٠.٠٤١	٨٠.٠٠٠	٢٨٣٩٦.٦٦٧	٠.٦٣٩	٠.٠٥
فصل الخريف	٠.٠٢٠٧	١.٢٨	٠.٢٣٠	٤٤٤.٦٦٧	٢٨٣٨٦.٦٦٧	٠.٢٢٣	٠.٠٥
المعدل السنوي	٠.٠٢٥٠	١.٥٥	-	-	-	-	-

٢٤ التَّغْيِيرُ فِي اتِّجَاهِ الرُّطُوبَةِ النَّسْبِيَّةِ خِلالِ الْفَتْرَةِ ١٩٦٠-٢٠٢٢ م.

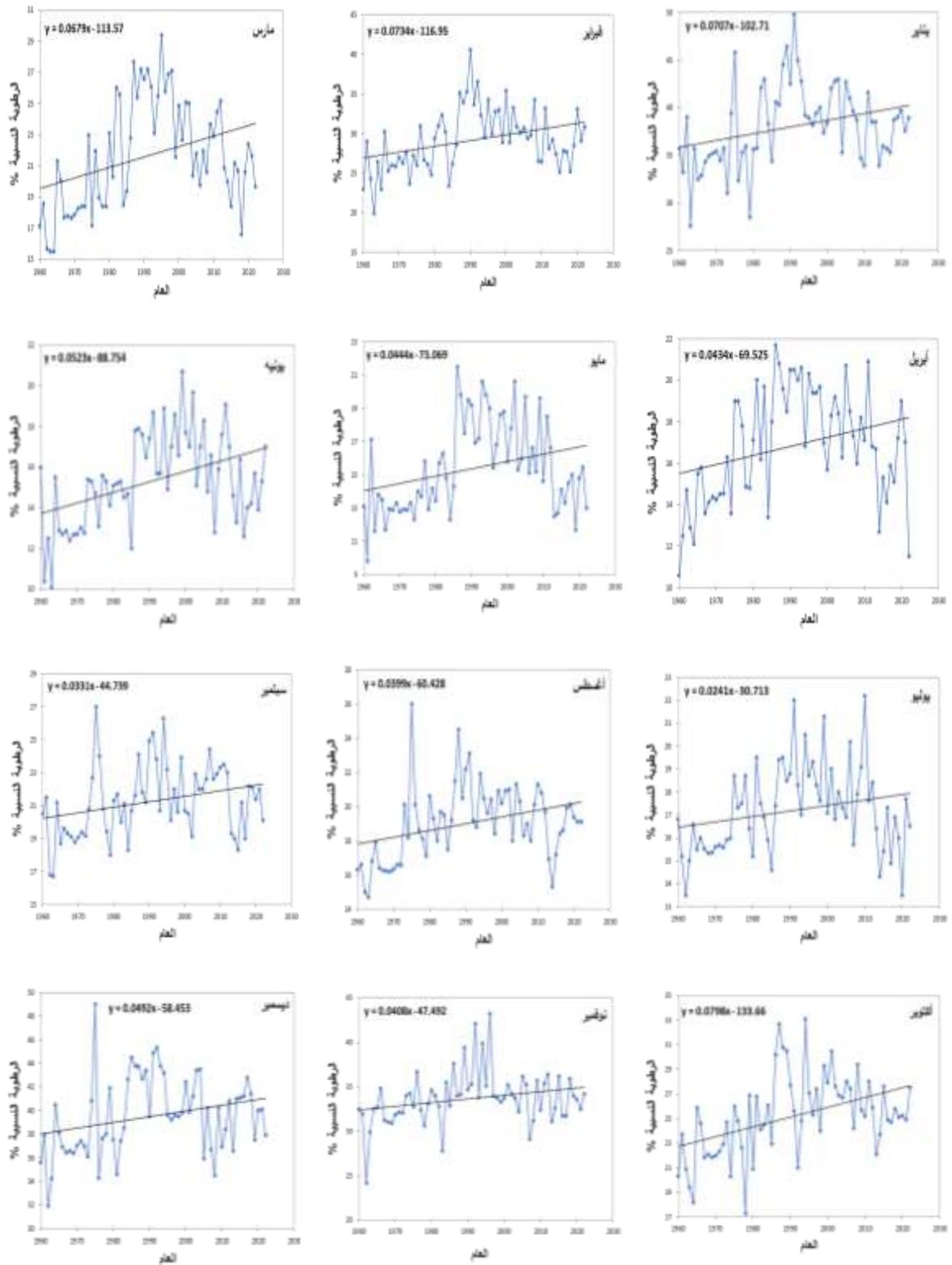
يوضح الشكل (٨)، (٩)، الاتجاه العام للرطوبة النسبية (%)، شهرياً وفصلياً وسنوياً (%) في مَحَطَّتي أسوان والأقصر جنوبي مصر في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، ويوضح جدول (٥)، (٦)، مقدار التَّغْيِيرُ فِي اتِّجَاهِ العام للرطوبة النسبية، وكذا بعض التحليلات الأساسية للإحصاءات الوصفية والاتجاهية باستخدام تحليل ثيل ثين واختبار مان كيندال - Mann-Kendall Test & Theil-Sen Estimator، للسلسلة الزمنية للرطوبة النسبية في مَحَطَّتي أسوان والأقصر في الفترة (١٩٦٠ - ٢٠٢٢). حيث يتضح الآتي:

سجل المعدل السنوي للرطوبة النسبية، اتجاهاً صاعداً في مَحَطَّتي الدَّراسة، وكانت كلُّها ذات دلالة إحصائية معنوية قوية في مَحَطَّة أسوان وأقل نسبياً في مَحَطَّة الأقصر. وقد جاءت قيم التَّغْيِيرُ متباينة بين محطتي الدراسة، وسجلت مَحَطَّة أسوان أعلى تَغْيِيرُ سنوي (٠,٠٥١%/عام)، بينما بلغ مقدار التَّغْيِيرُ خلال فترة الدَّراسة (٣,١٩%)، وهي دالة إحصائياً عند مستوى معنوية (٠,٠١). ثم جاءت بعدها مَحَطَّة الأقصر في المرتبة الثانية من حيث اتجاه التَّغْيِيرُ؛ إذ سجل التَّغْيِيرُ السنوي (٠,٠٣٦%/عام)، وبمقدار تَغْيِيرُ خلال فترة الدَّراسة (٢,٢٤%)، عند مستوى معنوية (٠,١٢)، وهي ليست دالة إحصائياً.

وعلى المستوي الفصلي تبين من جدول (٥)، (٦)، أن مقدار التَّغْيِيرُ سجل تبايناً واضحاً بين مَحَطَّة وأخرى، كما أن مَحَطَّتي الدراسة كانتا ذات تَغْيِيرُ صاعد؛ أي أنهما تتجهان نحو الارتفاع، وكانتا ذات دلالة إحصائية معنوية؛ إذ سجل فصل الخريف اتجاهاً عامّاً صاعداً في الرطوبة النسبية، وكانت ذات دلالة إحصائية معنوية؛ وقد سُجِّلَ أعلى تَغْيِيرُ فِي مَحَطَّة أسوان؛ إذ بلغ فيها التَّغْيِيرُ الفصلي للخريف (٠,٠٥١%/عام)، وبمقدار تَغْيِيرُ كليّ خلال فترة الدَّراسة بلغ (٣,١٨%)، وبدلالة إحصائية معنوية قوية (٠,٠١٢). بينما جاءت مَحَطَّة الأقصر بالمرتبة الثانية بمقدار تَغْيِيرُ بلغ (٠,٠٥%/عام)، في حين بلغ التَّغْيِيرُ خلال فترة الدَّراسة (٢,٩٠%)، وبدلالة إحصائية عند مستوى معنوية (٠,٠٥٠).

أما بالنسبة لفصل الشتاء فقد سجل هو الآخر تَغْيِيرًا صاعداً في مَحَطَّتي الدراسة؛ كما أنّها ذات دلالة إحصائية معنوية قوية، وقد سجلت خلاله مَحَطَّة أسوان أعلى تَغْيِيرًا؛ إذ بلغ التَّغْيِيرُ (٠,٠٧%/عام)، وزيادته مقدارها (٤,٣٤%) خلال فترة الدَّراسة (١٩٦٠-٢٠٢٢ م)، في حين جاءت مَحَطَّة الأقصر في الترتيب الثاني من حيث التَّغْيِيرُ؛ إذ سجلت (٠,٠١%/عام)، وتَغْيِيرُ كليّ مقداره (٠,٥٧%) خلال فترة الدَّراسة.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر



شكل (٨) السلاسل الزمنية للرطوبة النسبية والاتجاه العام (%) شهريًا في محطة أسوان في الفترة

١٩٦٠-٢٠٢٢م.

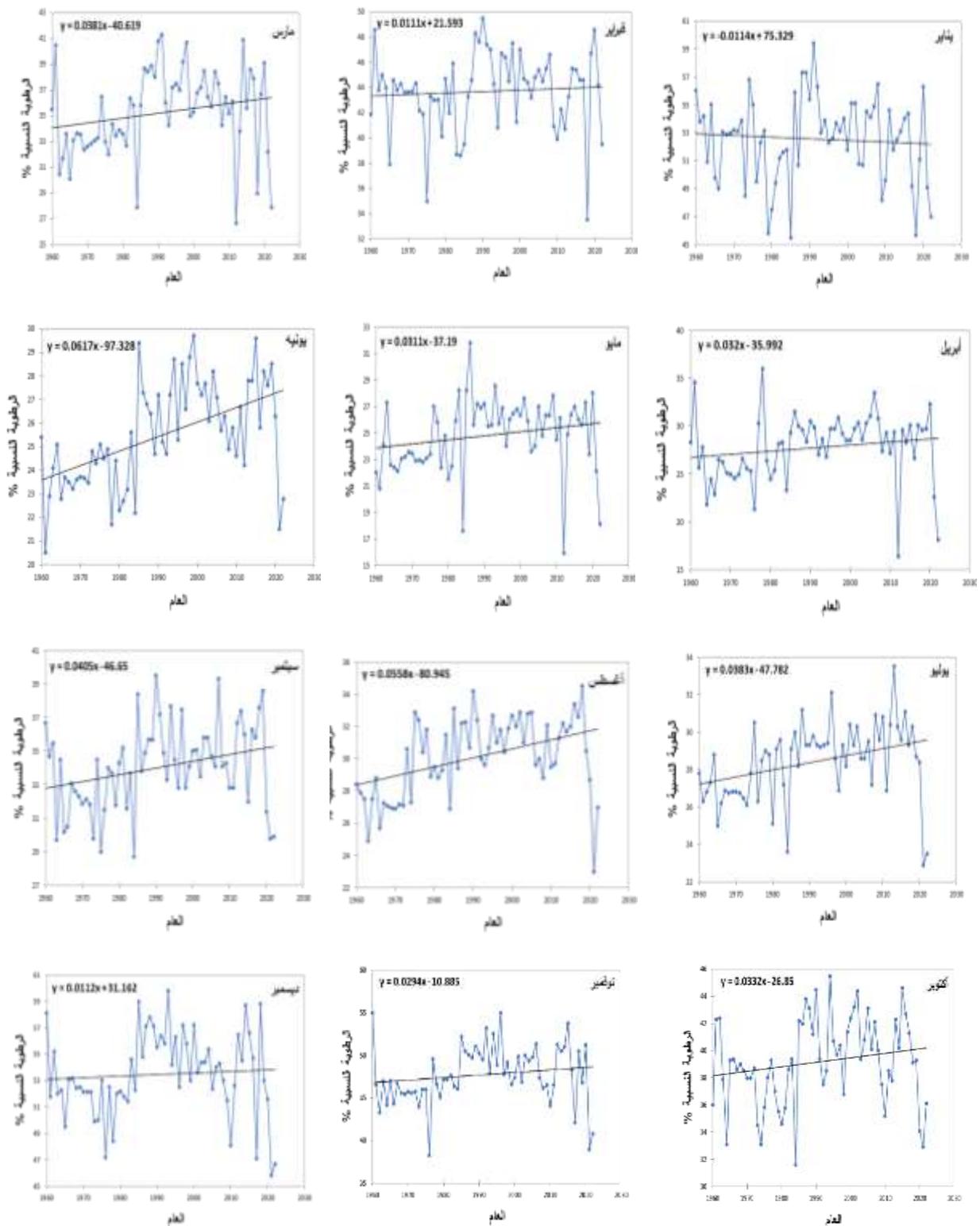
مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

جدول (٥) التحليلات الأساسية للإحصاءات الوصفية والاتجاهية باستخدام تحليل ثيل ثين واختبار مان كيندال Mann-Kendall Test & Theil-Sen Estimator للسلسلة الزمنية للرطوبة النسبية (%) في محطة أسوان خلال الفترة ١٩٦٠ - ٢٠٢٢م.

الشهر	الانحدار	مقدار التغير Change	Kendall's tau	S	Var(S)	p-value	alpha
ديسمبر	٠,٠٦٧	٤,١٣	٠,٢١٩	٤٢٦.٠٠٠	٢٨٤١٨.٠٠٠	٠,٠١٢	٠,٠٥
يناير	٠,٠٦٩	٤,٢٦	٠,٢٠٠	٣٨٩.٠٠٠	٢٨٤١١.٦٦٧	٠,٠٢١	٠,٠٥
فبراير	٠,٠٧٥	٤,٦٣	٠,٢٢٩	٤٤٦.٠٠٠	٢٨٤٢٠.٠٠٠	٠,٠٠٨	٠,٠٥
فصل الشتاء	٠,٠٧	٤,٣٤	٠,٢١٦	٤٢٠.٣٣٣	٢٨٤١٦.٥٥٥٦٧	٠,٠١٤	٠,٠٥
مارس	٠,٠٦٧	٤,١٦	٠,٢٢٤	٤٥٦.٠٠٠	٢٨٤١٧.٣٣٣	٠,٠٠٧	٠,٠٥
أبريل	٠,٠٤٧	٢,٩٤	٠,١٨٥	٣٦٠.٠٠٠	٢٨٤١٥.٣٣٣	٠,٠٣٣	٠,٠٥
مايو	٠,٠٤٧	٢,٩١	٠,٢٠٣	٣٩٥.٠٠٠	٢٨٤١٩.٠٠٠	٠,٠١٩	٠,٠٥
فصل الربيع	٠,٠٥	٣,٣٤	٠,٢٠٧	٤٠٣.٦٦٦٦٦٦٧	٢٨٤١٧.٢٢٢	٠,٠٢٠	٠,٠٥
يونيو	٠,٠٥٧	٣,٥٤	٠,٢٨٠	٥٤٥.٠٠٠	٢٨٣٩٩.٠٠٠	٠,٠٠١	٠,٠٥
يوليو	٠,٠٢٩	١,٨٠	٠,١٨٠	٣٥٠.٠٠٠	٢٨٤٠٣.٣٣٣	٠,٠٢٨	٠,٠٥
أغسطس	٠,٠٤٧	٢,٩٢	٠,٢٥٨	٥٠٢.٠٠٠	٢٨٤٠٦.٦٦٧	٠,٠٠٣	٠,٠٥
فصل الصيف	٠,٠٤	٢,٧٥	٠,٢٣٩	٤٦٥.٦٦٦٦٦٦٧	٢٨٤٠٣	٠,٠١٤	٠,٠٥
سبتمبر	٠,٠٤	٢,٥١	٠,٢١١	٤١٠.٠٠٠	٢٨٤٠٤.٠٠٠	٠,٠١٥	٠,٠٥
أكتوبر	٠,٠٧٤	٤,٦١	٠,٣٠٩	٦٠١.٠٠٠	٢٨٤١٥.٠٠٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥
نوفمبر	٠,٠٣٩	٢,٤٣	٠,٢٠٢	٣٩٣.٠٠٠	٢٨٤٠١.٦٦٧	٠,٠٢٠	٠,٠٥
فصل الخريف	٠,٠٥	٣,١٨	٠,٢٤١	٤٦٨	٢٨٤٠٦.٨٨٩	٠,٠١٢	٠,٠٥
المتوسط السنوي	٠,٠٥١	٣,١٩	-	-	-	-	-

وفيما يخص التغير في الرطوبة النسبية خلال فصل الربيع فقد سجل أيضا تغيُّرا صاعداً في محطات الدراسة؛ كما أنها ذات دلالة إحصائية معنوية؛ فقد سجلت محطة أسوان أعلى انحدار، وتغير سنوي بلغ (٠,٠٥%/عام)، وبمقدار تغير كلي (٣,٣٤%) خلال فترة الدراسة، في حين جاءت محطة الأقصر في الترتيب الثاني من حيث الانحدار (٠,٠٦%/عام)، وازيادة كلية في الرطوبة النسبية خلال فترة الدراسة (١٩٦٠-٢٠٢٢)؛ حيث بلغ مقدار تغيرها (٣,٧٩%)، وهو تغير دال إحصائياً، عند مستوى معنوية (٠,٠٠٦).

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر



شكل (٩) السلاسل الزمنية للرطوبة النسبية والاتجاه العام (%) شهريًا في مَحَطَّة الأقصر ١٩٦٠-٢٠٢٢م.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

وجاء **فصل الصيف** ليحتل الترتيب الأخير من حيث مقدار التغير في الرطوبة النسبية؛ فقد سجل اتجاهًا عامًا صاعدًا، وكان ذا دلالة إحصائية، عند مستوى معنوية (٠,٠١٤)، (٠,٠٠٠)، في أسوان والأقصر على الترتيب. وتم رصد أعلى معدل للتغير في الرطوبة النسبية في محطة الأقصر؛ حيث بلغ التغير الصيفي (٠,٠٦%/عام)، وبمقدار تغير كلي خلال فترة الدراسة (٣,٩١%). ثم جاءت محطة أسوان بالمرتبة الثانية، وبانحدار (٠,٠٤%/عام)، وبمقدار تغير (٢,٧٥%) خلال فترة الدراسة (١٩٦٠-٢٠٢٢م).

جدول (٦) التحليلات الأساسية للإحصاءات الوصفية والاتجاهية باستخدام تحليل ثيل ثين واختبار مان كيندال Mann-Kendall Test & Theil-Sen Estimator للسلسلة الزمنية للرطوبة النسبية (%) في محطة الأقصر خلال الفترة ١٩٦٠ - ٢٠٢٢م.

