مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: علوم الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، م٢١ ع١، ص ص: ٢٨٥-٣٠٢ (٢٠١٠م/١٤٣١هـ)
DOI: 10.4197/Met. 21-1.16

تغير المناخ الدقيق لمنطقة الحرم المكي الشريف بمكة المكرمة أثناء موسم حج عام ١٤٢٨هـ (٢٠٠٧م)

عمر محمد يعقوب عنبر، ومحمود عبد الرحيم أحمد حسين

كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة،

جامعة الملك عبد العزيز- جدة، المملكة العربية السعودية

المستخلص. بدراسة التوزيع الأفقي للرطوبة النسبية لمنطقة الحرم للفترة من ١١ إلى٣١ ديسمبر، وجد أن التغير في الرطوبة النسبية داخل منطقة الحرم وخارجه لا يتعدى أكبر فرق عن ٤٪، بينما فى الأيام الأخرى يصل إلى١٪ (خلال أيام تتضمن قبل، وأثناء، وبعد الحج) أو أقل. وذلك يرجع إلى الطبيعة الجغرافية لمنطقة المسجد الحرام (طبيعة صحراوية جافة)، بالإضافة إلى الظروف الجوية (بداية فصل الشتاء)، حيث بلغت الرطوبة النسبية المقاسة بواسطة محطات الرصد الموجودة حول نطاق الحرم وخارجه أعلى قيمة لها، وهي ٧٢٪ يومي ٣٠-٣١ ديسمبر مع رياح جنوبية خفيفة، حيث بلغت سرعة الرياح من ١-٣ متر/ثانية، وأقل من ٢٠٪ خلال يومي ٢٢-٢٣ ديسمبر، حيث بلغت سرعة الرياح من ٤,٥ إلى ٧,٥ م/ث، واتجاهات الرياح السائدة جنوبية. وبتحليل درجات

الحرارة على منطقة الحرم، وجد أن أكبر فرق في درجات الحرارة المقاسة داخل الحرم وخارجه هي ٢ درجة مئوية، وذلك يعود إلى التباين الشديد فى طبيعة سطح الأرض داخل الحرم عن المناطق المحيطة به وكذلك النشاط البشري والظروف الجوية.

المقدمة

تعتمد دراسة تاثير موسم الحج على المناخ الدقيق لمنطقة الحرم المكي الشريف على دراسة التغيرات فى العناصر الجوية السائدة على المنطقة العمرانية، خاصة سرعة واتجاه الرياح، ودرجات الحرارة، والرطوبة النسبية. وحيث أن المنطقة لها طبيعة وتضاريس معقدة، بالإضافة إلى كون المنطقة دائمة الازدحام، والاكتظاظ بالسكان، والحجاج، والمعتمرين، أثناء موسم الحج والعمرة، وما يتبع ذلك من أنشطة حيوية ليلاً ونهارًا، فإن دراسة المناخ الدقيق لها يستوجب دراسة التوزيع الزماني، والمكاني لتلك العناصر خلال تلك الفترات.

البيانات والطرق المستخدمة

محطات القياس ومعايرة الأجهزة

تم تركيب تسع محطات أرصاد جوية أوتوماتيكية مصنعة بواسطة شركة نوفالينكس NovaLynx Corporation ماركة 110-WS-16 Modular Weather Station، وتتضمن جهاز قياس سرعة الرياح 200-WS-02، وجهاز قياس درجة الحرارة والرطوبة النسبية 110-WS-16TH. باستخدام أجهزة القياس السابقة تم رصد درجات الحرارة، والرطوبة، والرياح السطحية، وأخذ قياسات مستمرة على مدار ٢٤ ساعة فى مواقع مناسبة حول الحرم المكي الشريف بمكة المكرمة. وقد تم تجميع البيانات من محطات الرصد الجوي المذكورة أعلاه ابتداءً من ١ إلى ٣١ ديسمبر ٢٠٠٧ (١-٢١ ذو الحجة ١٤٢٨هـ).

تم معايرة أجهزة قياس درجات الحرارة والرطوبة النسبية المستخدمة في التجارب، وذلك بمقارنة قراءة هذه الأجهزة بجهاز اختبار حديث وجديد، موجود بمعامل قسم الأرصاد، بكلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة، لغرض معايرة الأجهزة التى تقيس درجات الحرارة والرطوبة النسبية، وله مواصفات شبيهة بمواصفات الأجهزة المستخدمة فى التجربة. وقد بلغت دقة الأجهزة بالنسبة لدرجة الحرارة ±١ درجة مئوية، بينما فى الرطوبة النسبية ±٣٪، حسب مواصفات الأجهزة المستخدمة.

بيانات الأرصاد الشبكية

تم استخدام البيانات الشبكية الابتدائية لعنصري الحرارة والرطوبة من الإدارة القومية للمناخ والمحيطات (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2008). وهذه البيانات موجودة بفاصل زمني ٦ ساعات، ودقة تحليل ٢٥ كم. وقد تم عمل تقريب لها لتصبح كل ساعة، وبدقة تحليل مكاني ٠٠ مترًا لتغطي منطقة الحرم.

الطرق المستخدمة

حساب ضغط بخار الماء

تم استخدام ضغط بخار الماء بدلا من الرطوبة النسبية، وذلك بسبب حساسية تغير ضغط بخار الماء مع درجة الحرارة، وقد تم حساب ضغط بخار الماء من الرطوبة النسبية بالمعادلة التالية:

$$E = E_s \times RH / 100 \qquad (1)$$

حيث Eضغط بخار الماء، وEs ضغط بخار الماءالمشبع، وT درجة حرارة الهواء (K).

$$E_s = EXP^{(77.345+0.0057\,T-\frac{7235}{T})} / (T^{8.2}) \qquad (2)$$

تصحيح البيانات الابتدائية باستخدام البيانات المقاسة

تمت دراسة التوزيع المكاني للحرارة والرطوبة لمنطقة الحرم، لمعرفة تأثير النشاط البشري للحجاج على طقس منطقة الحرم، وذلك باستخدام طريقة كريسمان (Cressman, 1959)، وبارنز (Barnes, 1964) للتحليل الأفقي لعنصر ما، وتعتمد الطريقة على فكرة تصحيح البيانات الابتدائية لذلك العنصر (على سبيل المثال: متوسطات ذلك العنصر اليومية أو النواتج الساعية لنماذج الأرصاد العددية) والموجودة على نقاط شبكية، باستخدام بيانات مقاسة بواسطة محطات القياس، والغير منتظمة التوزيع عن طريق عمل تقريب خطي، باستخدام دوال من الدرجة الأولى لحساب القيمة الابتدائية لذلك العنصر عند المحطات المختلفة، فى نطاق نصف دائرة يتحدد نصف قطرها بناءً على كثافة المحطات، ومدى تأثر العنصر ببعد المحطة عن النقاط الشبكية. ويقل نصف القطر كلما زاد عدد محطات القياس والعكس صحيح. وبعد حساب القيمة الابتدائية للمحطة، يتم حساب الخطأ، ثم يضاف هذا الخطأ مرة أخرى إلى النقاط الشبكية، وذلك لكل محطة على حدة، ثم يعاد تكرار ذلك لعدة مرات حتى نحصل على أقل خطأ يتم تحديده مسبقًا.

حساب المؤشر اليومي والساعي للحرارة والرطوبة

وقد تم حساب المؤشر اليومي والساعي (أثناء مواقيت الصلاة) لعنصري الحرارة والرطوبة، والذى يعبر عنه بقيمة المتوسط اليومي للعنصر مقسوما على متوسط العنصر، خلال فترة الدراسة من ١١ إلى ٣١ ديسمبر. ويعطي المؤشر فكرة عما إذا كانت التوزيعات المكانية للرطوبة أو الحرارة خلال فترة زمنية معينة تأخذ قيمًا نسبية أكبر أو أقل من المتوسط.

$$Index\ \ (T, RH) = \frac{Daily\ \ mean\ \ (T, RH)}{Mean\ \ (T, RH)} \qquad (3)$$

وقد تم حساب المتوسطات اليومية من بداية الساعة ٠٠٠٠ إلى ٢٣٠٠.

الهدف من البحث

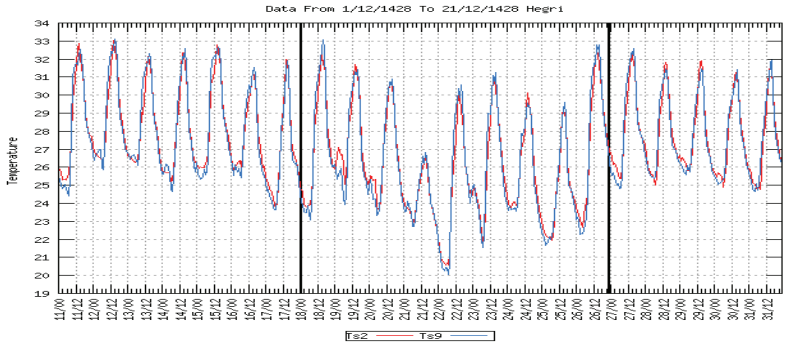
من المعلوم أن الفترة من ٢٨ ذي القعدة وحتى ٢٢ ذي الحجة هي فترة تواجد الحجاج فى مكة المكرمة (أكثر من ٢ مليون حاج)، وإن منطقة الحرم المكي الشريف تشهد فى هذه الفترات اكتظاظًا وازدحاما شديدين، وخاصة في الفترة من ٦ ذي الحجة وحتى ١٥ من ذي الحجة، حيث يشتد الزحام حول بيت الله الحرام، مما قد يؤثر تأثيرا مباشرا على المناخ الدقيق لمنطقة الحرم، وبالأخص خلال تواجد الحجيج. والهدف من البحث هو أن نقرر ما إذا كان هنالك فروق فى قيم درجات الحرارة والرطوبة للمحطات التى تقع بالقرب من الوجود البشرى المكثف، وقيم درجات الحرارة والرطوبة للمحطات التى تقع بعيدًا عن ذلك الزحام، أم أنها لم تكن متأثرة بوجودهم، وهل هناك أسبابا أخرى لتغير المناخ الدقيق لمنطقة الحرم المكي؟