الشهر	الانحدار	مقدار التغير Change	Kendall's tau	S	Var(S)	p-value	alpha
ديسمبر	٠,٠٢٢	١,٣٧	٠,١٠٤	٢٠٢.٠٠٠	٢٨٤١١.٢٣٣	٠,٢٣٣	٠,٠٥
يناير	٠,٠٠٩	٠,٥٥	٠,٠٣٨	٧٤.٠٠٠	٢٨٤١٥.٢٣٣	٠,٦٦٥	٠,٠٥
فبراير	٠,٠١٥	٠,٩٠	٠,٠٧٥	١٤٥.٠٠٠	٢٨٤٠٥.٦٦٧	٠,٢٩٢	٠,٠٥
فصل الشتاء	٠,٠٠٩	٠,٥٦	٠,٠٤٧	٩١	٢٨٤١٠.٧٧٧٦٧	٠,٤٣٠	٠,٠٥
مارس	٠,٠٦٩	٤,٢٦	٠,٢٣٧	٤٦١.٠٠٠	٢٨٤١٦.٢٣٣	٠,٠٠٦	٠,٠٥
أبريل	٠,٠٦٧	٤,١٣	٠,٢٥٢	٤٩٠.٠٠٠	٢٨٤٠٦.٠٠٠	٠,٠٠٤	٠,٠٥
مايو	٠,٠٤٨	٢,٩٧	٠,٢٢٨	٤٤٣.٠٠٠	٢٨٤٠٥.٠٠٠	٠,٠٠٩	٠,٠٥
فصل الربيع	٠,٠٦١	٣,٧٨	٠,٢٣٩	٤٦٤.٦٦٦٦٦٦٧	٢٨٤٠٩.١١١	٠,٠٠٦	٠,٠٥
يونيو	٠,٠٧١	٤,٤١	٠,٣٧٠	٧٢٠.٠٠٠	٢٨٤١٢.٢٣٣	< 0.0001	٠,٠٥
يوليو	٠,٠٤٩	٣,٠٢	٠,٢٣٢	٦٤٣.٠٠٠	٢٨٣٦٣.٦٦٧	٠,٠٠٠	٠,٠٥
أغسطس	٠,٠٦٩	٤,٢٩	٠,٣١٥	٦١٣.٠٠٠	٢٨٤٠٧.٦٦٧	٠,٠٠٠	٠,٠٥
فصل الصيف	٠,٠٦٣	٣,٩١	٠,٢٣٩	٦٥٨.٦٦٦٦٦٦٧	٢٨٣٩٤.٨٨٩	٠,٠٠٠	٠,٠٥
سبتمبر	٠,٠٤٨	٣,٠	٠,٢٠٨	٤٠٣.٠٠٠	٢٨٤٠٠.٢٣٣	٠,٠١٧	٠,٠٥
أكتوبر	٠,٠٣٦	٢,٢١	٠,١٣٥	٢٦٢.٠٠٠	٢٨٤١١.٢٣٣	٠,١٢٢	٠,٠٥
نوفمبر	٠,٠٥٦	٣,٤٨	٠,٢٢١	٤٣٠.٠٠٠	٢٨٤١٤.٦٦٧	٠,٠١١	٠,٠٥
فصل الخريف	٠,٠٤٧	٢,٩١	٠,١٨٨	٣٦٥	٢٨٤٠٨.٧٧٧٦٧	٠,٠٥٠	٠,٠٥
المتوسط السنوي	٠,٠٣٦	٢,٢٤	-	-	-	-	-

٣.٤ أثر التغيرات المناخية على راحة الإنسان:

تمثل راحة الإنسان أو الراحة الفسيولوجية أو الراحة الحرارية إحدى أهم الجوانب التطبيقية لجغرافية المناخ، وهي تشير إلى دراسة أثر الظروف الجوية على مدى شعور الإنسان بالراحة الفسيولوجية وتأثره بالإجهاد، وتباين ذلك الشعور من ظروف جوية إلى أخرى. ويتوقف مدى شعور الإنسان بالراحة من عدمه على كثير من المتغيرات المناخية، يأتي على رأسها درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح، مع تأثر راحة الإنسان بعوامل أخرى غير مناخية، مثل: عمر الإنسان، وملابسه، ومهنته، ومدى تأقلمه مع ظروف البيئة المحيطة (أحمد عبد الحميد الفقي، ٢٠٠٧).

وتعدُّ البيئة - إلى حد كبير - عاملاً من عوامل الراحة الفسيولوجية للإنسان؛ الأمر الذي ينعكس على صحة الإنسان، وتصبح الظروف البيئية مصدرًا لحالات عدم الراحة المحتملة، خاصة من خلال التأثير على التوازن الحراري بين جسم الإنسان والبيئة (Tselepidaki, 1992). وتؤدي درجات الحرارة القصوى إلى أمراض خطيرة مرتبطة بالحرارة، وإلى زيادات كبيرة في معدلات الوفيات، كما تهدد سلامة حياة السياح (Christidis et al., 2015)، (Michailidou et al., 2016).

وقد انصبت الدراسات على تناول راحة الإنسان وعلاقتها بالظروف المناخية في الأماكن المفتوحة Open Spaces من المدينة أكثر منها في داخل المباني؛ حيثُ الظروف الجوية الأكثر قابلية للتعديل. وقد قدمت الدراسات كثيرًا من المؤشرات التي يمكن استخدامها في قياس مدى شعور الإنسان بالراحة، مثل: مؤشر درجة الحرارة المكافئة فسيولوجيا Physiological Equivalent Temperature (PET)، ومؤشر الإحساس الحراري الفعلي Actual Thermal Sensation (ATS) (Rancura, R. & Labaki, L., 2012)، ومؤشر المناخ الحراري العالمي Universal Thermal Climate Index (UTCI) (Langner et al., 2013). ومؤشر عدم الراحة Discomfort Index لتوم ١٩٥٩ وهو ما وقع عليه اختيار الباحث لتطبيقه في هذه الدراسة؛ وذلك بوصفه من أكثر المؤشرات انتشارًا واستخدامًا في جغرافية المناخ (Thom, 1959)، وهو يقيس درجة إحساس السكان بالراحة من خلال العلاقة بين درجة الحرارة والرطوبة النسبية (Epstein & Moran, 2006; Chernev et al., 2012) (Poupkou et al., 2011) et al., 2012). ووفقًا للبحث في الأدبيات، تبين استخدام مؤشر عدم الراحة (DI) لسنوات كثيرة (Din et al., 2014)، (Giles et al., 1990)، (Kambezidis et al., 2021)، (Katavoutas & Founda, 2019)، (Pantavou et al., 2011)، (Poupkou et al., 2011).

ويتناول هذا المبحث بعض الآثار الناجمة عن تَغْيِيرِ المُنَاخِ في جنوبي مصر خلال النصف الثاني من القرن العشرين وبداية الحادي والعشرين. وقد كانت تلك الآثار موضوعًا لكثير من الدراسات العالمية (Cheung & Hart, 2014)، (Kambezdides et al., 2021)، (Dasari et al., 2021)، (Odnoletkova & Patzek, 2021)، والتي اهتمت بشكل استجابة البيئة للتَغْيِيرَاتِ المُنَاخِيَّةِ من منظور مستقبلي، في حين اهتم قليل من تلك الدراسات بالآثار التي شهدتها البيئة نتيجة لتلك التَغْيِيرَاتِ. وقد تناولت تلك الدراسات الجوانب البيئية المختلفة التي ستتغَيَّرُ نتيجة لتَغْيِيرِ المُنَاخِ، مثل: تَغْيِيرِ المطر، وحدوث الجفاف، والتصحر، وتَغْيِيرِ توازن الدورة الهيدرولوجية، وارتفاع منسوب سطح البحر وآثاره المختلفة... إلخ، وسيركز هذا المبحث على تناول تأثير تَغْيِيرِ المُنَاخِ (الاحترار العالمي)، وبصفة خاصة درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية على راحة الإنسان الفسيولوجية.

٤-٣-١ تحليل متوسط مؤشر عدم الرّاحة الفسيولوجية:

يبدو من الفحص المبدئي لجدول (٧)، وشكل (١٠)، تباين قيم مؤشر عدم الرّاحة على مدار العام من شهر لآخر، وأن هذا التباين يُعزى في الأساس إلى تباين المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة اليومية، والرطوبة النسبية؛ حيث تُعد الحرارة العامل الرئيس المتحكم في تحديد الرّاحة الفسيولوجية للسكان في جنوبي مصر؛ حيث يتميز مؤشر عدم الرّاحة الفسيولوجي في منطقتي الدراسة بتباين موسمي كبير؛ إذ تُسجل معدلات مؤشر عدم الرّاحة أقصاها خلال الأشهر الأعلى حرارة خلال العام (أبريل- أكتوبر)؛ حيثُ تتراوح قيم المؤشر ما بين (٢١-٢٦)، وتسجل أدناها خلال الفترات الباردة والمعتدلة من العام (نوفمبر- مارس)؛ فقد سجل مؤشر عدم الرّاحة قيم أقل من (٢١,٠)؛ ومن ثم شعور السكان بالرّاحة الفسيولوجية.

ويوضح جدول (٧) قيم مؤشر عدم الرّاحة الفسيولوجية المعدل لتوم Thom في المناطق المفتوحة في مَحَطَّتي أسوان والأقصر من خلال معالجة بيانات مَحَطَّات الأرصاد الجوية على المستوى الشهري والفصلي والسنوي في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢). ويلخص شكل (١٠) قيم مؤشر عدم الراحة على المستوى الشهري. ويتبين من الجدول والشكل أن شهور فصل الشتاء هي أكثر فترات العام بعدا عن شعور سكان جنوبي مصر (أسوان والأقصر) بعدم الرّاحة الحَرَارِيَّةِ؛ حيثُ يقل مؤشر توم لأدناه خلال تلك الشهور فلا يزيد في أعلى قيمه عن (١٦,٧) في مَحَطَّة أسوان خلال شهري ديسمبر وفبراير، وتتراوح قيمة هذا المؤشر على مستوى متوسط فصل الشتاء بين ١٥,٤ في مَحَطَّة الأقصر، (١٦,٣) في مَحَطَّة أسوان. وفي ذلك إشارة إلى اعتدال المُنَاخِ وملاءمته لممارسة الأنشطة الخارجية، وشعور السكان بالرّاحة؛ حيثُ إنَّ قيمة مؤشر عدم الرّاحة أقل من (٢١).

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

جدول (٧) القيم الشهرية والفصلية والسنوية لمؤشر عدم الراحة المعدل لتوم Thom في مَحَطَّتي أسوان والأقصر جنوبي مصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢

مؤشر عدم الراحة (DI) (°C) Discomfort Index (DI)						الشهر/الفصل
الأقصر			أسوان			
تصنيف المؤشر	Std. deviation	DI	تصنيف المؤشر	Std. deviation	DI	
حالة من الراحة	٠,٩٩	١٥,٧	حالة من الراحة	١,١١	١٦,٧	ديسمبر
	٠,٩٥	١٤,٤		١,٠	١٥,٤	يناير
	١,٠٤	١٦,١		١,٠٧	١٦,٧	فبراير
حالة من الراحة	١,٠	١٥,٤	حالة من الراحة	١,٠٦	١٦,٣	فصل الشتاء
حالة من الراحة	١,٠	١٨,٧	حالة من الراحة	٠,٩٠	١٩,٠	مارس
أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٦٨	٢١,٧	أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٦٩	٢١,٦	أبريل
	٠,٧٦	٢٣,٩		٠,٧٦	٢٣,٧	مايو
أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٨	٢١,٤	أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٨	٢١,٤	فصل الربيع
أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (عدم راحة)	٠,٥٦	٢٥,٤	أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (عدم راحة)	٠,٥٢	٢٥,٠	يونيو
	٠,٥٨	٢٥,٩		٠,٥٥	٢٥,٤	يوليو
	٠,٦٦	٢٥,٩		٠,٦٤	٢٥,٥	أغسطس
أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (عدم راحة)	٠,٦	٢٥,٧	أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (عدم راحة)	٠,٥٧	٢٥,٣	فصل الصيف
أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (عدم راحة)	٠,٦٨	٢٤,٩	أكثر من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (عدم راحة)	٠,٦٩	٢٤,٥	سبتمبر
أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٧٩	٢٢,٩	أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٨٣	٢٢,٩	أكتوبر
حالة من الراحة	١,٠٥	١٩,١	حالة من الراحة	٠,٩٧	١٩,٦	نوفمبر
أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٨٤	٢٢,٣	أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة	٠,٨٣	٢٢,٣	فصل الخريف
أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (نسبية)	٠,٨١	٢١,٢	أقل من ٥٠% من السكان يشعرون بعدم الراحة (نسبية)	٠,٨١٥	٢١,٣	المتوسط السنوي

المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على مؤشر عدم الراحة لتوم ١٩٥٩، والبيانات اليومية لدرجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية خلال الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢ لمَحَطَّتي أسوان والأقصر.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

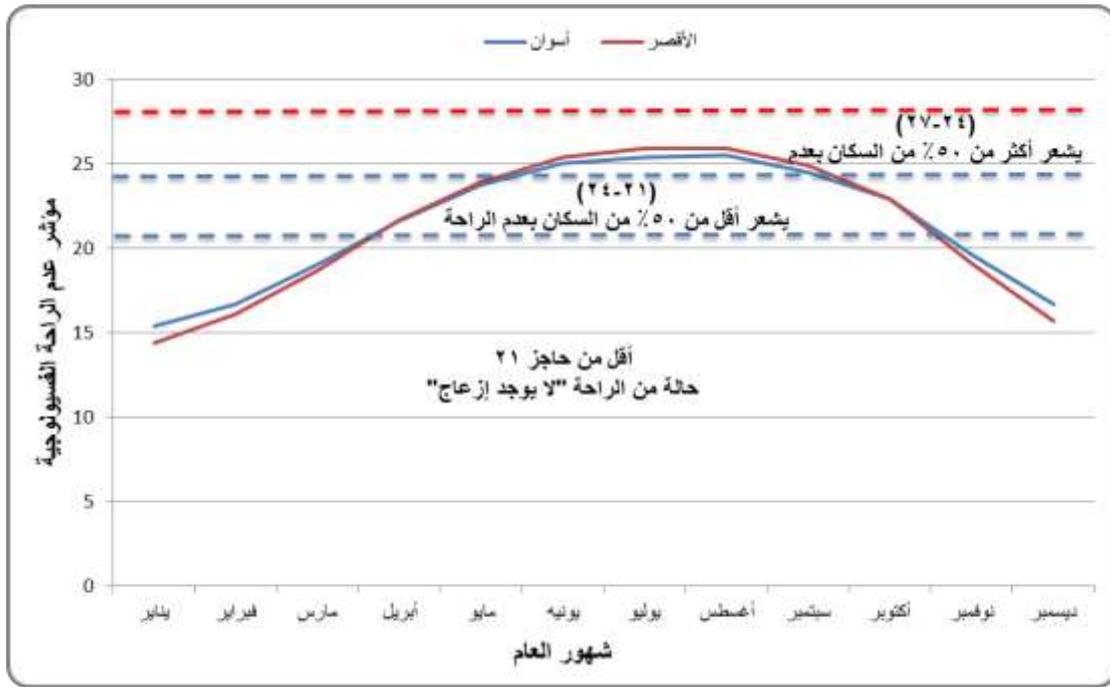
ويستمر الوضع السابق كما هو خلال فصل الربيع، وخاصة خلال شهر مارس؛ حيث تشير قيم المتوسطات الفصلية لمؤشر توم إلى أن أقل من نصف السكان يشعرون بعدم الرّاحة المُناخية؛ حيثُ سجلت قيم المتوسطات الفصلية لهذا المؤشر خلال فصل الربيع نحو (٢١,٤) في مَحَطَّة أسوان، وأيضًا سجلت (٢١,٤) في مَحَطَّة الأقصر، وسجلت قيم مؤشر عدم الرّاحة في مارس حوالي (١٩)، (١٨,٧)، في أسوان والأقصر على الترتيب، وهي قيم تقل عن حاجز (٢١)، مما يشير إلى أن سكان جنوبي مصر خلال هذا الشهر يشعرون بحالة من الرّاحة. وعلى الجانب الآخر لوحظ أن قيم مؤشر عدم الرّاحة خلال آخر شهور فصل الربيع (مايو) قد اقتربت من حاجز (٢٤) في مَحَطَّتي الدراسة، وهذه القيمة تشير إلى أن أقل من نصف السكان قد بدءوا يشعرون بعدم الرّاحة المُناخية. أي أن شهر مايو هو البداية السنوية لشعور سكان جنوبي مصر بعدم الرّاحة الفسيولوجية والإجهاد الحراري، في حين أن سكان جنوبي مصر ما يزالون يشعرون بالرّاحة الفسيولوجية نسبيًا خلال شهر أبريل؛ حيث تعدت قيم مؤشر عدم الرّاحة حاجز (٢١) بقليل؛ ومن ثم يمكن القول - تجاوزًا -: إنَّ شهر أبريل هو شهرٌ انتقاليٌّ بين ظروف الشتاء المريحة حراريًا وظروف الربيع المريحة نسبيًا؛ حيثُ سجلت قيمة مؤشر توم خلاله (٢١,٦) في مَحَطَّة أسوان، وسجلت (٢١,٧)، في مَحَطَّة الأقصر.

وتعدُّ شهور الصيف أكثر فصول العام التي يشعر خلالها سكان جنوبي مصر بعدم الرّاحة الفسيولوجية؛ وذلك بسبب تزامن ارتفاع درجات الحرارة، والرطوبة النسبية إلى أقصاها خلال هذا الفصل. وتتعدد قيم مؤشر توم خلال فصل الصيف حاجز (٢٥) في مَحَطَّتي الدراسة وفي كل شهوره، ما يعني انتقال التوصيف الفسيولوجي لسكان جنوبي مصر من شعور أقل من نصفهم بعدم الرّاحة خلال آخر شهور الربيع (أبريل، مايو) ($21 \leq DI < 24$)، إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرّاحة ($24 \leq DI < 27$)، وبشكل أكثر وطأة خلال شهور الصيف.

يُعد فصل الخريف امتدادًا لفصل الصيف؛ حيثُ يُعدُّ ثاني أكثر فصول العام التي يشعر خلالها السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية في جنوبي مصر، وإن انتقل ذلك للفئة الأقل؛ ليصبح هذا الإحساس بعدم الرّاحة أخف وطأة عما كان عليه في الصيف، وأقل تأثيرًا من الناحية العددية على السكان، وسجل المعدل الفصلي لمؤشر عدم الرّاحة لتوم في فصل الخريف نحو (٢٢,٣) في مَحَطَّتي الدراسة، ومن ثم يقع ضمن الفئة ($21 \leq DI < 24$)، والتي يشعر خلالها أقل من ٥٠% من السكان بعدم الرّاحة. وعلى مستوى شهور الخريف تباين مستوى الرّاحة الفسيولوجية؛ حيثُ سجل مؤشر عدم الرّاحة لتوم خلال شهر سبتمبر الذي هو امتدادًا لشهور فصل الصيف نحو (٢٤,٥)، (٢٤,٩) في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب؛ ومن ثم يشعر أكثر من نصف سكان جنوبي

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

مصر بعدم الرّاحة الفسيولوجية خلاله. بينما جاء شهر أكتوبر ضمن فئة شعور أقل من نصف السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية، وبالتالي فهو شهر مريح حراريًا للسكان؛ نظرا لاقتراب قيم مؤشر الرّاحة من فئة الرّاحة الحراريّة المُناخية؛ حيثُ سجلت قيم المؤشر خلاله نحو (٢٢,٩)، في كلتا المَحَطَّتين. بينما تجدر الإشارة إلى أن آخر شهور الخريف (شهر نوفمبر) ينتمي من حيث الرّاحة الفسيولوجية إلى شهور الشتاء منه إلى الخريف؛ حيثُ تصل قيم مؤشر نوم إلى (١٩,٦) في مَحَطَّة أسوان، (١٩,١) في الأقصر، ومن ثم يشعر كل السكان بالرّاحة الفسيولوجية في منطقة الدراسة.



شكل (١٠) مؤشر عدم الرّاحة الفسيولوجية على المستوى الشهري في مَحَطَّتي أسوان والأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢ م.