النتائج والمناقشة

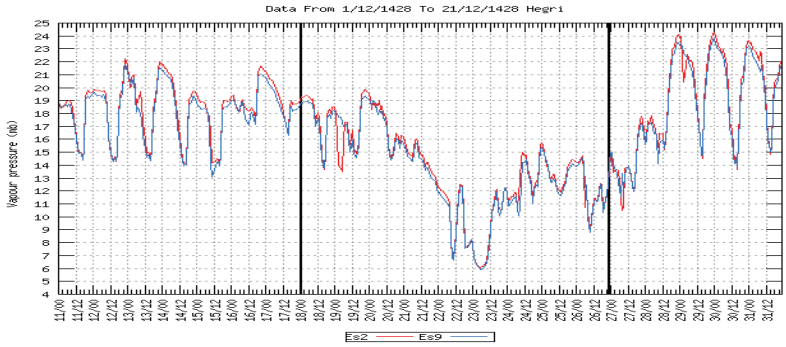
تحليل البيانات المقاسة

قبل أن نستعرض بيانات محطات الأرصاد الجوية التفصيلية يومًا بيوم، لابد لنا من النظر إلى جميع الأيام مجتمعة، وذلك لمعرفة التباين والتغيرات فى عناصر الأرصاد الجوية (درجتي الحرارة والرطوبة، وسرعة الرياح)، وكذلك لمعرفة الصورة العامة التى تكون عليها عناصر الأرصاد الجوية في الفترة من ١-٢١ من ذي الحجة ١٤٢٨هـ لدرجات حرارة الهواء (°C) وضغط بخار الماء (mb) وسرعة الرياح (m/sec) للمحطات المختلفة.

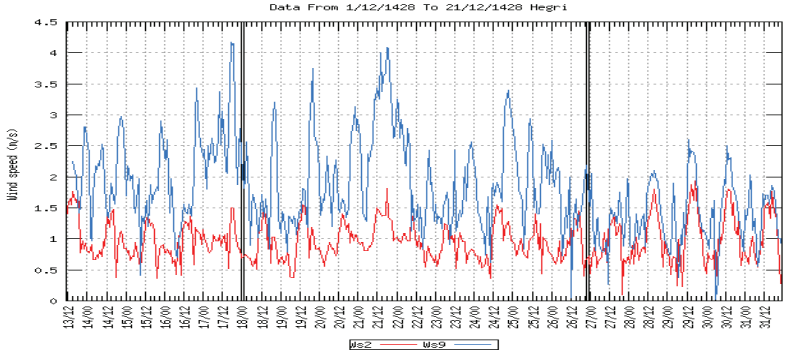
ويوضح شكل ١(أ) التذبذب الطبيعي والدورة اليومية الطبيعية لدرجات الحرارة على محطتين من محطات القياس، حيث تراوح متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى ٣٢° و٢٦°. ويعتبر التغير اليومي طفيفًا حتى يوم



(أ)



(ب)



(ج)

شكل ١. التغير الساعي لكل من أ- درجة الحرارة (T) ب- ضغط بخار الماء (E)، ج- سرعة الرياح (W) على محطتين من محطات القياس (S2,S9) خلال الفترة من ١٣-٣١ ديسمبر ٢٠٠٧م (فترة الحج محددة بخط رأسي).

٢١ ديسمبر ٢٠٠٧م (١١ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)، والذي حدث فيه تناقص في درجة الحرارة بصورة واضحة. حيث انخفضت درجة الحرارة على بعض المحطات من ٣٠°م يوم ٢٠ ديسمبر إلى ٢٥°م يوم ٢١ ديسمبر. وكذلك ضغط بخار الماء (الرطوبة)، فقد انخفض بشكل سريع إلى ٥,٨ ملليبار، ومتوسط ضغط بخار الماء فى فترة الظهيرة لا يزيد فى المتوسط عن ١٤ ملليبار خلال الفترة من١١ إلى ٢٠ ديسمبر (شكل ١- ب). ويمكن تفسير ذلك بدخول هواء بارد وجاف قادمًا من الصحراء باتجاه جنوبي إلى جنوبي شرقي، بسبب المرتفع الجوي الأوروبي الذي تعمق إلى داخل المملكة بشكل واضح يوم ٢٣ ديسمبر ٢٠٠٧م (عنبر، وآخرون، ٢٠٠٩م) وسيأتى تفسير ذلك بالتفصيل.

عناصر المناخ الدقيق قبل الاكتظاظ البشرى للحج

حتى نستطيع معرفة السبب فى تباين درجات الحرارة وكذلك الرطوبة فى فترة الحج لعام ١٤٢٨هـ، وهل هذا التباين ناتج من الاكتظاظ البشري أم نتج عن عامل آخر، تم أخذ عدد من الأيام يكون فيها الاكتظاظ ضعيفًا، وعدد من الأيام يكون فيها الاكتظاظ شديدًا. فاعتبرت أيام ١، و٢، و٣، و٢٠من شهر ذي الحجة أيام الاكتظاظ البشري الضعيف، بينما تم اعتبار الأيام من ٦ وحتى ١٣ من نفس الشهر أيام اكتظاظ شديد. وبالنظر لشكل ١ (ب)، يتضح أن درجات الحرارة، وضغط بخار الماء تأخذ الشكل الطبيعي للذبذبة اليومية على جميع المحطات للأيام الثلاثة الأولى من شهر ذى الحجة، حيث أن درجات الحرارة تأخذ قيمًا عظمى عند الظهر، وقيمًا صغرى أثناء الليل مع ملاحظة أنه يوجد فرق من درجة إلى اثنتين أثناء الظهيرة، ويرجع ذلك إلى النشاط البشري (حركة المركبات، وأجهزة التكييف، وتكتلات من البنايات الشاهقة) أثناء النهار، ويقل هذا الفرق أثناء الليل. أما بالنسبة لضغط بخار الماء، فهو يزداد أثناء الليل ويقل أثناء النهار. ويبدو الفرق ضعيفًا جدًا في ضغط بخار الماء،

حيث يتراوح مابين واحد إلى اثني مليبار يومي ١٣ و١٤ ديسمبر (٣ و٤ ذي الحجة ١٤٢٨هـ). وهذا قد يعود بالدرجة الأولى لقلة وجود الحجيج بالقرب من المحطات والمناخ الجاف للمنطقة. وكذلك يظهر نفس الأمر لمنحنيات الحرارة، وضغط بخار الماء ليوم ٢١ من ذي الحجة.

عناصر المناخ الدقيق أثناء فترة الاكتظاظ

كما سبق ذكره، فقد تم اعتبار الأيام من ٦-١٣ ذو الحجة أيامًا ذات اكتظاظ شديد. وبنظرة عامة أولية للشكل ١، يتضح أن قيم درجات الحرارة والرطوبة للأيام التى يحصل فيها اكتظاظًا للحجيج تكون غير منتظمة ومرتفعة، كما يلاحظ اختلافات واضحة فى درجات الحرارة، بينما نرى تباينًا فى قيم ضغط بخار الماء. ربما يرجع ذلك إلى الاكتظاظ والنشاط البشري (من استخدام المواصلات كالسيارات، واستخدام المياه للشرب والغسل، وغير ذلك) حول معظم المحطات السطحية. وسنوضح فيما يلي تغير درجات الحرارة و ضغط بخار الماء لكل يوم من أيام موسم الحج بالتفصيل:

يوم ١٦ و١٧ ديسمبر٢٠٠٧م (٦ و٧ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)

التغير الملحوظ خلال يومي ١٦ و١٧ ديسمبر هو فى ضغط بخار الماء، حيث لم يسجل قيمة صغرى كتغير طبيعي أثناء الظهيرة. ويدل ذلك على تأثير النشاط البشري بسبب تجمع أعداد بشرية هائلة للاجتماع ثم الرحيل إلى منى إيذانًا ببدء الحج من خلال الأنفاق، أو مشيًا على الأقدام، أو بحثًا عن مواصلات والبدء بالحج وقضاء صبيحة اليوم التالى بمنى.

يوم ١٨ ديسمبر٢٠٠٧م (٨ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)

ويتضح من الشكل ١(أ) أن درجة الحرارة لم تتأثر كثيرًا، بينما ضغط بخار الماء لم يتاثر من بداية اليوم حتى الظهيرة، وقد انخفض من بعد الظهر

وحتى يوم ٢٠ ديسمبر. ويفسر ذلك بعدم وجود اكتظاظ بشري، وقلة كثافة السيارات طوال اليومين، وذلك لأن معظم الحجاج يقضون هذا اليوم وهو يوم التروية بمنى.

يوم ١٩ ديسمبر ٢٠٠٧م (٩ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)

يتميز يوم ٩ ذو الحجة ١٤٢٨هـ عن الأيام الأخرى، حيث تظهر درجات الحرارة أقل قليلا عن اليومين السابقين، ومن ناحية أخرى ظهرت الرطوبة غير منتظمة لجميع المحطات المتبقية. وربما يفسر بالتحرك السريع للناس من جميع نواحي الحرم المكي الشريف نحو عرفات، واللحاق بالحجيج والاجتماع معهم قبيل الظهر وحتى الغروب.

يوم ٢٠ ديسمبر٢٠٠٧م (١٠ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)

يتضح من الشكل ١(أ) ثبوت درجات حرارة الهواء بدون حدوث أى تغير غير عادي. أما بالنسبة لضغط بخار الماء، فقد استمر في وضعه الطبيعي على جميع المحطات بقيمة متوسطة ١٥ ملليبار، وحتى الغروب. ثم بدأ بالارتفاع، وحتى ظهر اليوم التالى ١١ ذو الحجة ١٤٢٨هـ بمقدار ٣ ملليبار تقريبًا. وقد يعزى هذا إلى عودة الاكتظاظ، حيث يبدأ الحجاج في الوصول إلى منطقة الحرم وأداء طواف الإفاضة.

يوم ٢١ ديسمبر٢٠٠٧م (١١ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)

يمكن أن نلاحظ من الشكل ١(أ) انخفاضًا فى درجات حرارة الهواء بقيم مختلفة، من ثلاث إلى خمس درجات مئوية (سجل هذا الانخفاض على جميع المحطات، ويتم عرضه للمحطتين رقم ٢ و٩ للتوضيح) مع نشاط الرياح، وكذلك حدوث انخفاض كبير فى ضغط بخار الماء، وصل إلى أكثر من عشرة ملليبار. وترجع هذه التغيرات إلى تأثر المملكة بمرتفع جوي أدى إلى جلب هواء جاف وبارد يوم ٢١ ديسمبر ٢٠٠٧م (١١ ذو الحجة ١٤٢٨هـ).