٤-٣-٢ التَّغْيِيرُ فِي مَوْشَرِ عَدَمِ الرَّاحَةِ فِي الْفَتْرَةِ ١٩٦٠-٢٠٢٢.

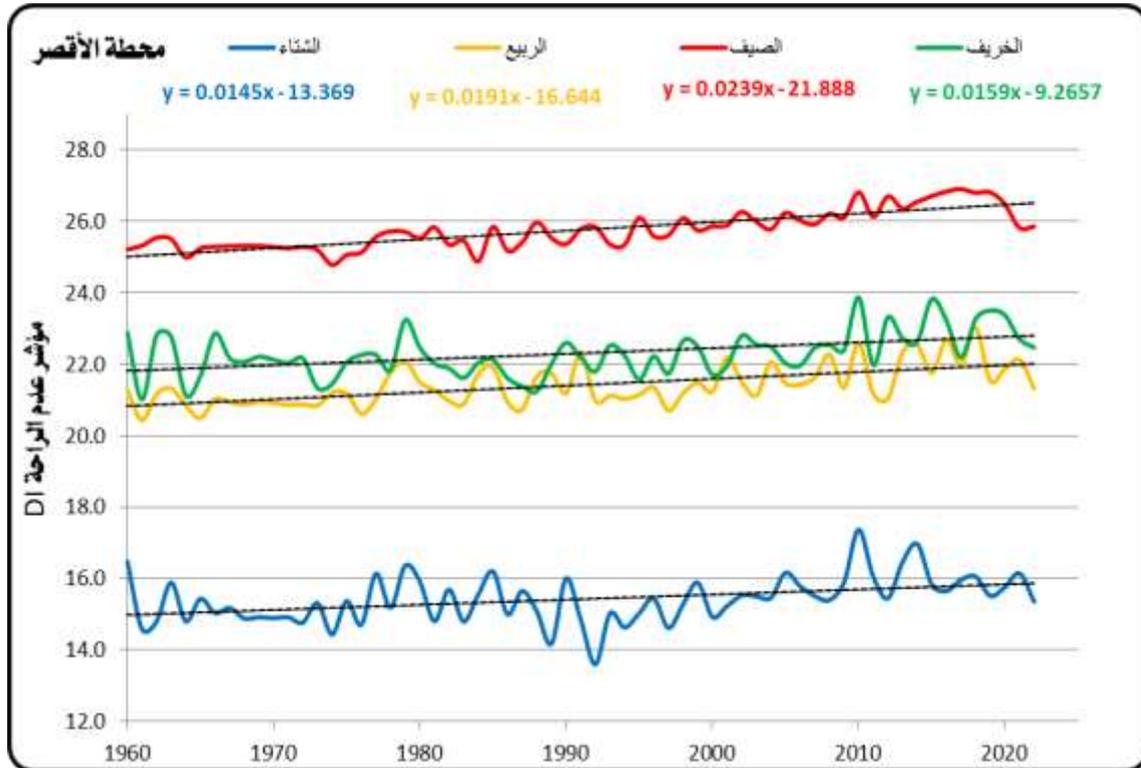
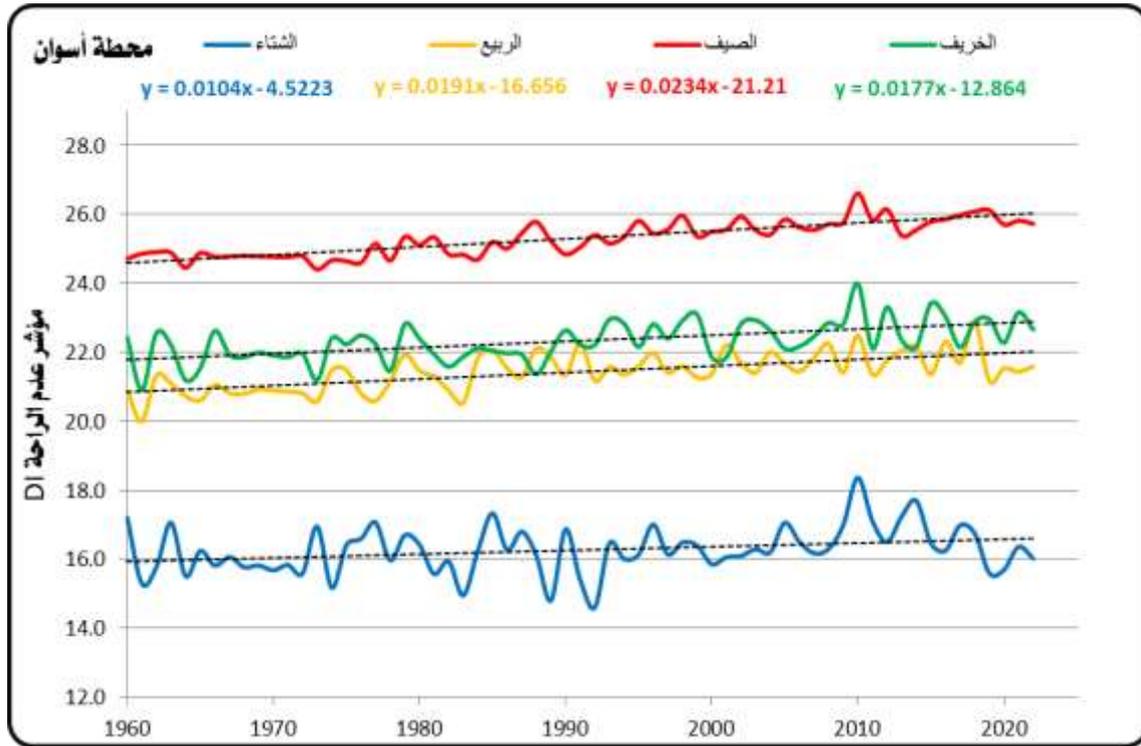
تجدر الإشارة إلى أن التَّغْيِيرُ الذي يحدث في بعض عناصر المُناخ (درجة الحرارة اليومية، الرطوبة النسبية) عبر الزمن أو ما يطلق عليه الاحترار العالمي global warming يجعل تأثير مُناخ منطقتي الدراسة على شعور السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية يزداد في كل عام عن الذي يسبقه. وهو ما قد يجعل جنوبي مصر ينتقل مع الزمن من نمط الراحة الفسيولوجية إلى نمط آخر أكثر إجهادا للسكان، وهو ما سيتبعه بلا شك زيادة في استهلاك الطاقة؛ بهدف مزيد من التحكم في الجو ليصبح أكثر راحة لسكان جنوبي مصر (أسوان والأقصر). أي أن تكلفة التَّغْيِيرَاتِ المُناخية (الاحترار العالمي) تتزايد مع الزمن.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

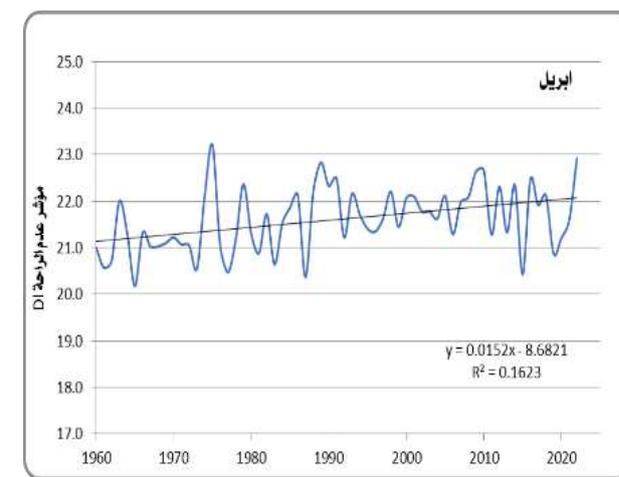
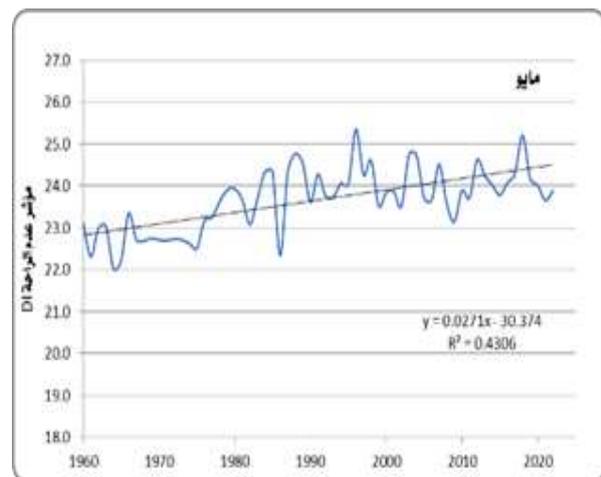
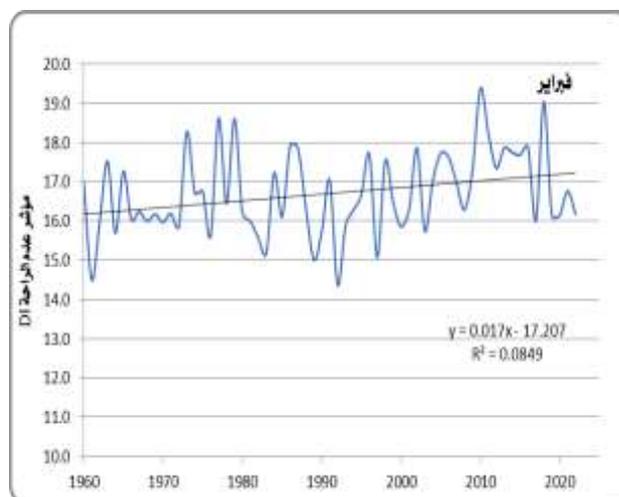
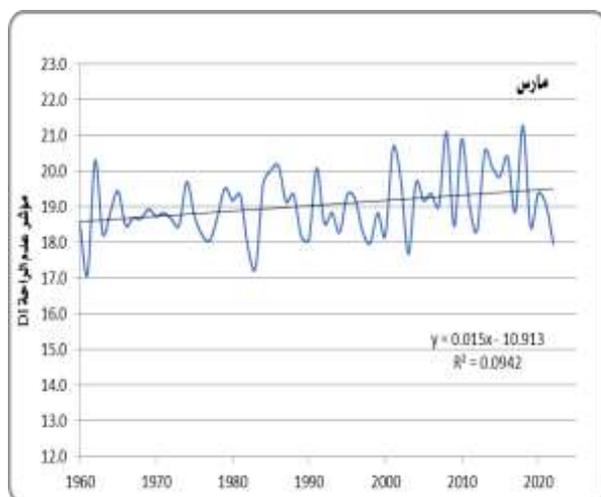
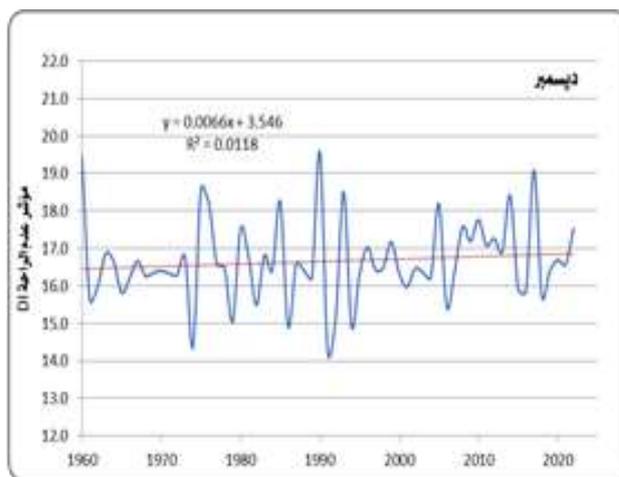
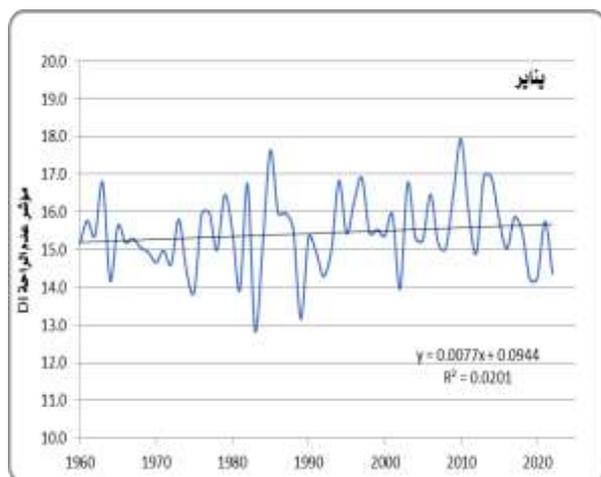
ولتقييم التغيرات في مؤشر عدم الراحة DI (الانزعاج الحراري البشري) في مَحَطَّتي الدراسة خلال العقود الستة الماضية (١٩٦٠-٢٠٢٢)، قام الباحث بتحليل الاتجاهات الخطية بمستوى ثقة ٩٥٪ خلال فترة الدراسة بأكملها، كما هو موضح في شكل (١١)، وجدول (٨). ويدل تحليل السلاسل الزمنية للمعدلات الفصلية لمؤشر عدم الراحة في جنوبي مصر على خطية الاتجاه نحو الارتفاع في كل فصول العام؛ فقد بلغ انحدار قيم مؤشر عدم الراحة الحَرَارِيَّة في محطة أسوان نحو (٠,٠١٠٤/عام)، (٠,٠١٩١/عام)، (٠,٠٢٣٤/عام)، (٠,٠١٧٧/عام) لِكُلِّ من فصول الشتاء والربيع والصيف والخريف، على الترتيب. وبذلك يبلغ مقدار التغير خلال فترة الدراسة، (٠,٦)، (١,٢)، (١,٥)، (١,١)، على الترتيب السابق. وهذا الاتجاه الصاعد لكل الفصول يؤكد انخفاض مستوى الراحة الحَرَارِيَّة للسكان، وتباينها من فصل لآخر. وعلى النسق السابق نفسه جاءت نتائج تطبيق مؤشر عدم الراحة في مَحَطَّة الأقصر بانحدار بلغ (٠,٠١٤٥/عام)، (٠,٠١٩١/عام)، (٠,٠٢٣٩/عام)، (٠,٠١٥٩/عام)، لفصول فصل الشتاء والربيع والصيف والخريف، على الترتيب؛ ومن ثم بلغ مقدار التغير في قيم مؤشر عدم الراحة خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢م)، نحو (٠,٩)، (١,٢)، (١,٥)، (١,٠) في الشتاء، والربيع، والصيف، والخريف على الترتيب.

ويتضح مما سبق أن كل فصول العام تأخذ الاتجاه الصاعد في مستوى عدم الراحة، وهذا ناتج عن التغير الصاعد في بعض عناصر المناخ، كما نجد أن أكثر الفصول انحدارًا وتغيرًا هو فصل الصيف، وأقلها هو فصل الشتاء؛ وهذا يعني أن تأثير التغير في درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية لفصل الصيف أكبر من بقية الفصول، مما دفع فصل الصيف أن يصبح أكثر الفصول انحدارًا وتغيرًا في قيم مؤشر عدم الراحة لتوم.

ويوضح شكل (١١) الاتجاه العام لمؤشر عدم الراحة المعدل لتوم خلال فصول العام في الفترة (١٩٦٠ - ٢٠٢٢) في مَحَطَّتي أسوان والأقصر. وتبين أن الاتجاه العام لمؤشر عدم الراحة هو الصعود في كل الفصول، مما يؤكد حقيقة دور التغيرات المناخية (الاحتراز العالمي) في خفض الإحساس بالراحة الحَرَارِيَّة مع الزمن. ويظهر جدول (٨) أن أكثر الفصول التي شهدت تفاقماً لإحساس السكان بعدم الراحة الفسيولوجية هو فصل الصيف؛ حيثُ شهد الاتجاه العام لمؤشر عدم الراحة لتوم زيادة بمقدار (١,٥)، في كلتا مَحَطَّتي الدراسة. يلي ذلك فصل الربيع بزيادة قدرها (١,٢)، (١,٢)، لِكُلِّ من مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. ثم فصل الخريف وبزيادة (١,١)، (١,٠)، في قيم مؤشر عدم الراحة. وأخيرا يأتي فصل الشتاء كأقل فصول العام التي شهدت تزايداً في إحساس السكان بعدم الراحة الفسيولوجية؛ حيث بلغت الزيادة في الاتجاه العام لقيم مؤشر عدم الراحة نحو (٠,٦)، (٠,٩)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب.