ويوضح شكل ١(أ) ارتفاعًا في درجات حرارة الهواء يوم ٢٢ ديسمبر عن اليوم السابق بمقدار يتراوح ما بين ٢ و ٣°م، مع استمرار زيادة الرطوبة التى تظهرها محطتي ٦ و٨ بمقدار يتراوح من ٣ ملليبار في الصباح إلى٨ ملليبار قبيل الظهر شكل١(ب). وبصفة عامة، حدثت زيادة فى ضغط بخار الماء بالتزامن مع رجوع وفود الحجيج بعد رمي الجمرات، ويوضح الشكل التذبذب أكثر من بقية الأيام. وقد يكون السبب هو انتشار الحجاج في جميع أنحاء مكة حول الحرم المكي الشريف خصوصًا المتعجلين منهم.

يوم٢٣ ديسمبر٢٠٠٧م (١٣ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)

يوضح الشكل ١(أ، ب) ارتفاعًا بسيطًا فى درجات الحرارة، وبقاء ضغط بخار الماء مرتفعًا نسبيا أثناء الظهيرة، وتذبذبه غير الطبيعي حتى منتصف الليل بسبب تواجد الحجاج. وعلى وجه العموم، يتضح مما سبق وجود سببين رئيسيين فى حدوث تغير في المناخ المحلي: أولهما نشاط الحجيج، ويتضح ذلك من الفروق الواضحة في درجات الحرارة أثناء فترات النهار(المواصلات)، وتقل هذة الفروق أثناء الليل، أما بالنسبة لضغط بخار الماء، فقد سجل زيادة في أوقات الظهيرة على عكس المعتاد، وذلك بسبب تجمع الحجيج. أما السبب الثاني، فهو حدوث تغيرات ناتجة من الأوضاع السيونبتيكية السائدة نتيجة تأثر المملكة بمرتفع جوي أدى إلى جلب هواء بارد مع انخفاض ضغط بخار الماء.

تاثير الظروف الجوية السائدة خلال فترة الدراسة

من النتائج السابقة وبالإضافة لتأثير الازدحام والاكتظاظ للحجيج على عناصر الأرصاد الجوية من درجة حرارة ورطوبة، نحاول توضيح تأثير الحالة السينوبتيكية السائدة فى فترة الحج على عناصر الأرصاد الجوية. وكما يتضح من دراسة عنبر وآخرون (٢٠٠٩م)، أن هناك انخفاضًا فى درجة الحرارة يوم ٢١ ديسمبر ٢٠٠٧م (١١ ذو الحجة)، ويرجع السبب فى ذلك إلى تأثير مرتفع

جوي أوروبي يأتي بهواء بارد شمالي إلي المنطقة (شمال المملكة وغربها تقريبًا، بخلاف الأيام السابقة من ١١ إلى ٢٠ ديسمبر٢٠٠٧م (من١ حتى ١٠ ذو الحجة)، حيث أن درجات الحرارة القصوى سجلت قيمًا فى حدود ٣٠°م، لتأثر المنطقة الغربية من المملكة بمنخفض السودان. ويستمر تأثير المرتفع الجوي الأوروبي في تعمقه، ومن ثم امتداده إلى داخل المملكة حتى يوم ٢٦ ديسمبر ٢٠٠٧م (١٦ ذو الحجة). ومن الواضح أيضًا أن ضغط بخار الماء (الرطوبة) قد انخفض بشكل سريع طيلة الأيام ابتداءً من ٢٠ إلى ٢٨ ديسمبر (من١١ ذو الحجة إلى ١٨ ذو الحجة) بسبب هبوب الرياح الجنوبية الشرقية الجافة القادمة من الصحراء (عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م). وكانت أقل قيمة لها هى ٥,٨ ملليبار يوم ٢٣ ديسمبر ٢٠٠٧م (١٣ ذو الحجة) وهو اليوم الذى تعمق فيه المرتفع الجوي إلى داخل المملكة (شكل ١).

التحليل الأفقي لعناصر المناخ الدقيق

تم استخدام البيانات الأولية للحرارة والرطوبة بعد عمل التصحيحات اللازمة لها، باستخدام البيانات المقاسة بواسطة المحطات فى حدود نصف قطر دائرة قطرها ٠٠ متر، مع تكرار التصحيح ٨ مرات فى كل خطوة زمنية (ساعة)، حتى تم الحصول على أقل نسبة خطأ. وقد تم تقسيم فترة الدراسة على ثلاث مراحل: قبل موسم الحج (١١-١٩ ديسمبر٢٠٠٧ الموافق ١-٩ ذو الحجة ١٤٢٨هـ)، وأثنائه (٢٠-٢٤ ديسمبر الموافق١٠-١٤ ذو الحجة) وبعد الحج (٢٥-٣١ ديسمبرالموافق ١٥-٢١ ذو الحجة).

ويجب ملاحظة أنه مايهمنا أولا بالنسبة لدراسة التوزيع الحراري، هو شدة التدرج داخل وخارج منطقة الحرم، وليس قيمة المؤشر. وذلك يرجع إلى عاملين هما: التكيف داخل الحرم، وبياض أرضية الحرم (معامل انعكاس كبير للإشعاع الشمسي). وكلا العاملان يعملان على تقليل درجات الحرارة داخل الحرم، وهو

تأثير معاكس لارتفاع الحرارة من المصادر البشرية. وكذلك من الممكن حدوث ارتفاع طبيعي لدرجة الحرارة خلال يوم معين نتيجة الظروف الجوية، مما يعطي نسبًا أكبر للمؤشر ليس لها علاقة بالنشاط البشري داخل الحرم. أما بالنسبة للرطوبة فيهمنا الاثنان: التدرج والقيمة، لأن المصدر المؤثر هو الحجاج.

التوزيع الأفقي للمؤشر الحراري

قبل الحج

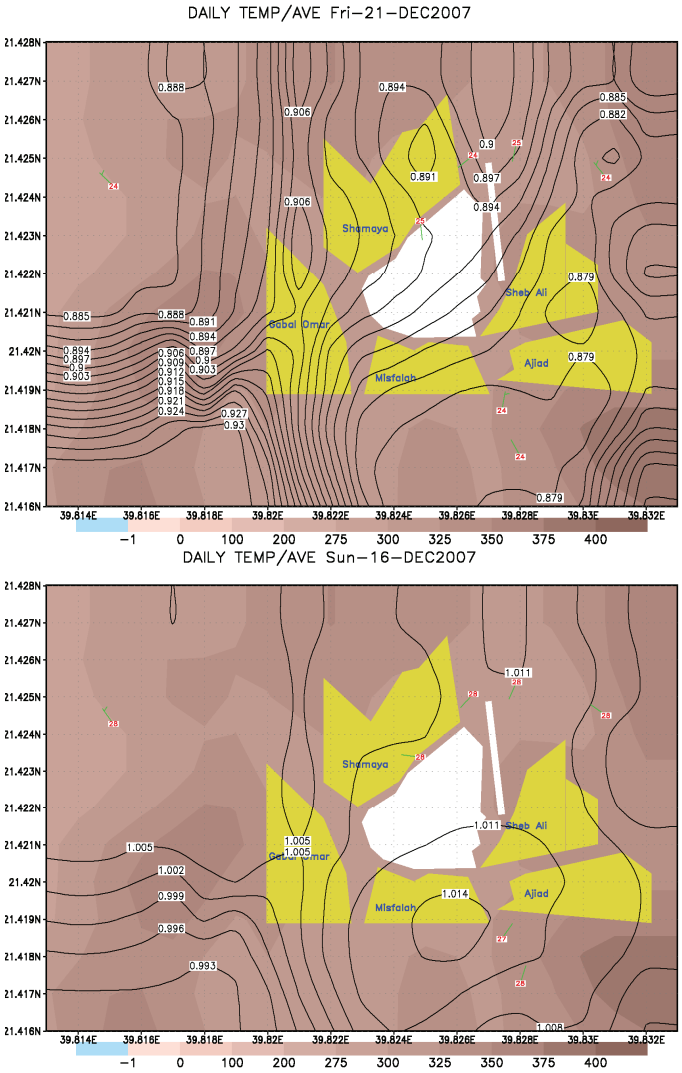
يوضح شكل ٢ والدراسة التي قام بها عنبر، وآخرون (٢٠٠٩ م) مؤشر التوزيع الحراري داخل الحرم والمناطق المحيطة بها، وجود تدرج حراري عالي للمؤشر فى ثلاث مناطق، هي: أماكن التلال المحيطة بالحرم (جبل عمر، ومنطقة الشمال) والتي تأخذ شكل خطوط الارتفاعات أو تضاريس تلك المنطقة، وكذلك وجود منطقة تعتبر أسخن نسبيًا وهي المسفلة، وشعب عامر (عنبر، وآخرون ٢٠٠٩م)، حيث يتضح تأثير التسخين الناتج من المباني (تأثير إشعاعي) بسبب النشاط البشري أيام ١٢ و١٥ و١٦ و١٨ ديسمبر (نشاط حيوي وسيارات)، ويأخذ المؤشر قيمًا أقل من حيث القيمة والتدرج داخل الحرم، وذلك بسبب تأثير التبريد الناتج من أجهزة التكييف، وكذلك التبريد الناتج بسبب طبيعة أرضية الحرم البيضاء ذات الانعكاسية العالية للإشعاع الشمسي. ويتأثر التدرج الحراري بالنشاط البشري والحالة الجوية (سرعة الرياح، وكمية السحب)، ويتضح ذلك من دراسة صورة القمر الصناعى MODIS (عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م) خلال يومي ١٥ و١٦ ديسمبر، حيث تظهر السحب الركامية يوم ١٦ على الساحل الغربي للمملكة وكذلك مكة، بينما يوم ١٥ يعتبر يومًا صافيًا. وتوضح دراسة عنبر، وآخرون (٢٠٠٩م) سرعة واتجاه الرياح السائدة على مدينة مكة، حيث زاد قليلا متوسط الرياح فى يوم ١٦ عن ١٥ ديسمبر، بينما

اتجاهات الرياح اليومية تقريبًا متشابهة،وهى شمالية شرقية ليلا، وجنوبية غربية نهارًا، حيث يأخذ المؤشر الحراري يوم ١٥ قيمًا وتدرجًا أعلى من يوم ١٦.