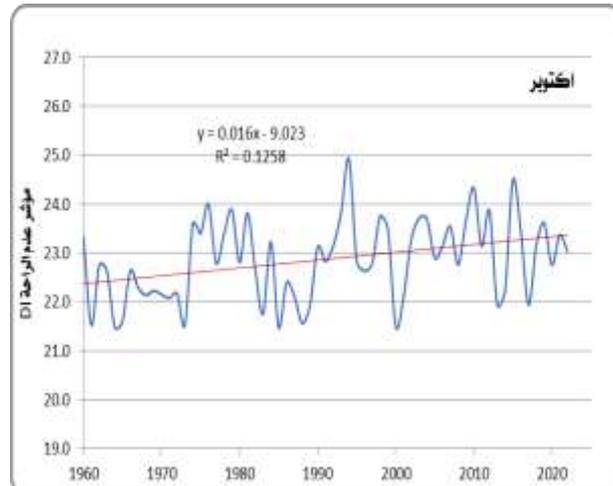
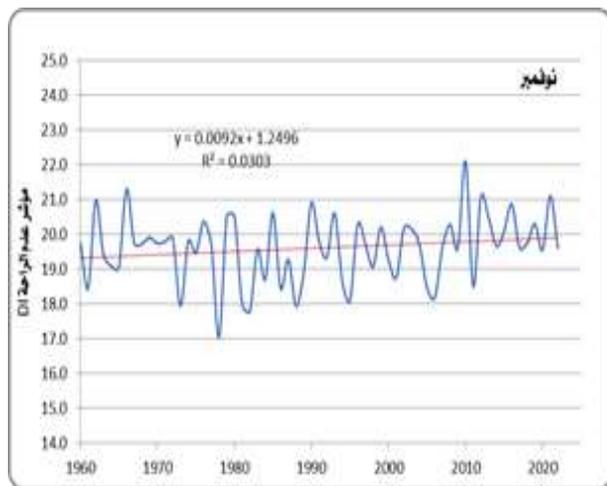
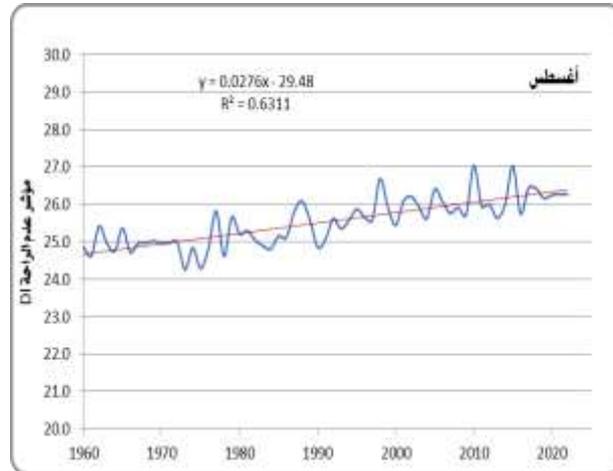
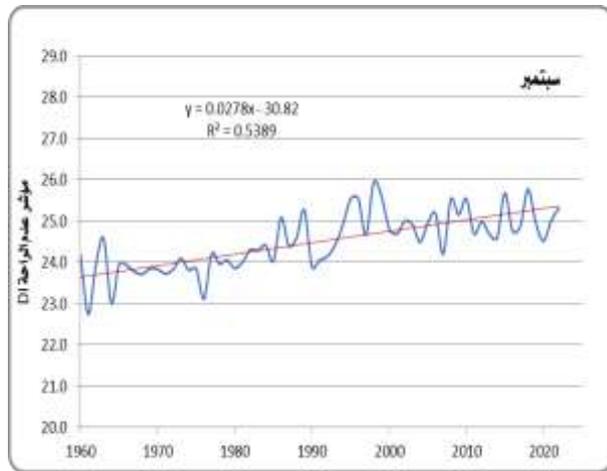
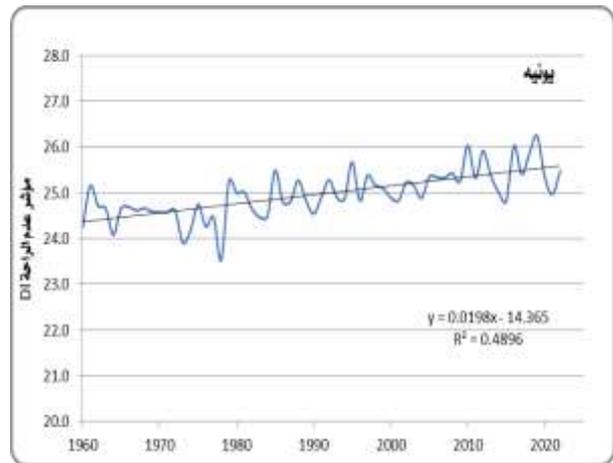
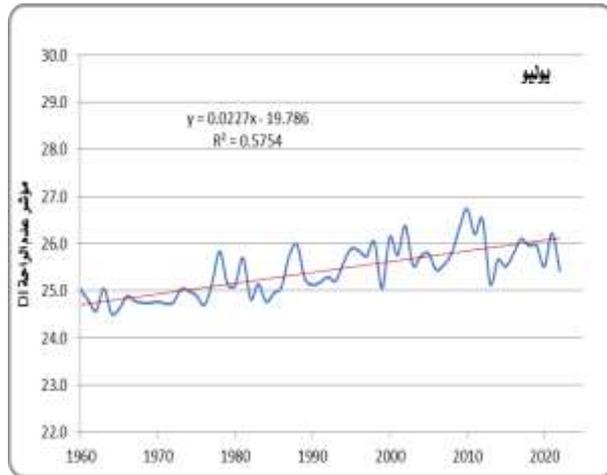


شكل (١١) الاتجاه العام للراحة الحرارية طبقاً لمؤشر عدم الراحة لتوم على المستوى الفصلي في محطتي أسوان والأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢ م .



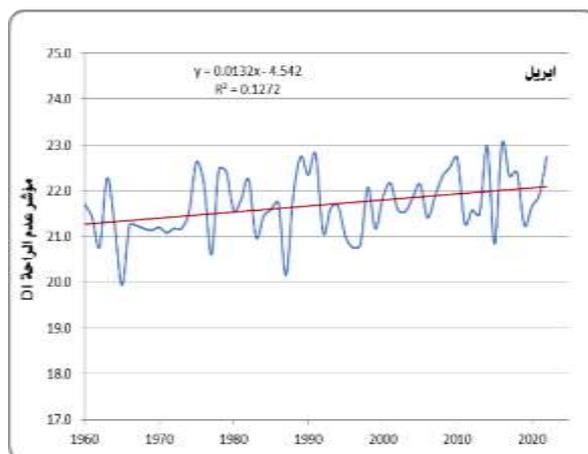
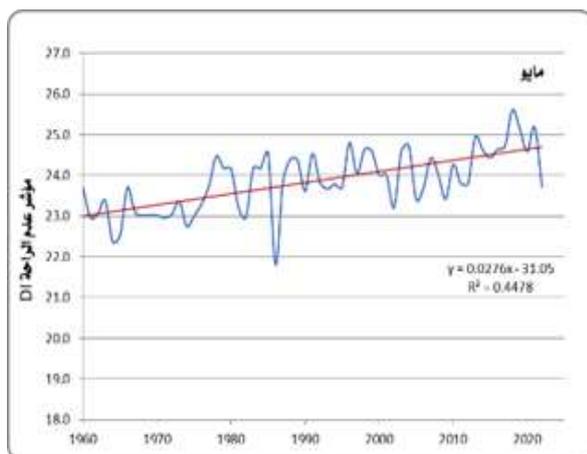
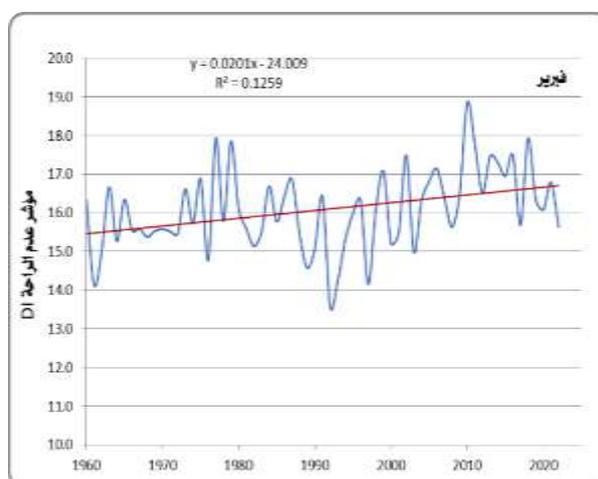
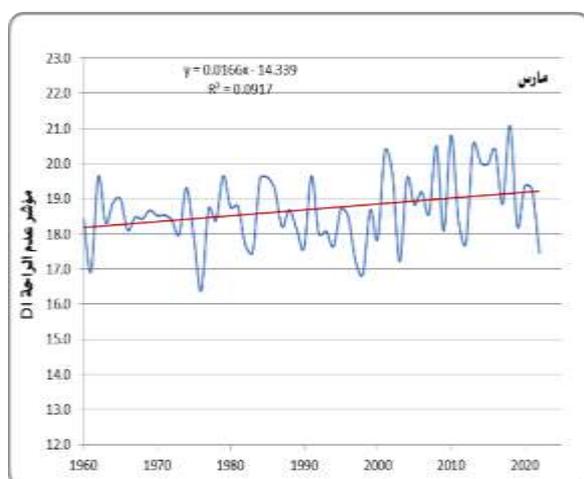
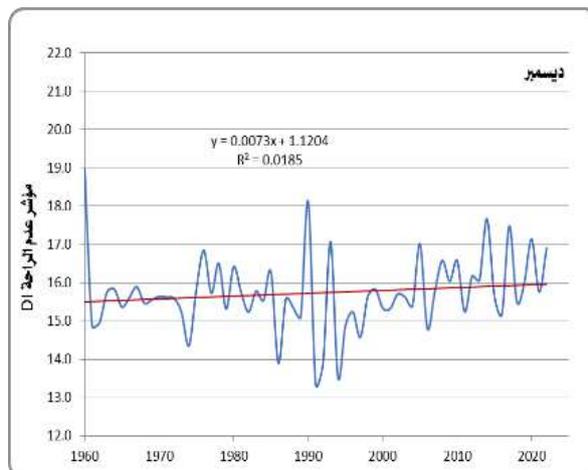
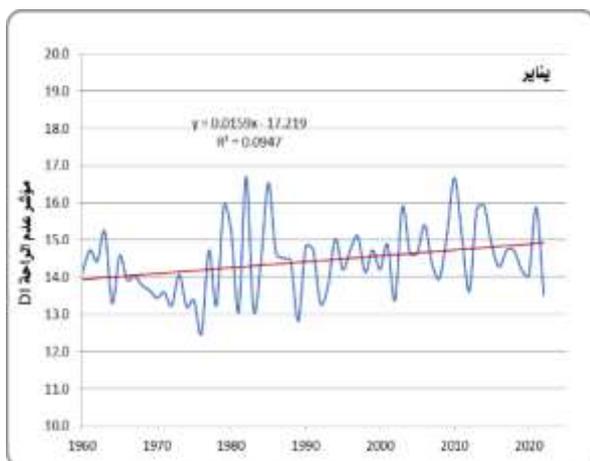
شكل (١٢) الاتجاه العام الشهري لمؤشر عدم الراححة لتوم ١٩٥٩ في محطة أسوان خلال شهور الشتاء والربيع في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م طبقاً لتحليل الانحدار الخطي.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر



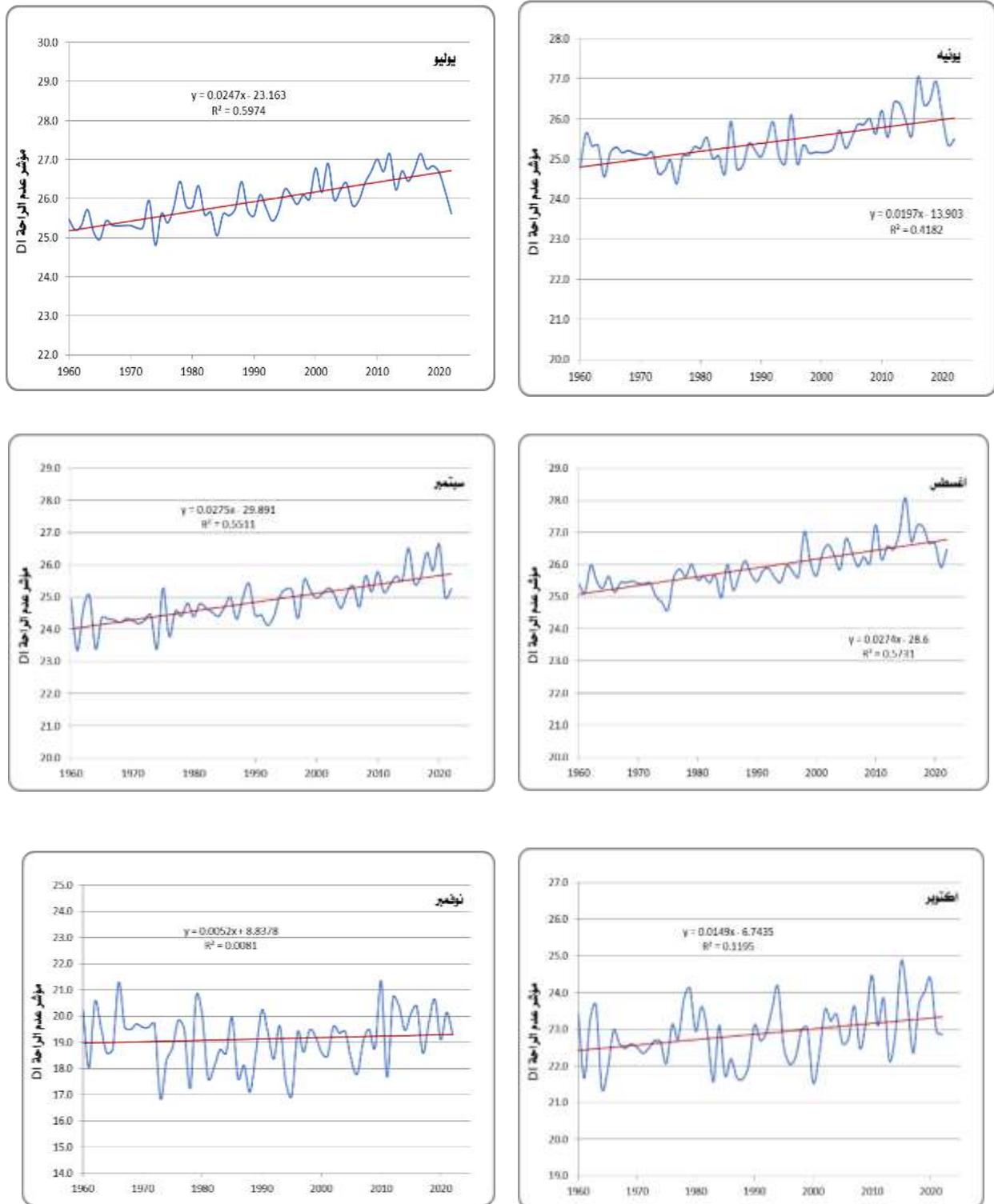
شكل (١٣) الاتجاه العام الشهري لمؤشر عدم الرّاحة لتوم ١٩٥٩ في مَحَطَّة أسوان خلال شهور الصيف والخريف في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م طبقًا لتحليل الانحدار الخطي.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - ديسمبر ٢٠٢٣



شكل (١٤) الاتجاه العام الشهري لمؤشر عدم الريح لتوم ١٩٥٩ في محطة الأقصر خلال شهور الشتاء والربيع في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م طبقاً لتحليل الانحدار الخطي.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد - مجلة علمية محكمة - العدد الثامن عشر



شكل (١٥) الاتجاه العام الشهري لمؤشر عدم الرّاحة لتوم ١٩٥٩ في مَحطّة الأقصر خلال شهور الصيف والخريف في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢ طبقاً لتحليل الانحدار الخطي.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

جدول (٨) مقدار الزيادة في الاتجاه العام الخطي لمؤشر عدم الرّاحة لتوم Thom's في مَحَطَّتي الدراسة على المستوى الشهري والفصلي والسنوي في الفترة ١٩٦٠ - ٢٠٢٢

الأقصر		أسوان		المَحَطَّة
الزيادة الكلية (التغير) ٢٠٢٢-١٩٦٠	الزيادة السنوية (الانحدان)	الزيادة الكلية (التغير) ٢٠٢٢-١٩٦٠	الزيادة السنوية (الانحدان)	الشهر
٠,٥	٠,٠٠٧٣	٠,٤	٠,٠٠٦٦	ديسمبر
١,٠	٠,٠١٥٩	٠,٥	٠,٠٠٧٧	يناير
١,٢	٠,٠٢٠١	١,١	٠,٠١٧	فبراير
٠,٩	٠,٠١٤٥	٠,٦	٠,٠١٠٤	فصل الشتاء
١,٠	٠,٠١٦٦	٠,٩	٠,٠١٥	مارس
٠,٨	٠,٠١٣٢	٠,٩	٠,٠١٥٢	أبريل
١,٧	٠,٠٢٧٦	١,٧	٠,٠٢٧١	مايو
١,٢	٠,٠١٩١	١,٢	٠,٠١٩١	فصل الربيع
١,٢	٠,٠١٩٧	١,٢	٠,٠١٩٨	يونيو
١,٥	٠,٠٢٤٧	١,٤	٠,٠٢٢٧	يوليو
١,٧	٠,٠٢٧٤	١,٧	٠,٠٢٧٦	أغسطس
١,٥	٠,٠٢٣٩	١,٥	٠,٠٢٣٤	فصل الصيف
١,٧	٠,٠٢٧٥	١,٧	٠,٠٢٧٨	سبتمبر
٠,٩	٠,٠١٤٩	١,٠	٠,٠١٦	أكتوبر
٠,٣	٠,٠٠٥٢	٠,٦	٠,٠٠٩٢	نوفمبر
١,٠	٠,٠١٥٩	١,١	٠,٠١٧٧	فصل الخريف
١,١٥	٠,٠٧٣	١,١	٠,٠١٧٧	المتوسط السنوي

المصدر: التحليل الإحصائي باستخدام دالة الانحدار Slope.

وبفحص جدول (٨) ومقارنة نتائجه بنتائج جدول (٧)، وكذا ملاحظة الأشكال (١٢)، (١٣)، (١٤)، (١٥)، يتضح أن قيمة الزيادة في الاتجاه العام لمؤشر عدم الرّاحة لتوم خلال شهور مايو، وأغسطس، وسبتمبر، سجلت أقصاها بين شهور العام، وبلغت (١,٧)، لِكُلِّ من الشهور السابقة على الترتيب، وفي كلتا مَحَطَّتي الدراسة. ولو أضيفت الزيادة السابقة في قيمة مؤشر عدم الرّاحة لتوم خلال شهر مايو لتحول من شهر غير مريح لأقل من نصف السكان إلى شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان؛ حيث بلغت قيمة المؤشر قبل إضافة الزيادة نحو (٢٣,٧)، (٢٣,٩) في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، وبهذا يتبين أنه يقع ضمن الفئة (٢١-٢٤)،

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

والتي يشعر خلالها أقل من نصف السكان بعدم الرَّاحة، بينما بعد إضافة الزيادة في قيمة مؤشر عدم الرَّاحة لتوم، ينتقل مايو إلى الفئة الأعلى (٢٤-٢٧)، والتي يشعر خلالها أكثر من نصف السكان بعدم الرَّاحة؛ حيثُ بلغت قيمة المؤشر بعد الزيادة (٢٤,٩)، (٢٥,١) في أسوان والأقصر على الترتيب. وهذا يعني أن التَّغيُّرات المُنَاحية (الاحترار العالمي) في جنوبي مصر وما صاحبها من زيادة في درجة الحرارة والرطوبة النسبية هما المسئولتان عن تحول آخر شهور فصل الربيع (مايو) من شهر غير مريحٍ حراريًا لأقل من نصف سكان جنوبي مصر، إلى شهر أقل راحة يشعر خلاله أكثر من نصف السكان بعدم الرَّاحة الفسيولوجية. ويتضح من جدول (٨) أن شهر أبريل ومن بعده شهر نوفمبر هما أكثر الشهور قربا للتأثر بالتَّغيُّر الزمني في قيم مؤشر عدم الرَّاحة، وتحول توصيف الرَّاحة الحَراريَّة في الشهرين من نمط الأشهر المريحة حراريا لكل السكان إلى نمط الأشهر غير المريحة لما يقرب من نصف سكان جنوبي الصعيد، وأن أكثر الاتجاهات ذات دلالة إحصائية كانت في شهور مايو، يونيو، يوليو، أغسطس، وسبتمبر، أكتوبر، أبريل، وكانت قيمة p -value 0.0001.

أما شهور الصيف فجميعها تقع ضمن الفئة التي تتراوح ما بين (٢٤-٢٧)، والتي تشير إلى أن أكثر من نصف سكان منطقة الدراسة يشعرون بعدم الرَّاحة الفسيولوجية خلال شهوره، وإذا أضيفت الزيادة في قيمة مؤشر عدم الرَّاحة في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، والموضحة في جدول (٨)، يتبين أن أغسطس تحول من شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان إلى شهر غير مريح لمعظم السكان؛ حيثُ تعدت قيمته حاجز الفئة (٢٤-٢٧)، فقد سجلت قيمه بعد إضافة مقدار الزيادة نحو (٢٧,٢)، (٢٧,٦) في مَحَطَّي أسوان والأقصر على الترتيب. وعلى النسق السابق نفسه أيضًا خرج شهر يوليو في مَحَطَّة الأقصر من شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان إلى غير مريح لمعظم السكان بقيمة بلغت (٢٧,٤)، واقتربت قيم مؤشر عدم الرَّاحة في أسوان خلال يوليو من حاجز عدم الرَّاحة لمعظم السكان (٢٦,٨)؛ وبالتالي فالرَّاحة الحَراريَّة خلاله أقرب ما تكون إلى شعور معظم سكان أسوان بعدم الرَّاحة الفسيولوجية.