وتوضح دراسة عنبر، وآخرون (٢٠٠٩م) أن يومي ١٧ و١٨ مثال آخر ليومين متتاليين فيهما سماء صافية، مع نفس الظروف الجوية من سرعة واتجاه الرياح، حيث تكون الرياح متغيرة الاتجاه يومي ١٧ و١٨. فهي شمالية إلى شمالية شرقية نهارًا، وجنوبية غربية ليلاً، بينما سرعة الرياح يوم ١٧ أعلى قليلا، ولذلك نجد اختلافًا طفيفًا فى تدرج المؤشر وقيمته، فمثلا داخل الحرم يأخذ المؤشر يوم ١٧ قيمة ٠,٩٧٥، أما يوم ١٨ فقيمته ٠,٩٨٧.

أثناء الحج

بدراسة التوزيع الأفقي لمؤشر الحرارة خلال الفترة ١٩-٢٤ (٩-١٤ ذو الحجة)، فيوضح الشكل ٢ والدراسة التي قام بها عنبر، وآخرون (٢٠٠٩م) أن الاختلاف فى تدرج المؤشر الحراري داخل المسجد الحرام فقط من ٢١ إلى ٢٣ ديسمبر، بينما الأيام ١٩ و٢٠ و٢٤ ديسمبر لا تختلف عن الأيام السابقة للحج (وقفة عرفات)، حيث الحجاج فى عرفات، وكذلك يوم النحر. ولكن الاختلاف فقط فى تدرج المؤشر الحراري خارج المسجد، وذلك بسبب ظهور السحب بكميات أكبر فى يوم ٢٠ ديسمبر عن يوم ١٦ ديسمبر، بينما متوسط سرعة واتجاه الرياح لا يوجد تقريبًا اختلافًا فيها (عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م). أما ثانى، وثالث، ورابع أيام التشريق حيث طواف الإفاضة والوداع، فيظهر ذلك واضحًا فى تدرج المؤشرالحراري داخل منطقة الحرم، والمسجد الحرام، والمسعى حيث زاد التدرج من٠,٨٨٢ إلى ٠,٩٠٠، ويناظر من ٦ إلى ٨ خطوط، أى من ثلاثة إلى أربعة أضعاف الخطوط، واتجاه التدرج من داخل المسجد الحرام إلى الخارج (من أعلى إلى أقل درجة حرارة)، وذلك بسبب زيادة الحرارة الناتجة من الحجاج عن معدل التبريد من أجهزة التكييف والعوامل الجوية (ظهور السحب وزيادة سرعة الرياح يوم ٢٢ ديسمبر).



شكل ٢. التوزيع الأفقي لمؤشر الحرارة اليومي قبل وأثناء الحج لمنطقة الحرم المكي الشريف (خطوط سوداء بفاصل ثابت ٠,٠٠٣) وكذلك ارتفاع التضاريس بالمتر (اللون البنى المظلل). وتظهر منطقة المسجد الحرام والمسعى باللون الأبيض، بينما المناطق المحيطة باللون الأصفر. المتوسطات اليومية لدرجة الحرارة (درجة مئوية) المقاسة بواسطة المحطات تأخذ اللون الأحمر، وسرعة واتجاه الرياح (عقدة) اللون الأخضر.

وقد تميز يوما ٢٣ و٢٤ ديسمبر بعدم وجود سحب، وهذا يوضحه شدة التدرج فى يومي ٢٣ و٢٤، وخصوصًا حول التلال المحيطة بالمسجد الحرام. ولكن سرعة الرياح كانت أعلى من الأيام السابقة، حيث بلغت من ٥ إلى ٧ م/ث، وهذا يعمل على تقليل الانحدار الحراري بسبب التبريد الأسرع لسطح الأرض. إلا أن زيادة الحرارة الناتجة من تواجد الحجيج عملت على زيادة التدرج داخل منطقة المسجد الحرام. ويوضح يوم ٢٤ عودة التوزيع الأفقي للحرارة كالأيام السابقة للحج، إلا أن سرعة الرياح فى ذلك اليوم كانت من ٤ إلى٥م/ث، فعملت على تقليل بسيط من انحدار المؤشر الحراري.

بعد الحج

وقد تميزت تلك الفترة من ٢٦ إلى ٣١ ديسمبر بسماء صافية وسرعة رياح متوسطة من ٣ إلى ٤م/ث (عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م)، كما لم يكن هناك اختلاف فى أشكال التوزيع الحراري عن تلك التى قبل الحج، باستثناء يوم ٢٨ و٣١ ديسمبر وهما يوما الجمعة والإثنين، حيث الكثافة البشرية أكثر والنشاط أعلى، والذى يظهر في مؤشر تدرج حراري أعلى قليلا ويناظر من أربعة إلى خمسة خطوط داخل منطقة الحرم.

التوزيع الأفقي لدرجات الحرارة

بتحليل درجات الحرارة على منطقة الحرم للفترة من ١١ إلى ٣١ ديسمبر، وجد أن أكبر فرق فى درجات الحرارة المقاسة داخل الحرم وخارجه كان درجتين مئويتين (تقريبا درجة واحدة مئوية لكل كم) لأوقات مختلفة (عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م)، بينما الفرق خلال الأيام الأخرى كان أقل من أو يساوي درجة واحدة. ويعتبر الفرق فى درجة الحرارة داخل الحرم (درجتان مئويتان) قيمة كبيرة بالنسبة للتدرج الطبيعي، ففي حالة مرور الجبهات الباردة تكون ١٢

درجة مئوية لكل ٥٠ كم، وفى حالة الجبهات الساخنة تكون ١٢ درجة مئوية لكل ٤٠٠ كم، أما فى الوضع العادى فهي درجتان لكل ١٠٠م.