كما تبين أيضًا أن فصل الصيف في مَحَطَّة الأقصر قد تحول من فصل غير مريح لأكثر من نصف السكان (٢٥,٧) إلى فصل غير مريح لمعظم السكان (عدم راحة شديدة) (٢٧,٢)، وهذا يعني عدم شعور سكان الأقصر بالرَّاحة الحَراريَّة المُنَاحية خلال فصل الصيف، ويُعزى ذلك بالدرجة الأولى إلى أن أكبر زيادة حدثت في عنصر الحرارة والرطوبة في منطقة الدراسة سجلت خلاله، ومن ثم زاد من قيم مؤشر عدم الرَّاحة لتوم في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢). بينما جاءت مَحَطَّة

أسوان، كأكثر الفصول قرباً للتأثر بالتَّغْيِيرُ الزمني في التَّغْيِيرُ المُنَاحِي، وتحول توصيف الرِّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ خلال فصل الصيف من نمط الفصل غير المريح حرارياً لأكثر من نصف السكان إلى نمط الفصل غير المريح لكل السكان بقيمة للمؤشر بلغت (٢٦,٨).

ويمكن تفسير اتجاه الرِّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ الصاعد إلى ظاهرة التَّغْيِيرَاتِ المُنَاحِيَةِ (الاحترار العالمي)، وأن سبب تناقص الرِّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ يرجع إلى تلك الظاهرة، فلم يسجل اتجاه هابط للراحة الحَرَارِيَّةِ في أي شهر من شهور العام؛ مما يعني أن اتجاه درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، على المستوى السنوي والفصلي والشهري تأخذ الاتجاه الصاعد، كما يؤدي تناقص الرِّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ لسكان جنوبي مصر إلى لجوء السكان إلى تكييف الهواء؛ للحد من ارتفاع درجات الحرارة الشديدة؛ ومن ثم زيادة الطلب على الطاقة من أجل استخدامها في عمليات التبريد.

ويتضح مما سبق أن الموسم السنوي لشعور سكان جنوبي مصر بعدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية يمتد ليشغل ما يقل عن نصف العام (أربعة أشهر) -من شهر يونيو إلى شهر سبتمبر-، بينما يزداد هذا الموسم نتيجة التَّغْيِيرِ في بعض عناصر المُنَاحِ، إلى ستة أشهر؛ حيثُ ينضم شهر مايو إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية، وأيضاً انتقل شهر أكتوبر تجاوزاً إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية، وتحول من شعور أقل من نصف السكان بعدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية (٢٣,٩، ٢٣,٨) للفئة الأعلى، وتحول من شعور أقل من نصف السكان بعدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرِّاحَةِ والإجهاد الحراري الشديد. وكذا انتقل شهر أغسطس من فئة شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرِّاحَةِ إلى شعور معظم السكان بعدم الرِّاحَةِ؛ أي أن موسم عدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية امتد زمنياً في منطقة الدراسة بفعل التغير المناخي. ويظهر تأثير تلك التَّغْيِيرَاتِ المُنَاحِيَةِ أيضاً في كون الإحساس بعدم الرِّاحَةِ الفسيولوجية على مدار شهور العام بالكامل يكون أشد وطأة على السكان نتيجة حدوث زحزة وانتقال قيم المؤشر حتى داخل الفئات نفسها.

٤.٤ الإسقاطات المناخية المستقبلية وأثرها في راحة الإنسان جنوبي مصر.

١.٤ الإسقاطات المستقبلية لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية:

أبرزت كثير من الدراسات أن الظروف المُنَاحِيَةِ وراحة الإنسان وصحته مترابطان بشكل كبير؛ حيثُ إنّ مستوى الرِّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ للسكان سينتغير بسبب تأثير التَّغْيِيرِ في درجة الحرارة، والرطوبة النسبية؛ ولذا يُعد تأثير تَغْيِيرِ المُنَاحِ على راحة الإنسان مصدر قلق كبير، وشاغلا رئيسا في المستقبل، وقد وجدت معظم هذه الدراسات: (Din et al., 2014)، (Giles et al., 1990)، (Kambezidis, H. D., et al., 2021)، (Katavoutas & Founda, 2019)، (Pantavou et al.,

(2011)، (Poupkou et al., 2011)، (Bilgin et al., 2023)، أن مستويات عدم الرّاحة (الإجهاد الحراري)، للإنسان ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتّغير المناخي (الاحترار العالمي). ومن المهم أن نفهم كيف يتغيّر المناخ من أجل الاستعداد للمستقبل، والتكيف إذا لزم الأمر، والأهم من ذلك، اتخاذ التدابير الاحترازية المناسبة للتخفيف من الآثار السلبية الكبيرة. ولذا يتناول هذا المبحث التأثيرات المحتملة لتغيّر المناخ في المستقبل على الرّاحة الفسيولوجية للسكان في جنوبي مصر. ولتقييم التّغيرات التي تحدث في الرّاحة الفسيولوجية للسكان في إطار توقعات تغيّر المناخ في المستقبل، ركزنا في هذا المبحث على القيم الشهرية والفصلية لمؤشر عدم الرّاحة لتوم والمحسوبة للفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، ومقارنة نتائجه بالفترة المرجعية (١٩٦٠-٢٠٢٢م)، وتتمثل ميزة اختيار هذه الفترة المرجعية في أن تكون قادراً على إظهار التغيير بشكل أكثر وضوحاً في القرن الحادي والعشرين، عندما بدأت زيادة درجات الحرارة تصبح أكثر وضوحاً، مقارنة بالقرن العشرين.

ويوضح جدول (٩)، المسار الفصلي لدرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، والاتجاه العام لهذا المسار وفقاً لتحليل الانحدار الخطي خلال الفترة الزمنية المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣)؛ حيث يتبين أن درجة الحرارة من المتوقع أن تشهد اتجاهاً عاماً صاعداً خلال تلك الفترة، وفي كل فصول العام وشهوره، وقد ظهر الاتجاه العام لدرجة الحرارة في النصف الحار من العام أكثر تسارعاً، ففي مَحَطَّة أسوان، بلغ معدل ارتفاع درجة الحرارة حوالي $0,033$ س/عام، $0,028$ س/عام، $0,022$ س/عام، خلال فصول الصيف، الربيع، الخريف، على الترتيب. وبذلك من المتوقع أن تشهد مَحَطَّة أسوان احتراراً إجمالياً يقدر بنحو $1,65$ س في الصيف، $1,4$ س في الربيع، $1,1$ س خلال الخريف في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣). أما فيما يتعلق بالفترة الباردة من العام؛ فقد شهد فصل الشتاء احتراراً بمعدل أبطأ؛ حيث بلغ مقدار التّغير خلال فصل الشتاء ($0,65$ س)، وبانحدار $0,013$ س/عام. وعلى المستوى الشهري سجل مايو، سبتمبر، وأغسطس، يوليو، أكبر تغيّر في درجة الحرارة في أسوان، وبمقدار $2,15$ س، $2,05$ س، $1,95$ س، $1,9$ س، وبانحدار حراري $0,043$ س، $0,041$ س، $0,039$ س، $0,038$ س/عام، على الترتيب. بينما من المتوقع أن تشهد شهور ديسمبر، يناير، ونوفمبر، أدنى معدلات التّغير $0,4$ س، $0,4$ س، $0,45$ س، وبانحدار $0,008$ س، $0,008$ س، $0,009$ س/عام، على الترتيب.

وقد ظهرت نتائج الاتجاه العام الفصلي والشهري لدرجة الحرارة في مَحَطَّة الأقصر مشابهة إلى حد كبير لما جاء في مَحَطَّة أسوان، فمن المتوقع أن تشهد مَحَطَّة الأقصر أيضاً اتجاهاً عاماً صاعداً لدرجة الحرارة في كل فصول وشهور العام لتسجل انحدار $0,031$ س/عام، $0,028$ س/عام،

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

٠,٠٢١س/عام، خلال فصول الصيف، الربيع، الخريف، على الترتيب. وبذلك من المرجح أن تسجل الأقصر احترازا إجماليا يقدر بنحو ١,٥٤س في الصيف، ١,٤٢س في الربيع، ١,٠٣س في فصل الخريف في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣). في حين أن فصل الشتاء سيشهد أدنى معدلات الاحترار؛ حيث بلغ مقدار التغير (١.٠١س)، وبانحدار ٠,٠٢٠س/عام. وعلى المستوى الشهري سجلت الشهور الحارة أعلى معدلات التغير، ومن المتوقع أن تشهد شهور مايو، سبتمبر، وأغسطس، يوليو، أكبر تغير في درجة الحرارة في الأقصر، وبمقدار ٢,١٤س، ١,٨٨س، ١,٧٧س، ١,٧٢س، وبانحدار حراري ٠,٠٤٣س، ٠,٠٣٨س، ٠,٠٣٥س، ٠,٣٤س/عام، على الترتيب. في حين سجلت شهور نوفمبر، ديسمبر، أكتوبر، يناير، أدنى معدلات التغير ٠,٢٩س، ٠,٥٢س، ٠,٩٥س، ١,٠٧س، وبانحدار ٠,٠٠٦س، ٠,٠١٠س، ٠,٠١٩س، ٠,٠٢١س/عام، على الترتيب.

وقد ظهر الاتجاه العام الفصلي للرطوبة النسبية مشابهاً لما سبق بيانه بالنسبة لدرجات الحرارة، وخاصة في محطة الأقصر؛ حيث جاء فصل الصيف في الترتيب الأول بأعلى زيادة في الرطوبة النسبية في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، وبمقدار تغير ٣,١٥%، وبانحدار (٠,٠٦٣%/عام). ويتشابه الارتفاع في الرطوبة النسبية في فصل الربيع مع سابقه الصيف، والتي جاءت بمقدار تغير ٣,٠٥%، وبانحدار (٠,٠٦١%/عام). ثم يأتي في الترتيب الثالث فصل الخريف ١,١٠%، (وبانحدار ٠,٠٢٢%/عام). بينما سجل الاتجاه العام للرطوبة النسبية أدنى معدلاته خلال فصل الشتاء، وبانحدار (٠,٠٠٩%/عام)، وإجمالي تغير ٠,٤٥% في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣). وقد ظهر الاتجاه العام الفصلي للرطوبة النسبية في محطة أسوان معاكساً لما سبق بيانه في محطة الأقصر، ففي محطة أسوان، جاء فصل الشتاء في الترتيب الأول بأعلى زيادة في الرطوبة النسبية في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، وبمقدار تغير ٣,٥%، وبانحدار (٠,٠٧%/عام). في حين تشابه الارتفاع في الرطوبة النسبية في فصل الخريف والشتاء، بمقدار تغير ٢,٥% لكل منهما تقريبا (بانحدار ٠,٠٥%/عام). وعلى الجانب الآخر شهد الاتجاه العام للرطوبة النسبية زيادة بمعدل أبطأ نسبيا في الصيف، وبانحدار ٠,٠٤%/عام، وإجمالي تغير ٢% في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣).

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

جدول (٩) نتائج الاتجاه العام لدرجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$) والرطوبة النسبية (%)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر وفقاً لتحليل الانحدار الخطي في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م، والإسقاطات المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣).

التغير في الرطوبة النسبية (%)		التغير في درجة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)				الشهر/ الفصل		
مَحَطَّة الأقصر		مَحَطَّة أسوان		مَحَطَّة الأقصر			مَحَطَّة أسوان	
الفترة المرجعية ٢٠٧٣-٢٠٢٣	الفترة المرجعية ٢٠٢٢-١٩٦٠	التوقع ٢٠٧٣	الفترة المرجعية ١٩٦٠-٢٠٢٢	التوقع ٢٠٧٣-٢٠٢٢	الفترة المرجعية ١٩٦٠-٢٠٢٢		التوقع ٢٠٧٣	الفترة المرجعية ٢٠٢٢
١,١	١,٣٧	٣,٣٥	٤,١٣	٠,٥٢	٠,٦٤	٠,٤	٠,٥٠	ديسمبر
٠,٤٥-	٠,٥٥-	٣,٤٥	٤,٢٦	١,٠٧	١,٣٣	٠,٤	٠,٥٠	يناير
٠,٧٥	٠,٩٠	٣,٧٥	٤,٦٣	١,٤٥	١,٨٠	١,٢	١,٤٩	فبراير
٠,٤٥	٠,٥٧	٣,٥	٤,٣٤	١,٠١	١,٢٥	٠,٦٥	٠,٨٣	فصل الشتاء
٣,٤٥	٤,٢٦	٣,٣٥	٤,١٦	١,١٧	١,٤٥	٠,٨٥	١,٠٥	مارس
٣,٣٥	٤,١٣	٠,٠٤٧	٢,٩٤	٠,٩٦	١,١٨	١,٢٥	١,٥٥	أبريل
٢,٤	٢,٩٧	٢,٣٥	٢,٩١	٢,١٤	٢,٦٥	٢,١٥	٢,٦٧	مايو
٣,٠٥	٣,٧٩	٢,٥	٣,٣٤	١,٤٢	١,٧٦	١,٤	١,٨	فصل الربيع
٣,٥٥	٤,٤١	٢,٨٥	٣,٥٤	١,١٤	١,٤١	١,١٥	١,٤٣	يونيو
٢,٤٥	٣,٠٢	١,٤٥	١,٨٠	١,٧٢	٢,١٣	١,٩	٢,٣٦	يوليو
٣,٤٥	٤,٢٩	٢,٣٥	٢,٩٢	١,٧٧	٢,١٩	١,٩٥	٢,٤٢	أغسطس
٣,١٥	٣,٩١	٢	٢,٧٥	١,٥٤	١,٩١	١,٦٥	٢,١	فصل الصيف
٢,٤	٣,٠	٢	٢,٥١	١,٨٨	٢,٣٣	٢,٠٥	٢,٥٤	سبتمبر
١,٨	٢,٢١	٣,٧	٤,٦١	٠,٩٥	١,١٨	٠,٧٥	٠,٩٣	أكتوبر
٢,٨	٣,٤٨	١,٩٥	٢,٤٣	٠,٢٩	٠,٣٦	٠,٤٥	٠,٥٦	نوفمبر
١,١٠	٢,٩٠	٢,٥	٣,١٨	١,٠٤	١,٢٨	١,١	١,٣	فصل الخريف
١,٨	٢,٢٤	٢,٥٥	٣,١٩	١,٢٥	١,٥٥	١,٣	١,٦١	المعدل السنوي

وبناءً على ما سبق يتبين أن جنوبي مصر يتمتع بمناخ حار جداً، وتتوقع الدراسة الحالية أيضاً أنه سيشهد اتجاهات كبيرة للاحترار في العقود المقبلة، ومن المرجح أن تصبح الظواهر الجوية المتطرفة أكثر تواتراً. وستستمر أقوى الزيادات في درجات الحرارة في المستقبل خلال فصل الصيف، عندما يكون الجو دافئاً بالفعل، وأن حجم الاحترار خلال فصل الصيف يبلغ حوالي ضعفه خلال فصل الشتاء. وهو الأمر الأكثر شيوعاً في أجزاء أخرى من العالم، كما في منطقة الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا (Lelieveld et al., 2016). ووفقاً لتقرير التقييم الخامس الصادر عن

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Collins et al., 2013)، في سيناريو الانبعاثات العالية RCP8.5 من المتوقع بحلول نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠)، أن تتراوح زيادة درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية بين (٥-٧°س)، وهو أعلى من ذلك في الفترة (١٩٨٦-٢٠٠٥)، أي ما يعادل ٠.٥-٠.٧°س/عقد من الزمن. ويتوقع (Almazroui, 2013) بالنسبة للمملكة العربية السعودية اتجاهًا تصاعديًا للاحتزار خلال فصل الصيف (يونيو-أغسطس)، يبلغ ٠.٦٥°س/عقد، خلال الفترة (٢٠٢١-٢٠٧٠)، وهو ما يتجاوز اتجاه الاحتزار في الفترة (١٩٧٩-٢٠١٩)، البالغ ٠.٥٢°س/عقد. وبمقارنة نتائج دراسة المزروعى ٢٠١٣، مع الدراسة الحالية يتضح أن الدراسة الراهنة تشير إلى اتجاه احتزار صاعد خلال فصل الصيف بلغ ٠.٣٣°س، ٠.٣١°س/عقد، في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، وهو أقل من الاحتزار المتوقع حدوثه في المملكة العربية السعودية، ويفارق يصل إلى النصف تقريبًا (-٠.٣٢°س)، (-٠.٣٤°س)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر، ومن ثم يمكن القول: إن الاحتزار المتوقع حدوثه في مَحَطَّتي الدراسة هو أقل من المتوقع في المملكة العربية السعودية بمقدار النصف وخلال الفترة نفسها تقريبًا. وفي دراسة أخرى أجراها (Almazroui et al., 2012)، تبين أن تغيّر درجة الحرارة يكون أكثر أهمية خلال الفترة الأكثر دفئًا من يونيو إلى سبتمبر، وتتوافق هذه النتيجة جيدًا مع نتائجنا.

٢.٤ التغير المتوقع في مؤشر عدم الراحة خلال الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣).

تبحث كثير من الأدبيات في آثار تغيّر المناخ على الرّاحة الحراريّة وكيف يمكن أن يُؤثّر ذلك على وجود السياح في وجهات مختلفة حول العالم، مثل: أستراليا (Amelung & Nicholls, 2014) والصين (Kong et al., 2019) وكوبا (Gómez-Martín et al., 2020) وبالما (إسبانيا) (Bafaluy et al., 2014)، والغردقة (مصر) (Mahmoud et al., 2019). وفي هذا الشأن تعد منطقة جنوبي مصر واحدة من الوجهات السياحية الأكثر زيارة في العالم خاصة خلال فصل الشتاء، ويرجع ذلك أساسًا إلى الظروف المناخية الملائمة بما في ذلك الطقس الدافئ والمشمس. وفي الوقت نفسه، تم الاعتراف بالمنطقة بوصفها واحدة من أكثر المناطق عرضة لتغيّر المناخ في العالم فيما يتعلق بالمخاطر الحراريّة الملحوظة والمستقبلية.

وتُعَدُّ الرّاحة الحراريّة قضية رئيسة في المدن، ومن المتوقع أن تتغيّر في المستقبل بسبب التّغيّرات المناخية المحتملة. ويُعَدُّ تغيّر المناخ هو التحدي الرئيس في شمال أفريقيا بصفة عامة، ومصر خاصة (Lelieveld et al., 2016). ومن أجل وضع إستراتيجيّات للتأقلم مع هذه التغيرات، من الضروري أن يكون لدينا إسقاطات قائمة على أساس علمي وتقييم اتجاهات المناخ المستقبلية.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

ويركز هذا المبحث على الإحساس الحراري المستقبلي للسكان في جنوبي الصعيد بسبب تأثير الاحترار العالمي. وتم اختيار الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، لتمثل التَّغْيِيرَ المستقبلي، ومقارنة نتائجها بالزيادة التي حدثت خلال الفترة المرجعية (١٩٦٠-٢٠٢٢). وتم التعبير عن الرَّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ (الانزعاج الحراري) من خلال مؤشر عدم الرَّاحَةِ لتوم Thom's discomfort index (TDI) للبيانات المُناخية لِمَحَطَّتي أسوان والأقصر.