التوزيع الأفقي للرطوبة

بدراسة التوزيع الأفقي للرطوبة النسبية لمنطقة الحرم للفترة من ١١ إلى ٣١ ديسمبر، وجد أن التغير فى الرطوبة النسبية داخل منطقة الحرم وخارجه لا يتعدى ٤٪. وتبين الدراسة التي قام بها عنبر، وآخرون (٢٠٠٩م) رسوم التوزيع الأفقي لمؤشر الرطوبة الساعي واليومي قبل الحج، وأثناء الحج، وبعد الحج لمنطقة الحرم المكي الشريف، بينما فى الأيام الأخرى يصل إلى ١٪ (خلال أيام تتضمن قبل وأثناء وبعد الحج) أو أقل، وذلك يرجع إلى الطبيعة الجغرافية لمنطقة المسجد الحرام (طبيعية صحراوية جافة). بالإضافة إلى الظروف الجوية (بداية فصل الشتاء)، حيث بلغت الرطوبة النسبية المقاسة بواسطة محطات الرصد الموجودة حول نطاق الحرم وخارجه أعلى قيمة لها وهى ٧٢٪ في يومي ٣٠-٣١ ديسمبر مع رياح جنوبية خفيفة حيث بلغت سرعة الرياح من ١-٣ متر/ثانية، وأقل من ٢٠٪ خلال يومي ٢٢-٢٣ ديسمبر، حيث بلغت سرعة الرياح من ٤,٥ إلى ٧,٥ م/ث، واتجاهات الرياح السائدة جنوبية (عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م). وبتحليل المتوسطات اليومية للرطوبة أيام ١٧، و١٩، و٢١ والتي سجلت أعلى فرق فى نسبة للرطوبة من ٢ إلى٤ ٪، وكذلك المؤشر الساعي للرطوبة النسبية (أثناء أوقات الصلاة) للأيام ١٧-٢٢، والتي سجلت أعلى تدرج للرطوبة وبلغ الفرق بين القيمة المسجلة لبعض المحطات داخل منطقة الحرم وخارجه ٦٪ (٢١ديسمبر عصرًا) وكانت تلك الأيام أيام جمعة و أيام التشريق (أول، وثانى، وثالث أيام التشريق). و بالرغم من زيادة كثافة

الحجاج خلال أيام التشريق، إلا أن الرطوبة النسبية داخل منطقة الحرم وخارجها لم تتأثر زيادة مؤثرة بسبب الطبيعة الجغرافية، والظروف الجوية، بالإضافة إلى طبيعية بخار الماء، حيث أنه أقل كثافة من الهواء فيتصاعد إلى أعلى. أما فى الأيام الأخرى (١٧، و١٨، و١٩) كان الجو أكثر استقرارا مع هدوء نسبي للرياح مما ساعد على زيادة الرطوبة النسبية داخل الحرم.

الشكر

يتقدم الباحثان بالشكر إلى مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالرياض، لدعمها البحث الأساسي، حيث أن هذه المقالة جزء مطلوب نشره من البحث(عنبر وآخرون، ٢٠٠٩م).

المراجع

المراجع العربية

عنبر، عمر؛ ومشاط، عبد الوهاب؛ والعمودى، أحمد؛ ومكى، أحمد (٢٠٠٩) *التغيير الموسمي للمناخ الدقيق لمنطقة الحرم المكي الشريف بمكة المكرمة، وتبادل التغيرات فى المناخ الدقيق على راحة السكان.* التقرير الرابع، مدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالرياض، ٦٥ص.

المراجع الأجنبية

Barnes, S. L. (1964) A technique for maxmizing details in numerical weather map analysis. *J. App. Meteorol*., **3**: 396-406.

Cressman, G. P. (1959) An operational objective analysis system, *Mo. Wea Rev.,* **87**: 367-374.

IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.. (Ed.): *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Cambridge University Press, Cambridge, U.K., pp. 976.

National Oceanic and Atmospheric Administration (2008) National Weather Service. Available at: http://www.weather.gov/pub/data

Micrometeorological Changes in the Haram Area at Makkah during Haj 1428H (2007G)

O. M. Y. Anbar and **M. A. A. Hussein**

Faculty of *Meteorology*, *Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia*

Abstract. By studying a horizontal distribution of relative humidity of the Haram area between December 11th and 31st (including days before, during and after Haj period), it was found that the changes in humidity inside and outside the Haram area did not exceed 4% for the same period, while on other days the difference between inside and outside the Haram area was 1%. The reason for these differences might be referred to the natural geography of the Haram area (very dry desert nature), as well as, weather conditions (starting winter season). All the stations around Haram showed that the humidity measurements attained its highest value of 72% on both 30th and 31st December and with southerly winds between 1-3ms^{-2}, while lower values of 20% were measured on both 22nd and 23rd December with southerly winds between 4.5-7.5ms^{-2}. After analysing the air temperature measurements for the Haram area, a large difference in air temperature inside the Haram and outside area was found (2˚C). This is probably because of the extreme difference in the nature of the ground surfaces inside Haram and the area around, in addition to human activity and weather conditions.