ووفقاً لما سبق ذكره في المبحث السابق، فإن استمرار التَّغْيِيرِ في درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية مستقبلاً بالنمط نفسه يتوقع معه أن يسهم ذلك الاتجاه الصاعد في زيادة الإحساس بعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية للسكان في جنوبي مصر، ومن ثم زيادة استهلاك الطاقة بغرض التبريد، بالمعدلات السابقة نفسها في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢. ويوضح جدول (٩) نتائج تحليل الانحدار لدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية في مَحَطَّتي أسوان والأقصر في الفترة السابقة (١٩٦٠-٢٠٢٢م)، إضافة إلى الإسقاطات المستقبلية بعد ٥٠ عاماً (حتى عام ٢٠٧٣م).

يتبين من العرض السابق أن التَّغْيِيرَ الفصلي الذي شهدته درجة الحرارة المتوقعة في منطقة الدراسة خلال الـ ٥٠ عاماً القادمة يتخذ اتجاهها عاماً صاعداً، وكذا بالنسبة للرطوبة النسبية. وهو ما يشير إلى أن نمط التَّغْيِيرِ في العنصرين المُناخيين كان من شأنه زيادة عدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية للسكان في جنوبي مصر في الفترة ٢٠٢٣-٢٠٧٣م. ويعود ذلك إلى أن معامل الانحدار الخطي Slope الذي يحدد العلاقة المتعددة Multiple Correlation في نموذج التنبؤ الثلاثي يشير إلى أن العلاقة طردية بين هذين المُتَغْيِرَيْنِ ونتائج مؤشر عدم الرَّاحَةِ؛ حيث بلغت قيمة معامل الانحدار نحو (٠,٧٦) في حالة درجة حرارة الهواء، وبلغت (٠,٦٥) في حالة الرطوبة النسبية، أي أن قيم مؤشر الراحة في منطقة الدراسة خلال الفترة المذكورة كان يمكن أن يُسجل قيماً أقل لولا ما شهدته درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية من ارتفاع، خلال تلك الفترة.

وقد تبين من جدول (١٠)، أنه لم يثبت - على المستوى السنوي - حدوث أي تحول كبير في مؤشر عدم الرَّاحَةِ من فئة (٢١-٢٤)، إلى أية فئة أخرى في المستقبل في منطقة الدراسة. ومع ذلك، وجد أن مؤشر عدم الرَّاحَةِ لتوم TDI من المرجح أن يسجل اتجاهًا تصاعدياً في قيمه؛ حيثُ سجل (٢٣,٣)، (٢٣,٣)، خلال الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، بعدما كان (٢٢,٤)، (٢٢,٣)، خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

جدول (١٠) مقدار الزيادة (التغير) في الاتجاه العام الخطي لمؤشر عدم الراحة لتوم في مخطتي أسوان والأقصر في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢، وإسقاطاتها المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣م).

التغير في قيم مؤشر عدم الراحة لتوم										الشهر/ الفصل
مخطة الأقصر					مخطة أسوان					
توقع التغير خلال ٢٠٧٣-٢٠٢٣	توقع الزيادة في مؤشر عدم الراحة DI خلال ٢٠٢٣-٢٠٧٣	مؤشر عدم الراحة DI		متوسط الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢	توقع التغير خلال ٢٠٧٣-٢٠٢٣	توقع الزيادة في مؤشر عدم الراحة DI خلال ٢٠٧٣-٢٠٢٣	مؤشر عدم الراحة DI		متوسط الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢	
		DI	مؤشر عدم الراحة DI خلال ٢٠٢٢-١٩٦٠				DI	مؤشر عدم الراحة DI خلال ٢٠٢٢-١٩٦٠		
١٦,٥	٠,٣٧	١٦,٢	٠,٤٥	١٥,٧	١٧,٤	٠,٣٣	١٧,١	٠,٤١	١٦,٧	ديسمبر
١٦,٢	٠,٨٠	١٥,٤	٠,٩٩	١٤,٤	١٦,٣	٠,٣٩	١٥,٩	٠,٤٨	١٥,٤	يناير
١٨,٤	١,٠١	١٧,٣	١,٢٥	١٦,١	١٨,٦	٠,٨٥	١٧,٨	١,٠٥	١٦,٧	فبراير
١٧,١	٠,٧٣	١٦,٤	٠,٩٥	١٥,٤	١٧,٥	٠,٥٢	١٦,٩	٠,٦٤	١٦,٣	فصل الشتاء
٢٠,٦	٠,٨٣	١٩,٧	١,٠٣	١٨,٧	٢٠,٧	٠,٧٥	١٩,٩	٠,٩٣	١٩,٠	مارس
٢٣,٢	٠,٦٦	٢٢,٥	٠,٨٢	٢١,٧	٢٣,٣	٠,٧٦	٢٢,٥	٠,٩٤	٢١,٦	أبريل
٢٧,٠	١,٣٨	٢٥,٦	١,٧١	٢٣,٩	٢٦,٧	١,٣٦	٢٥,٤	١,٦٨	٢٣,٧	مايو
٢٣,٥	٠,٩٦	٢٢,٦	١,١٨	٢١,٤	٢٣,٥	٠,٩٦	٢٢,٦	١,١٨	٢١,٤	فصل الربيع
٢٧,٦	٠,٩٩	٢٦,٦	١,٢٢	٢٥,٤	٢٧,٢	٠,٩٩	٢٦,٢	١,٢٣	٢٥,٠	يونيو
٢٨,٧	١,٢٤	٢٧,٤	١,٥٣	٢٥,٩	٢٧,٩	١,١٤	٢٦,٨	١,٤١	٢٥,٤	يوليو
٢٩,٠	١,٣٧	٢٧,٦	١,٧٠	٢٥,٩	٢٨,٦	١,٣٨	٢٧,٢	١,٧١	٢٥,٥	أغسطس
٢٨,٤	١,٢٠	٢٧,٢	١,٤٨	٢٥,٧	٢٧,٩	١,١٧	٢٦,٨	١,٤٥	٢٥,٣	فصل الصيف
٢٨,٠	١,٣٨	٢٦,٦	١,٧١	٢٤,٩	٢٧,٦	١,٣٩	٢٦,٢	١,٧٢	٢٤,٥	سبتمبر
٢٤,٦	٠,٧٥	٢٣,٨	٠,٩٢	٢٢,٩	٢٤,٧	٠,٨٠	٢٣,٩	٠,٩٩	٢٢,٩	أكتوبر
١٩,٧	٠,٢٦	١٩,٤	٠,٣٢	١٩,١	٢٠,٦	٠,٤٦	٢٠,٢	٠,٥٧	١٩,٦	نوفمبر
٢٤,١	٠,٨٠	٢٣,٣	٠,٩٩	٢٢,٣	٢٤,٣	٠,٨٩	٢٣,٤	١,١٠	٢٢,٣	فصل الخريف
٢٣,٣	٠,٩٢	٢٢,٣	١,١٤	٢١,٢	٢٣,٣	٠,٨٨	٢٢,٤	١,٠٩	٢١,٣	المعدل السنوي

$DI < 21$	$21 \leq DI < 24$	$24 \leq DI < 27$	$27 \leq DI < 29$
-----------	-------------------	-------------------	-------------------

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

وتجدر الإشارة إلى أن التَّغْيِيرَ الذي يحدث في بعض عناصر المُنَاخ عبر الزمن أو ما يطلق عليه الاحترار العالمي global warming يجعل شعور السكان بعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية يزداد في كل عام عن الذي يسبقه. وهو ما قد يجعل جنوبي مصر يتحول مع الزمن من نمط للراحة الفسيولوجية إلى نمط آخر أكثر إجهادا للسكان، وهو ما سيتبعه بلا شك زيادة في الطلب على الطاقة؛ بهدف مزيد من التحكم في الجو ليصبح أكثر راحة للسكان، أي أن تكلفة التَّغْيِيرَاتِ المُنَاخِيَّةِ (الاحترار العالمي) تتزايد مع الزمن.

ولتقييم التَّغْيِيرَاتِ المحتملة في مؤشر عدم الرَّاحَةِ DI (الانزعاج الحراري) في مَحَطَّتي أسوان والأقصر خلال الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، تم تحليل الاتجاهات الخطية بمستوى ثقة ٩٥٪ خلال فترة الدراسة بأكملها، كما هو موضح في جدول (١٠)، وبدل تحليل السلاسل الزمنية للمعدلات الفصلية لمؤشر عدم الرَّاحَةِ في جنوبي مصر على خطية الاتجاه نحو الارتفاع؛ فقد بلغ انحدار قيم مؤشر عدم الرَّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ لِكُلِّ مِنْ فصول الشتاء والربيع والصيف والخريف في مَحَطَّةِ أسوان نحو (٠,٠١٠٤ °س/عام)، (٠,٠١٩١ °س/عام)، (٠,٠٢٣٤ °س/عام)، (٠,٠١٧٨ °س/عام)، على الترتيب. وبذلك يبلغ مقدار التَّغْيِيرِ لكل منهم (٠,٨٥ °س)، (٠,٩٦ °س)، (١,١٧ °س)، (٠,٨٩ °س)، على الترتيب. وهذا الاتجاه الصاعد لكل الفصول يؤكد انخفاض مستوى الرَّاحَةِ الحَرَارِيَّةِ للسكان، وتباينها من فصل لآخر. وعلى النسق السابق نفسه جاءت نتائج تطبيق مؤشر عدم الرَّاحَةِ في مَحَطَّةِ الأقصر ليسجل انحدارا (٠,٠١٤٦ °س/عام)، (٠,٠١٩٢ °س/عام)، (٠,٠٢٤ °س/عام)، (٠,٠١٦ °س/عام)، لِكُلِّ مِنْ فصل الشتاء والربيع والصيف والخريف، على الترتيب؛ ومن ثم بلغ مقدار الزيادة الكلية (التَّغْيِيرِ) في قيم مؤشر عدم الرَّاحَةِ في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، نحو (٠,٧٣ °س)، (٠,٩٦ °س)، (١,٢٠ °س)، (٠,٨٠ °س) على الترتيب للفصول السابقة ذاتها.

ويتضح مما سبق أن كل فصول العام تأخذ الاتجاه الصاعد في مستوى عدم الرَّاحَةِ، وهذا ناتج عن التَّغْيِيرِ في بعض عناصر المُنَاخ (الاحترار العالمي)، كما نجد أن أكثر الفصول انحدارًا وتَغْيِيرًا هو فصل الصيف، وأقلها هو فصل الشتاء؛ وهذا يعني أن تأثير التَّغْيِيرِ في درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية لفصل الصيف أكبر وأقوى من بقية الفصول، مما دفع فصل الصيف أن يصبح أكثر الفصول انحدارًا وتَغْيِيرًا في قيم مؤشر عدم الرَّاحَةِ لتوم، ومن ثم يصبح أكثرها بعدا عن شعور السكان بالرَّاحَةِ الفسيولوجية.

ويبين من جدول (١٠)، أن الاتجاه العام لمؤشر عدم الرَّاحة هو الصعود في كل الفصول، مما يؤكد حقيقة دور التَّغْيِرات المُنَاحية في خفض الإحساس بالرَّاحة الحَرَارِيَّة مع الزمن. ويُظهر الجدول أن أكثر الفصول التي شهدت تفاقماً لإحساس السكان بعدم الرَّاحة الفسيولوجية هو فصل الصيف؛ حيثُ سجل الاتجاه العام لمؤشر عدم الرَّاحة لتوم زيادة بمقدار (١,١٧، ١,٢٠)، في مَحَطَّتي الدراسة أسوان والأقصر على الترتيب، وبذلك سجل فصل الصيف (٢٧,٩)، (٢٨,٤) في قيم مؤشر عدم الرَّاحة خلال الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، بعدما كان (٢٦,٨)، (٢٧,٢) في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢) في أسوان والأقصر، ومن ثم من المتوقع أن تتحول الرَّاحة الحَرَارِيَّة خلال فصل الصيف في أسوان من شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرَّاحة إلى شعور معظم السكان بعدم الرَّاحة الفسيولوجية. بينما في مَحَطَّة الأقصر لم تتخط قيمة حاجز الفئة (٢٧-٢٩)، كما كانت من قبل، ولكن حدث زيادة في قيمه داخل الفئة نفسها؛ فقد سجل (٢٨,٤)، بعدما كان (٢٧,٢) خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، وبفارق بلغ ١,٢ في قيمته.

ثم يأتي فصل الربيع والخريف في الترتيب الثاني من حيث أعلى زيادة في قيم مؤشر عدم الرَّاحة، لتبلغ (٠,٩٦)، (٠,٩٦)، لفصل الربيع في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. بينما بلغت الزيادة خلال الخريف (٠,٨٩)، (٠,٨٠)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وبفحص جدول (١٠)، نستنتج أن الخريف من المتوقع أن يتحول من فصل يشعر أقل من ٥٠% من السكان بعدم الرَّاحة (٢١-٢٤)، إلى شعور أكثر من ٥٠% من السكان بعدم الرَّاحة (٢٤-٢٧)، فقد بلغت قيمته (٢٤,٣)، (٢٤,١) خلال الفترة ٢٠٢٣-٢٠٧٣، بعدما كانت (٢٣,٤)، (٢٣,٣)، خلال الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. في حين يظل فصل الربيع ثابتاً نسبياً حيث لا تتخطى قيمة حاجز الفئة (٢١-٢٤)، في أي من الفترتين الزمنيتين السابقتين، ومن ثم يشعر أقل من نصف السكان جنوبي مصر بعدم الرَّاحة الحَرَارِيَّة. وأخيراً يأتي فصل الشتاء كأقل فصول العام التي شهدت تزايداً في إحساس السكان بعدم الرَّاحة؛ حيث بلغت الزيادة في الاتجاه العام لقيم مؤشر عدم الرَّاحة (٠,٥٢)، (٠,٧٣)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وبعد إضافة الزيادة في قيمة مؤشر عدم الرَّاحة خلال الفترة ٢٠٢٣-٢٠٧٣، إلى الزيادة في قيم المؤشر خلال الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢، يتضح أنه لم يحدث أي تحول بين فئات مؤشر عدم الرَّاحة، ولكن حدث تَغْيِير وزيادة في قيمه داخل الفئة نفسها؛ فقد بلغت قيمته (١٧,٥)، (١٧,١) في الفترة المستقبلية ٢٠٢٣-٢٠٧٣، بعدما كانت (١٦,٩)، (١٦,٤) خلال الفترة المرجعية ١٩٦٠-٢٠٢٢، لِكُلِّ من مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، وبذلك تقع قيمه داخل الفئة ($DI < 21$)، والتي يشعر فيها كل السكان بالرَّاحة الفسيولوجية في منطقة الدراسة.

وعلى المستوى الشهري، وبفحص جدول (١٠)، يتضح أن هناك اتجاها متزايدا ملحوظا أيضا في قيم مؤشر عدم الرّاحة لتوم خلال شهور العام بصفة عامة، والفترة الممتدة بين (مايو - أكتوبر)، بصفة خاصة؛ حيثُ إنّ الأخيرة انتقلت خلالها مستويات الرّاحة الحراريّة من نمط للراحة إلى نمط آخر أكثر إجهادا للسكان في المستقبل (٢٠٢٣-٢٠٧٣). وعلى الرغم من أن كثيرا من الدراسات (Lelieveld et al., 2016)، في أماكن أخرى مشابهة لمنطقة الدراسة تتوقع زيادات أعلى في الإجهاد الحراري في المستقبل خلال أشهر الصيف، إلا أن الزيادة المتوقعة في أوائل الخريف (سبتمبر) بارزة أيضا؛ حيثُ تقترب من الزيادة المقابلة في يوليو وأغسطس. ومن المتوقع أيضا حدوث زيادة ملحوظة في أواخر الربيع (مايو). واتضح -كذلك- من فحص جدول (١٠)، أن شهور مايو، يوليو، أغسطس، وسبتمبر، سجلت أقصاها بين شهور العام في قيم مؤشر عدم الرّاحة لتوم، وبلغ مقدار التّغير نحو (١,٣٦)، (١,١٤)، (١,٣٨)، (١,٣٩)، على الترتيب في أسوان، وبشكل مشابه أيضا في الأقصر لتسجل (١,٣٨)، (١,٣٤)، (١,٣٧)، (١,٣٨)، للشهور السابقة نفسها على الترتيب. وقد انعكس التّغير في القيم السابقة على انتقال الرّاحة الحراريّة من فئة (أقل إجهادا)، إلى أخرى (أكثر إجهادا). ففي مَحطة الأقصر إذا أُضيفت الزيادة السابقة في قيمة مؤشر عدم الرّاحة لتوم خلال شهر مايو لتحول من شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان إلى شهر غير مريح لمعظم السكان؛ حيثُ بلغت قيمته (٢٧) خلال الفترة ٢٠٢٣-٢٠٧٣، وبلغت قيمة المؤشر قبل إضافة الزيادة نحو (٢٥,٦)، للفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢). بينما لم ينتقل نمط الرّاحة من فئة لأخرى خلال مايو في مَحطة أسوان وجاء ليقع ضمن الفئة (٢٤-٢٧)، بقيمه بلغت (٢٦,٧)، ومن ثم يشعر أكثر من ٥٠% من السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية، وهو أقرب في قيمته من الفئة الأعلى (٢٧-٢٩)، التي سجلت في مَحطة الأقصر.

وبالإضافة إلى ذلك فمن المتوقع حدوث تّغير في قيم وفئات مؤشر عدم الرّاحة خلال شهر **يونيو**، فقد ينتقل من فئة (٢٤-٢٧)، والذي يشعر أكثر من نصف السكان بعدم الرّاحة في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، إلى الفئة الأعلى والأكثر إجهادا (٢٧-٢٩) والذي يشعر خلالها معظم السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية؛ فقد بلغت قيمة المؤشر خلال الفترة الزمنية الأولى (٢٦,٢)، (٢٦,٦)، بينما بلغ (٢٧,٢)، (٢٧,٦)، بعد إضافة الزيادة في قيمة مؤشر عدم الرّاحة لتوم نتيجة الاحترار العالمي خلال الفترة الثانية (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، ومن ثم ينتقل يونيو إلى الفئة الأعلى (٢٧-٢٩)، في مَحطتي أسوان والأقصر على الترتيب. في حين أنه في **يوليو** حدث تّغير في فئات الرّاحة في مَحطة أسوان فقط؛ فقد انتقل من شهر يشعر خلاله أكثر من ٥٠% من السكان بعدم الرّاحة، إلى شعور معظم السكان بعدم الرّاحة (عدم راحة شديد)، فقد بلغت قيمته قبل الزيادة (٢٦,٨)، وبعد

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

الإضافة بلغ (٢٧,٩) في الفترة ٢٠٢٣-٢٠٧٣. بينما في مَحَطَّة الأَقْصَر حدثت زحزحة وانتقال داخل الفئة نفسها (٢٧-٢٩)، لينتقل من ٢٧,٤ إلى ٢٨,٧، وبذلك يصبح معظم السكان يعانون من عدم الرَّاحَة الفسيولوجية خلاله؛ وبالتالي فالرَّاحَة الحَرَارِيَّة خلاله أقرب ما تكون إلى شعور كل السكان بعدم الرَّاحَة الفسيولوجية. وخلال شهر أغسطس في مَحَطَّة الأَقْصَر تحول من شهر غير مريح لمعظم السكان ($27 \leq DI < 29$)، إلى شعور كل السكان بعدم الرَّاحَة، أي إجهاد شديد (29 $\leq DI < 32$)، فمن المتوقع أن تبلغ قيمة المؤشر (٢٩)، في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، بعدما كانت (٢٧,٦) في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢).

أما شهر سبتمبر (بداية الخريف)، فقد كان يقع ضمن الفئة التي تتراوح ما بين ($24 \leq DI < 27$)، والتي تشير إلى أن أكثر من نصف سكان منطقتي الدراسة يشعرون بعدم الرَّاحَة الفسيولوجية خلال الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، وإذا أضيفت الزيادة في قيمة مؤشر عدم الرَّاحَة خلال الفترة من (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، والموضحة في جدول (١٠)، فمن المتوقع أن يتحول سبتمبر من شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان إلى شهر غير مريح لمعظم السكان؛ حيثُ انتقلت قيمته إلى الفئة ($27 \leq DI < 29$)، فقد سجلت قيمه بعد إضافة مقدار الزيادة نحو (٢٧,٦)، (٢٨,٠) في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وعلى النسق السابق نفسه أيضًا من المتوقع أن ينتقل شهر أكتوبر من شهر غير مريح لأقل من نصف السكان إلى شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان بقيمة بلغت (٢٤,٧)، (٢٤,٦)، في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، بعدما كان (٢٣,٩)، (٢٣,٨)، في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب.

ويمكن تفسير اتجاه الرَّاحَة الحَرَارِيَّة الصاعد إلى ظاهرة التَّغْيِرات المُنَاخِيَّة (الاحترار العالمي)، وأن سبب انخفاض الرَّاحَة الحَرَارِيَّة يرجع إلى تلك الظاهرة، فلم يُسَجَل اتجاه هابطٌ للراحة الحَرَارِيَّة في أي شهر من شهور العام؛ مما يعني أن اتجاه درجة الحرارة، والرطوبة النسبية، على المستوى السنوي والفصلي والشهري تأخذ الاتجاه الصاعد، كما يؤدي انخفاض الرَّاحَة الحَرَارِيَّة لسكان جنوبي مصر إلى لجوء السكان إلى تكييف الهواء للحد من ارتفاع درجات الحرارة الشديدة؛ ومن ثم زيادة الطلب على الطاقة من أجل استخدامها في عمليات التبريد.

ويتضح مما سبق أن مواسم الإجهاد الحراري لسكان جنوبي مصر، امتدت لتشغل ما يمثل ثلث العام -من شهر يونيو إلى سبتمبر- في الفترة ١٩٦٠-٢٠٢٢م، بينما يزداد هذا الموسم نتيجة الاحترار العالمي إلى ستة أشهر؛ حيثُ ينضم شهرًا مايو إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرَّاحَة الفسيولوجية، وأيضًا انتقل شهر أكتوبر للفئة الأعلى ويتحول من شعور أقل من نصف

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرّاحة والإجهاد الحراري الشديد. أي أن موسم عدم الرّاحة الفسيولوجية امتد زمنياً في منطقتي الدراسة بفعل الاحترار العالمي. ويظهر تأثير تلك التّغيّرات المُناخية أيضاً في كون الإحساس بعدم الرّاحة الفسيولوجية على مدار شهور العام بالكامل يكون أشد وطأة على السكان نتيجة حدوث زحزحة وانتقال لقيم المؤشر حتى داخل الفئات نفسها. ومن ثم فإن تأثير التّغيّرات المُناخية (الاحترار العالمي) يجعل الموسم السنوي لإحساس السكان بعدم الرّاحة الفسيولوجية تطول فترته الزمنية ليشغل فترة زمنية أطول من العام.

٥- الاستنتاجات والتوصيات

سيكون أحد الآثار الرئيسة للتّغيّرات المُناخية، تناقص مستوى الرّاحة الحراريّة للسكان مع الزمن. وفي حالة حدوث تغيّرات مُنوخية متوقعة في المستقبل، ستتأثر الرّاحة الحراريّة للسكان في منطقة الدراسة بشكل أكبر. وفي ضوء ذلك قامت الدراسة بتحليل اتجاهات التّغير في درجة الحرارة (س°)، والرطوبة النسبية (%)، في جنوبي مصر (مَحَطَّتي أسوان والأقصر)، في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢م)، وإسقاطاتها المستقبلية (٢٠٢٣-٢٠٧٣). وكذا تم استخدام مؤشر عدم الرّاحة DI في هذا البحث؛ للكشف عن التغيرات التي سيجدها تغيّر المُناخ في مستويات راحة الإنسان، ثم تحليل اتجاه التّغير في مؤشر عدم الرّاحة لتوم Thom's discomfort index (DI) خلال الفترات السابق ذكرها نفسها. وقد شهدت درجة الحرارة اليومية والرطوبة النسبية في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، اتجاهاً عاماً صاعداً، وتشير نتائج الدراسة إلى أن درجة الحرارة شهدت ارتفاعاً سنوياً بمقدار (٠,٠٢٦ س°/عام)، (٠,٠٢٥ س°/عام)، ومن ثم بلغ مقدار التّغير في درجة الحرارة (١,٦١ س°)، (١,٥٥ س°)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وقد كان ذلك نتيجة لارتفاع درجة الحرارة في كل شهور وفصول العام، وخاصة خلال الفترات الحارة، وقد اتفق هذا النمط مع التّغير مع بعض مناطق العام، واختلف مع بعضها الآخر. وهو ما يشير إلى وجود اختلافات إقليمية في طبيعة ونمط العوامل المحركة للتّغيّرات الحراريّة بين أجزاء العالم المختلفة. علاوة على ذلك، زاد محتوى الرطوبة النسبية في الهواء بشكل ملحوظ، ليسجل اتجاهاً عاماً صاعداً سنوياً بلغ (٠,٠٥١ %/عام)، (٠,٠٣٦ %/عام)، وازدياد إجمالية في درجة الحرارة بلغت (٣,١٩ %)، (٢,٢٤ %)، في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر، على الترتيب؛ ومن ثم أثر ذلك في زيادة قيم مؤشر عدم الرّاحة السنوي ليسجل تغيّراً مقداره (١,١)، (١,١٥)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر، خلال فترة الدراسة على الترتيب.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- ديسمبر ٢٠٢٣

وكشفت الدراسة عن أن التَّغْيِيرُ الذي يحدث في بعض عناصر المُنَاخ عبر الزمن أو ما يطلق عليه الاحترار العالمي global warming يجعل شعور السكان بعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية يزداد في كل عام عن الذي يسبقه. وهو ما قد جعل جنوبي مصر يتحول مع الزمن من نمط للراحة الفسيولوجية إلى نمط آخر أكثر إجهادا للسكان؛ فقد أظهرت نتائج اختبار مان كيندال أن الاتجاه العام لمؤشر عدم الرَّاحَةِ سجل اتجاهًا صاعدًا في قيمه مع الزمن، مما يدل على زيادة شعور السكان في جنوبي مصر بعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية، متفقًا في ذلك مع كثير من الدراسات. مما يعني مزيدا من عدم الرَّاحَةِ للسكان، وتكون هذه الزيادات أكثر أهمية خلال الفترات الحارة من العام، التي تكون بالفعل شديدة الحرارة مقارنة بالفترات الباردة من العام. وقد تكون مثل هذه التغييرات خطيرة على الناس في مناطق واسعة من البلاد. وإذا استمر الاتجاه الحالي في المستقبل، فسيكون بقاء الإنسان على قيد الحياة في المنطقة صعبًا دون الاعتماد على أجهزة تكييف الهواء.

يسهم التَّغْيِيرُ في عنصري الحرارة والرطوبة النسبية، في زيادة مشكلة الإجهاد الحراري وعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية لسكان جنوبي مصر. وقد أسهم التَّغْيِيرُ الذي يحدث بها مع الزمن في إطالة الموسم السنوي لشعور سكان جنوبي مصر بعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية ليشغل نصف العام (من شهر مايو إلى شهر أكتوبر)، بعدما كان يشغل خمسة أشهر فقط (يونيو إلى سبتمبر). ويظهر تأثير التَّغْيِيرِ المُنَاخِي أيضًا في كون الإحساس بعدم الرَّاحَةِ الفسيولوجية على مدار الشهور بصفة عامة يكون أشد وطأة على سكان جنوبي مصر، نتيجة الاتجاه العام الصاعد في درجة الحرارة والرطوبة النسبية، ومن ثم انعكس ذلك على زيادة قيم مؤشر عدم الرَّاحَةِ، فقد تبين أن شهر مايو في جنوبي مصر تحول من شهر غير مريح لأقل من نصف السكان إلى غير مريح لأكثر من نصف السكان، وكذا انتقل شهر أغسطس من شهر غير مريح لأكثر من نصف السكان إلى غير مريح لمعظم السكان في الفترة (١٩٦٠-٢٠٢٢).

وتتوقع الدراسة بناءً على الإسقاطات المُنَاخية أن تشهد منطقة الدراسة اتجاهات كبيرة للاحترار في العقود المقبلة، ومن المرجح أن تصبح الظواهر الجوية المتطرفة أكثر تواترًا. ومن المحتمل أيضًا أن تكون أكبر الزيادات في درجات الحرارة في المستقبل خلال فصل الصيف، عندما يكون الجو دافئًا بالفعل، وليس خلال فصل الشتاء، وهو الأمر الأكثر شيوعًا في مناطق أخرى من العالم. ووفقًا للإسقاطات المستقبلية لتَّغْيِيرِ المُنَاخ، من المتوقع أن تشهد درجة الحرارة في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، ارتفاعا بمقدار ١,٣°، ١,٢٥°س، مقارنة بالفترة المرجعية (١٩٦٠-٢٠٢٢)، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب، ومن المتوقع أن تكون أقوى اتجاهات الاحترار خلال فصل الصيف ١,٦٥°، ١,٥٤°س، وأدناها خلال فصل الشتاء، ٠,٦٥°، ١,٠١°س، في مَحَطَّتي أسوان والأقصر على الترتيب. وكذا من المتوقع أن يتراوح التَّغْيِيرُ في الرطوبة النسبية، ما بين ٢.٥٥% في مَحَطَّة أسوان، ١,٨% في مَحَطَّة الأقصر خلال فترة

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

الإسقاط (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، وحدث أعلى تَغْيَرٍ خلال فصل الشتاء (٣,٥%)، في مَحَطَّةِ أسوان، وأدناه (٢,٠%) في الصيف. بينما جاء التَغْيَرُ في مَحَطَّةِ الأقصر معاكساً لما سبق؛ حيثُ من المتوقع أن يشهد فصل الصيف أعلى الزيادات في قيم الرطوبة النسبية (٣,٠٥%)، وأدناها (٠,٤٥%) خلال فصل الشتاء في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣).

وفي ظل السيناريوات المستقبلية من المتوقع أن تشهد منطقة الدراسة زيادة في مستويات عدم الرّاحة للسكان في الفترة (٢٠٢٣-٢٠٧٣)، تحت تأثير الاحترار العالمي، والناجم عن التَغْيَرِ الصاعد في درجة الحرارة والرطوبة النسبية، وبصفة خاصة خلال الفترات الحارة من العام، وقد تبين أن الاتجاه العام لمؤشر عدم الرّاحة هو اتجاه عام صاعد، مما يؤكد حقيقة تأثير التَغْيَرَاتِ المُناخية على راحة الإنسان. ووجد أن فصل الصيف تحول من فصل يشعر خلاله أكثر من نصف السكان بعدم الرّاحة إلى شعور معظم السكان في جنوبي مصر بعدم الرّاحة الفسيولوجية. وكذا انتقل فصل الخريف من توصيف شعور أقل من نصف السكان بعدم الرّاحة إلى شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرّاحة. وعلى المستوى الشهري تبين أننا نجد أن شهري "مايو، ويونيو" قد تحولوا من شهرين غير مريحين لأكثر من نصف السكان إلى شعور معظم السكان بعدم الرّاحة، وكذا تحول شهرا "يوليو، وأغسطس" من شعور معظم السكان بعدم الرّاحة إلى شعور كل السكان بعدم الرّاحة. وتحول شهر "سبتمبر" من شعور أكثر من نصف السكان بعدم الرّاحة إلى شعور معظم السكان بعدم الرّاحة خلال فترة الدراسة.

ومن المتوقع أن تشهد مُحَافَظَتِي الأقصر وأسوان تَغْيَرًا كبيرًا في سلوك المواسم السياحية، وأن تَغْيَرِ المُناخ سيؤدي دورا رئيسا في تغيير الأداء الحراري الموسمي المُناخي في منطقة الدراسة. ويوصي البحث بإستراتيجيات التكيف الاستباقية بدلاً من السياسات التفاعلية تجاه تَغْيَرِ المُناخ لتحقيق الاستدامة والقدرة على التكيف مع تَغْيَرِ المُناخ في منطقة الدراسة.

وينبغي أن يؤخذ في الاعتبار تقييم الرّاحة الحراريّة وكذلك آثار تَغْيَرِ المُناخ على قطاع السياحة، وهو أمر بالغ الأهمية لاقتصاد البلاد، عند تخطيط سياسات إستراتيجيات التكيف. يمكن أن توفر نتائج هذه الدراسة مساعدة قيمة لصانعي السياسات في اتخاذ القرار؛ لأنها تصف كيف يمكن أن يُؤثّر تَغْيَرِ المُناخ والبيئة الحراريّة على ظروف الرّاحة للسياحة، ليس فقط في الوقت الحاضر، ولكن أيضًا في المستقبل المتوقع في ظل تَغْيَرِ المُناخ.

وتعد الدراسة المستقبلية لمثل هذه الموضوعات ضرورية للكشف عن مدى هذه تأثير التَغْيَرَاتِ المُناخية على راحة الإنسان وصحته؛ حيثُ إنّ تأثير تَغْيَرِ المُناخ على راحة الإنسان، والمخاطر على صحته تستحق المزيد من الاهتمام. وتوصي الدراسة بإستراتيجيات التكيف الاستباقية بدلاً من السياسات التفاعلية تجاه تَغْيَرِ المُناخ لتحقيق الاستدامة والقدرة على التكيف مع تَغْيَرِ المُناخ في منطقة الدراسة.

٦- المصادر والمراجع**١-٦ المصادر:**

- ١- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، ٢٠٢٣م، القاهرة.
- ٢- الهيئة العام للأرصاد الجوية المصرية: بيانات غير منشورة للمتوسطات الشهرية لعناصر درجة الحرارة، والرطوبة النسبية ١٩٦٠-٢٠٢٢م.
- ٣- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، سجلات المَحَطَّاتِ المُنَاخِيَّةِ، قسم المناخ، القاهرة.
- ٤- قاعدة بيانات الأرصاد الجوية الأسبانية، المتوسطات الشهرية لدرجة الحرارة اليومية بمحطة أسوان والأقصر <http://www.tutiempo.net/en>

٢-٦ المراجع العربية:

- ١- إسلام محمد حمدي (٢٠٢٣): تكامل تطبيقات الجيوماتكس لدراسة ديناميات الجزيرة الحَرَارِيَّةِ لمجمع المنصورة الحضري، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة بني سويف.
- ٢- طارق محمد أبو الفضل إبراهيم الكاشف (٢٠١٤): نمذجة التَّغْيِيرَاتِ المُنَاخِيَّةِ في مصر، دراسة في جغرافية المُنَاخِ التَّطْبِيقِيَّيِ باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب بقنا، جامعة جنوبي الوادي.
- ٣- عبد العزيز عبد اللطيف يوسف (١٩٨٢): الخصائص المُنَاخِيَّةِ لعنصر الحرارة في مصر خلال القرن العشرين، دراسة في الجغرافيا المُنَاخِيَّةِ، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.
- ٤- عبد الوهاب محمد محمد عبدالله (٢٠٢٠): تَغْيِيرُ المُنَاخِ وأثره على زراعة بعض المحاصيل في مصر، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بني سويف.
- ٥- فاطمة فتحى محمد عبدالله (٢٠١٥): التَّغْيِيرَاتِ المُنَاخِيَّةِ وتأثيرها على النظم الطبيعية في دلتا نهر النيل، باستخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، بقسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة حلوان.
- ٦- محمد إبراهيم محمد شرف (٢٠٠٠): ظاهرة الاحتباس الحراري، آثارها البيئية وأبعادها الاقتصادية في الحاضر والمستقبل، إصدارات مجلة كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- ٧- محمد توفيق إبراهيم (٢٠٠٤): المُنَاخِ وأثره على راحة الإنسان في السواحل المصرية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة سوهاج.
- ٨- محمد فوزي أحمد عطا (٢٠٠٣): تباين مؤشرات الشعور الرَّاحَةِ في مدن المملكة العربية السعودية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد (٤٢)، الجزء الثاني، القاهرة.

مجلة كلية الآداب بالوادي الجديد- مجلة علمية محكمة- العدد الثامن عشر

- ٩- مسعد سلامة مسعد مندور (٢٠٠٢): الإشعاع الشمسي في مصر، دراسة في الجغرافيا المناخية، رسالة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنصورة.
- ١٠- وليد عباس عبد الراضي (٢٠٠٩): التغير في بعض عناصر المناخ بدلتا النيل خلال القرن العشرين، دراسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس.

٦-٣ المراجع غير العربية:

- 1- Adegoke, O. O., & Dombo, T. P. (2019). Geospatial modeling of human thermal comfort in Akure Metropolis using Thom's discomfort index. *International Journal of Environment and Bioenergy*, 14(1), 40-55.
- 2- Ahmad, I., Tang, D., Wang, T., Wang, M., & Wagan, B. (2015). Precipitation trends over time using Mann-Kendall and spearman's rho tests in swat river basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*, 2015 .
- 3- Almazroui, M. (2013). Simulation of present and future climate of Saudi Arabia using a regional climate model (PRECIS). *International journal of climatology*, 33(9), 2247-2259.
- 4- Almazroui, M., Islam, M. N., Jones, P. D., Athar, H., & Rahman, M. A. (2012). Recent climate change in the Arabian Peninsula: seasonal rainfall and temperature climatology of Saudi Arabia for 1979-2009. *Atmospheric Research*, 111, 29-45.
- 5- Almazroui, M., Islam, M. N., Jones, P. D., Athar, H., & Rahman, M. A. (2012). Recent climate change in the Arabian Peninsula: seasonal rainfall and temperature climatology of Saudi Arabia for 1979-2009. *Atmospheric Research*, 111, 29-45.
- 6- Almazroui, M., Nazrul Islam, M., Athar, H., Jones, P. D., & Rahman, M. A. (2012). Recent climate change in the Arabian Peninsula: annual rainfall and temperature analysis of Saudi Arabia for 1978-2009. *International Journal of Climatology*, 32(6), 953-966.
- 7- AlSarmi, S., & Washington, R. (2011). Recent observed climate change over the Arabian Peninsula. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D11).
- 8- Amelung, B., & Nicholls, S. (2014). Implications of climate change for tourism in Australia. *Tourism Management*, 41, 228-244.
- 9- Anderson, T. R., Hawkins, E., & Jones, P. D. (2016). CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, 40(3), 178-187.
- 10- Assael, M. J., Kakosimos, K. E., Antoniadis, K. D., & Assael, J. A. M. (2010). Applying thermal comfort indices to investigate aspects of the climate in Greece. *International Review of Chemical Engineering*, 2(2), 204-209.
- 11- Bafaluy, D., Amengual, A., Romero, R., & Homar, V. (2014). Present and future climate resources for various types of tourism in the Bay of Palma, Spain. *Regional Environmental Change*, 14, 1995-2006
- 12- Bai, Y., Juang, J. Y., & Kondoh, A. (2011). Urban warming and urban heat islands in Taipei, Taiwan. *Groundwater and subsurface environments: Human impacts in Asian coastal cities*, 231-246.

- 13- Barnett, T. P., Pierce, D. W., AchutaRao, K. M., Gleckler, P. J., Santer, B. D., Gregory, J. M., & Washington, W. M. (2005). Penetration of human-induced warming into the world's oceans. *Science*, 309(5732), 284-287.
- 14- Bilgin, B., Bayindir, E., Demiralay, Z., Turp, M. T., An, N., & Kurnaz, M. L. (2023). Human comfort analysis for Turkey's coastal tourism in a changing climate. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-14.
- 15- Chen, Y., & Xu, Z. (2005). Plausible impact of global climate change on water resources in the Tarim River Basin. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 48, 65-73.
- 16- Chernev, L., Targino, A. C., Coraiola, G. C., & Krecl, P. (2012). Outdoor thermal comfort indices and their relation to land use over an urban area during winter time. In *XI Congresso Argentino de Meteorologia, Mendoza, Argentina*.
- 17- Cheung, C. S. C., & Hart, M. A. (2014). Climate change and thermal comfort in Hong Kong. *International journal of biometeorology*, 58, 137-148.
- 18- Christidis, N., Jones, G. S., & Stott, P. A. (2015). Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave. *Nature Climate Change*, 5(1), 46-50.
- 19- Collins, M., and Coauthors, (2013): Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, T. F. Stocker et al., Eds., Cambridge University Press, 1029–1136.
- 20- Dasari, H. P., Desamsetti, S., Langodan, S., Viswanadhapalli, Y., & Hoteit, I. (2021). Analysis of outdoor thermal discomfort over the Kingdom of Saudi Arabia. *GeoHealth*, 5(6), e2020GH000370.
- 21- de Freitas, C. R., & Grigorieva, E. A. (2015). A comprehensive catalogue and classification of human thermal climate indices. *International journal of biometeorology*, 59, 109-120.
- 22- Din, M. F. M., Lee, Y. Y., Ponraj, M., Ossen, D. R., Iwao, K., & Chelliapan, S. (2014). Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. *Journal of thermal biology*, 41, 6-15.
- 23- Domroes, M., & El-Tantawi, A. (2005). Recent temporal and spatial temperature changes in Egypt. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(1), 51-63.
- 24- Domroes, M., & El-Tantawi, A. (2005). Recent temporal and spatial temperature changes in Egypt. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(1), 51-63.
- 25- Droutsas, K. G., Kontoyiannidis, S., Balaras, C. A., Argiriou, A. A., Dascalaki, E. G., Varotsos, K. V., & Giannakopoulos, C. (2021). Climate change scenarios and their implications on the energy performance of hellenic non-residential buildings. *Sustainability*, 13(23), 13005.
- 26- El Kenawy, A. M., Lopez-Moreno, J. I., McCabe, M. F., Robaa, S. M., Domínguez-Castro, F., Peña-Gallardo, M., ... & Vicente-Serrano, S. M. (2019). Daily temperature extremes over Egypt: Spatial patterns, temporal trends, and driving forces. *Atmospheric Research*, 226, 219-239.

- 27- El Kenawy, A. M., Lopez-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., & Mekld, M. S. (2009). Temperature trends in Libya over the second half of the 20th century. *Theoretical and applied climatology*, 98, 1-8.
- 28- El Kenawy, A. M., McCabe, M. F., Vicente-Serrano, S. M., Robaa, S. M., & Lopez-Moreno, J. I. (2016). Recent changes in continentality and aridity conditions over the Middle East and North Africa region, and their association with circulation patterns. *Climate Research*, 69(1), 25-43.
- 29- El Kenawy, A., López-Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., & Abd-Elaal, M. (2010). Temperature variability along the Mediterranean Coast and its links to Large Scale Atmospheric Circulations (1957–2006). *Bull. De La Soc. De Geogr. D’Egypte*, 83, 12-26.
- 30- Elagib, N. A., & Abdu, A. S. A. (2010). Development of temperatures in the Kingdom of Bahrain from 1947 to 2005. *Theoretical and applied climatology*, 101, 269-279.
- 31- El-Nesr, M. N., Abu-Zreig, M. M., & Alazba, A. A. (2010). Temperature trends and distribution in the Arabian Peninsula. *American Journal of Environmental Sciences*, 6(2), 191-203.
- 32- El-Tantawi, A. M. (2005). Climate change in Libya and desertification of Jifara Plain. *PhD Diss., University of Johannes Gutenberg, Mainz, Germany*.
- 33- Epstein, Y., & Moran, D. S. (2006). Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial health*, 44(3), 388-398.
- 34- Fang, C. L., Bao, C., & Huang, J. C. (2007). Management implications to water resources constraint force on socio-economic system in rapid urbanization: a case study of the Hexi Corridor, NW China. *Water Resources Management*, 21, 1613-1633.
- 35- Folland CK, Karl TP, Christy JR, Clarke RA, Gruza GV, Jouzel J, Mann ME, Oerlemans J, Salinger MJ and Wang SW. 2001. Observed climate variability and change, In: Chapter 2 of climate change 2001; the scientific basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), edited by: Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., and Xiaoxu, D., Cambridge University Press, Cambridge, 99–181.
- 36- Fontaine, B., Janicot, S., & Monerie, P. A. (2013). Recent changes in air temperature, heat waves occurrences, and atmospheric circulation in Northern Africa. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(15), 8536-8552.
- 37- Gaffney, O., & Steffen, W. (2017). The anthropocene equation. *The Anthropocene Review*, 4(1), 53-61.
- 38- Giles, B. D., Balafoutis, C., & Maheras, P. (1990). Too hot for comfort: the heatwaves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*, 34, 98-104.
- 39- Gómez-Martín, M. B., Matos-Pupo, F., Bada-Díaz, R., & Escalante-Pérez, D. (2020). Assessing present and future climate conditions for beach tourism in Jardines del Rey (Cuba). *Atmosphere*, 11(12), 1295.
- 40- Hamdi, I. (2023). Integration of Geomatics Applications to Study the Dynamics of the Heat Island of Mansoura's Urban Conurbation Beni-Suef University .

- 41- Hasanean, H. M. (2004). Wintertime surface temperature in Egypt in relation to the associated atmospheric circulation. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(8), 985-999.
- 42- Hasanean, H. M., & Basset, H. A. (2006). Variability of summer temperature over Egypt. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 26(12), 1619-1634.
- 43- Houghton, J. T., Callander, B. A., & Varney, S. K. (Eds.). (1992). *Climate change 1992*. Cambridge University Press.
- 44- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Van Der Linden, P. J., Dai, X., ... & Johnson, C. A. (2001). Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Climate change 2001: The scientific basis*, 388.
- 45- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001), *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge Univ. Press, New York
- 46- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001). *Climate change: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, JT Houghton, Y Ding, DJ Griggs, M Noguer, PJ van der Linden, D Xiaosu (eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK; 944.
- 47- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change). (2007). *The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S Solomon, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, K Averyt, M Tignor, H Miller (eds). Cambridge University Press: Cambridge, UK; 996.
- 48- IPCC, A. (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*, 1535.
- 49- IPCC, C. C. (2007). *The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996(2007), 113-119.
- 50- IPCC, I. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*.
- 51- IPCC,(2013), *Climate Change 2013, Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions, Working group contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, p. 5
- 52- 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*, Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- 53- IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the 5th Assessment Report of the IPCC*; Pachauti, R.K., Meyer, L.A., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2014.

- 54- Kambezidis, H. D., Psiloglou, B. E., Varotsos, K. V., & Giannakopoulos, C. (2021). Climate change and thermal comfort in Greece. *Climate*, 9(1), 10.
- 55- Katavoutas, G., & Founda, D. (2019). Intensification of thermal risk in Mediterranean climates: evidence from the comparison of rational and simple indices. *International journal of biometeorology*, 63(9), 1251-1264.
- 56- Khomsi, K., Mahe, G., Tramblay, Y., Sinan, M., & Snoussi, M. (2016). Regional impacts of global change: seasonal trends in extreme rainfall, run-off and temperature in two contrasting regions of Morocco. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(5), 1079-1090.
- 57- Kjellstrom, T., Briggs, D., Freyberg, C., Lemke, B., Otto, M., & Hyatt, O. (2016). Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annual review of public health*, 37, 97-112.
- 58- Kong, Q., Zheng, J., Fowler, H. J., Ge, Q., & Xi, J. (2019). Climate change and summer thermal comfort in China. *Theoretical and Applied Climatology*, 137, 1077-1088.
- 59- Langner, M., Scherber, K., & Endlicher, W. R. (2013). Indoor heat stress: An assessment of human bioclimate using the UTCI in different buildings in Berlin. *DIE ERDE*, 144, 3-4.
- 60- Lelieveld, J., Proestos, Y., Hadjinicolaou, P., Tanarhte, M., Tyrlis, E., & Zittis, G. (2016). Strongly increasing heat extremes in the Middle East and North Africa (MENA) in the 21st century. *Climatic Change*, 137(1), 245-260.
- 61- Lelieveld, J., Proestos, Y., Hadjinicolaou, P., Tanarhte, M., Tyrlis, E., & Zittis, G. (2016). Strongly increasing heat extremes in the Middle East and North Africa (MENA) in the 21st century. *Climatic Change*, 137(1), 245-260.
- 62- l'environnement, A. e. p. (2005). The European environment: State and outlook 2005 (Vol. 1). European Communities.
- 63- Li, J., Song, C., Cao, L., Zhu, F., Meng, X., & Wu, J. (2011). Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China. *Remote sensing of environment*, 115(12), 3249-3263 .
- 64- Matthews, T. (2018). Humid heat and climate change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 42(3), 391-405.
- 65- Matthews, T. K., Wilby, R. L., & Murphy, C. (2017). Communicating the deadly consequences of global warming for human heat stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(15), 3861-3866.
- 66- McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. *Working Group II. Climate change*.
- 67- Mears, C. A., & Wentz, F. J. (2005). The effect of diurnal correction on satellite-derived lower tropospheric temperature. *Science*, 309(5740), 1548-1551.
- 68- Michailidou, A. V., Vlachokostas, C., & Moussiopoulos, N. (2016). Interactions between climate change and the tourism sector: Multiple-criteria decision analysis to assess mitigation and adaptation options in tourism areas. *Tourism Management*, 55, 1-12.

- 69- Nazrul Islam, M., Almazroui, M., Dambul, R., Jones, P. D., & Alamoudi, A. O. (2015). Long-term changes in seasonal temperature extremes over Saudi Arabia during 1981–2010. *International Journal of Climatology*, 35(7), 1579-1592.
- 70- Odnoletkova, N., & Patzek, T. W. (2021). Data-driven analysis of climate change in Saudi Arabia: Trends in temperature extremes and human comfort indicators. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 60(8), 1055-1070.
- 71- Paeth, H., Born, K., Girmes, R., Podzun, R., & Jacob, D. (2009). Regional climate change in tropical and northern Africa due to greenhouse forcing and land use changes. *Journal of Climate*, 22(1), 114-132.
- 72- Pantavou, K., Theoharatos, G., Mavrakis, A., & Santamouris, M. (2011). Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens. *Building and Environment*, 46(2), 339-344.
- 73- Peng, J., Xie, P., Liu, Y., & Ma, J. (2016). Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern factors: A case study in the Beijing metropolitan region. *Remote sensing of environment*, 173, 145-155.
- 74- Poupkou, A., Nastos, P., Melas, D., & Zerefos, C. (2011). Climatology of discomfort index and air quality index in a large urban mediterranean agglomeration. *Water, Air, & Soil Pollution*, 222, 163-183.
- 75- Rehman, S. (2010). Temperature and rainfall variation over Dhahran, Saudi Arabia,(1970–2006). *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 30(3), 445-449.
- 76- Rehman, S., & Al-Hadhrami, L. M. (2012). Extreme temperature trends on the west coast of Saudi Arabia.
- 77- Ren, L., Wang, M., Li, C., & Zhang, W. (2002). Impacts of human activity on river runoff in the northern area of China. *Journal of Hydrology*, 261(1-4), 204-217.
- 78- Riahi, K., Grübler, A., & Nakicenovic, N. (2007). Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technological forecasting and social change*, 74(7), 887-935.
- 79- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, 63(324), 1379-1389 .
- 80- Shahid, S. (2010). Recent trends in the climate of Bangladesh. *Climate Research*, 42(3), 185-193.
- 81- Shahid, S., Harun, S. B., & Katimon, A. (2012). Changes in diurnal temperature range in Bangladesh during the time period 1961–2008. *Atmospheric Research*, 118, 260-270.
- 82- Sheridan, S. C., & Allen, M. J. (2015). Changes in the frequency and intensity of extreme temperature events and human health concerns. *Current Climate Change Reports*, 1, 155-162.
- 83- Solomon, S. D. (2007). Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2007. (No Title).
- 84- Spagnolo, J. C., & De Dear, R. J. (2003). A human thermal climatology of subtropical Sydney. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(11), 1383-1395.

- 85- Stathopoulou, M. I., Cartalis, C., Keramitsoglou, I., & Santamouris, M. (2005, October). Thermal remote sensing of Thom's discomfort index (DI): Comparison with in-situ measurements. In *Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology V* (Vol. 5983, pp. 131-139). SPIE.
- 86- Stocker, T. (Ed.). (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge university press.
- 87- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M., Allen, S. K., Boschung, J., ... & Midgley, P. M. (2014). *Climate Change 2013: The physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC the intergovernmental panel on climate change*.
- 88- Tarawneh, Q. Y., & Chowdhury, S. (2018). Trends of climate change in Saudi Arabia: Implications on water resources. *Climate*, 6(1), 8.
- 89- Theil, H. (1950). A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Indagationes mathematicae*, 12(85), 173 .
- 90- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61.
- 91- Thomson, A. M., Calvin, K. V., Smith, S. J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., ... & Edmonds, J. A. (2011). RCP4. 5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic change*, 109, 77-94.
- 92- Trenberth, K. E., & Fasullo, J. T. (2013). An apparent hiatus in global warming?. *Earth's Future*, 1(1), 19-32.
- 93- Tselepidaki, I., Santamouris, M., Moustiris, C., & Pouloupoulou, G. (1992). Analysis of the summer discomfort index in Athens, Greece, for cooling purposes. *Energy and buildings*, 18(1), 51-56.
- 94- Van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., ... & Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change*, 109, 5-31.
- 95- Wang, F., Shao, W., Yu, H., Kan, G., He, X., Zhang, D., ... & Wang, G. (2020). Re-evaluation of the power of the mann-kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series. *Frontiers in Earth Science*, 8, 14.
- 96- Wang, F., Shao, W., Yu, H., Kan, G., He, X., Zhang, D., Ren, M., & Wang, G. (2020). Re-evaluation of the power of the mann-kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series. *Frontiers in Earth Science*, 8, 14 .
- 97- WANG, X. J., ZHANG, J. Y., WANG, G. Q., LIU, C. S., & BAO, Z. X. (2010). Climate change and water management adaptation for China. *IAHS-AISH publication*, 338, 258-259.
- 98- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 817-838 .
- 99- Zauli Sajani, S., Tibaldi, S., Scotto, F., & Lauriola, P. (2008). Bioclimatic characterisation of an urban area: a case study in Bologna (Italy). *International journal of biometeorology*, 52, 779-785.

Climate Change and its Scenarios and Their Impact on Human Comfort in Southern Egypt (1960-2022)

Wael Haready Zahran Mahran^{(*)1}

Abstract:

Climate change is considered an environmental problem that puts all countries on the alert. Under this expectation, the people of Southern Egypt suffer from serious environmental repercussions associated with high temperatures, especially during the hot periods of the year due to its location within the range of hot tropical deserts. These repercussions are exacerbated by climate changes (global warming). In this context, the Middle East and North Africa region, of which the study area is a part, is particularly vulnerable to the impacts of climate change, which have shown it more as a heat-stressed region. In light of this, the current study aims to analyze climate change through studying the change in temperature and relative humidity trends. The study also seeks to highlight the impact of climate change on the physiological comfort of people in southern Egypt. In order to achieve its objectives, the researcher relied on climate data for daily temperature (C°) and relative humidity (%) at Aswan and Luxor stations during the period (1960-2022), and their future projections for 50 years (2023-2073 AD) to calculate the change in the general trend of both temperature and relative humidity. The researcher also implemented the modified Thom's Discomfort Index (DI). Mann-Kendall Test was also used to analyze the time series of the values of temperature and relative humidity. The researcher also used the Discomfort Index during the period (1960-2022), and future projections (2023-2073).

Analysis of the change in the general trend in temperature at Aswan and Luxor stations revealed the presence of a general upward trend in all the seasons and months of the year, and it was of strong statistical significance during the period (1960-2022 AD) as it reached a maximum of (2.1°C, 1.8°C) during the summer and a minimum of (0.83°C, 1.3°C) during the winter, respectively. Relative humidity also witnessed a general upward trend in all the seasons and months of the year. At Aswan station, the maximum increase in change rates was recorded during the winter (4.34%), and the lowest (2.75%) during the summer. The opposite was true at Luxor station; the maximum change in relative humidity trends was recorded during the summer (3.91%), and the lowest (0.57%) during the winter. Based on future projections, the study pointed out that air temperature and relative humidity are expected to continue to rise during the period (2023-2073) due to global warming. The highest temperature increase will also be during the summer (1.65°C, 1.54°C), and the lowest (0.65°C, 1.01°C) during the winter at Aswan and Luxor stations, respectively. As for relative humidity, the winter season is expected to record the highest increase (3.5%) in Aswan, while the opposite is expected in Luxor, as summer is expected to witness the highest rate of change (3.91%).

^(*) Lecturer of Physical and Climatic Geography, Department of Geography and GIS, Faculty of Arts, Assiut University. **Mobile: +20-01000195741 & E-mail: dr.wael1984@yahoo.com**

The results of the study indicate that the upward trend in temperature and relative humidity in the study area was reflected in an increase in the values of the Discomfort Index and, consequently, the increased feeling of physiological discomfort among the people of the study area. The results of Mann-Kendall Test indicated that the general trend of the Discomfort Index recorded a general upward trend in its values over time with a seasonal increase at Aswan and Luxor stations that reached (0.6, 0.9), (1.2, 1.2), (1.5, 1.5), (1.1, 1.0), during the winter, spring, summer, and autumn seasons, respectively. This indicates an increased feeling of physiological discomfort among the people of Southern Egypt over time. These results are consistent with many studies, which means more discomfort for the people. These increases are more significant during the hot periods of the year, which are already very hot compared to the cold periods. Such changes could be dangerous for people in large areas of the country, and if the current trend continues in the future, human survival in the region will be difficult without constant access to air conditioners.

Key Words: Climate change, global warming, human comfort, Discomfort Index, daily temperature, relative humidity, Southern Egypt, Luxor, Aswan.