

التنبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة  
المحاكاة (*Simulation*)

د. سلام عبد الوهاب خليل

---

التنبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

---

التنبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة

باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

د. سلام عبد الوهاب خليل •

المقدمة:

درجات الحرارة عموماً تتأثر بعدد من العوامل منها التغيرات اليومية، الأرتفاع عن

سطح البحر، الموقع، التغيرات الفصلية، الرياح، بخار الماء في الجو [2]، [5]، [6].

درجة حرارة سطح التربة هي حصيلة اشعاعات عدة هي الاشعاع الشمسي المباشر،

الاشعاع الجوي الذاتي، الاشعاع التناثري، الاشعة المنعكسه و الالبيدو الارضي، الاشعاع

الارضي، الحرارة الكامنة [11]..

اهم هذه الاشعاعات هو الاشعاع الشمسي، ويعتمد وصول الاشعة الشمسية الحرارية

لسطح التربة على صفاء الغلاف الجوي و الذي يتوقف بدوره على الغبار الجوي وبخار الماء

والدقائق العالقة المختلفة، زاوية الاشعة الشمسية، مدة السطوع الشمسي، سمك الغلاف

الجوي والثابت الشمسي [3].

مقدار الاشعاع الشمسي الذي يصل إلى بقعة من سطح الارض يتغير تبعاً لزاوية ميل

اشعة الشمس و المسافة بين الشمس وهذه البقعة [11].

عندما تسقط اشعة الشمس على سطح الارض فإن درجة حرارة السطح سوف ترتفع،

هذا الارتفاع يتوقف على عوامل عدة منها لون سطح التربة، كمية الرطوبة في التربة، شكل

حببيات التربة والفجوات بينها [5]، [13].

التنبؤ بدرجات الحرارة لسطح التربة يتم إما بالطرائق التقليدية والتي يتم من خلالها

رسم خطوط تساوي ضغط درجات الحرارة و الرياح.....الخ، ودراسة الخرائط

الساينوبتيكية وكذلك حركة المنخفضات والمرتفعات الجوية و الجبهات الهوائية، أو بالطرائق

---

• أستاذ بكلية العلوم البيئية والأحياء البحرية-جامعة حضرموت للعلوم والتكنولوجيا

الحديثة حيث يتم استخدام برامج حاسوبية متطورة لمعرفة ما ستؤول إليه درجات الحرارة السطحية من خلال شبكه من النقاط وهو ما يطلق عليه بالطرائق العددية في التنبؤات الجوية. أهداف البحث.

البحث هو مدخل بسيط في استخدام الطرائق العددية في التنبؤات الجوية و بالتحديد للتنبؤ العددي عن درجة حرارة سطح التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)، وكذلك دراسة تأثير بعض المتغيرات على القيم التنبؤية. مواد وطرائق العمل.

تم اعتماد طريقة المحاكاة (Simulation) في توزيع قيم درجات الحرارة السطحية على شبكة النقاط العددية حيث اعطيت قيم (فرضية) ابتدائية لكل نقطة من هذه النقاط خلال ساعات اليوم الواحد معتبرين ان التغير في القيم يكون على شكل موجة جيئية حيث القيمة العظمى الساعة الثانية بعد الظهر (توقيت محلي) و القيمة الصغرى الرابعة فجراً (توقيت محلي).

تم اعطاء قيم للتوابت الخاصة بالمعادلات المستخدمة وكذلك اعطاء قيم للمتغيرات اعتماداً على بحث قدمه (Deadorff) ..... [10].

تم تصميم برنامج بلغة Q-Basic للقيام بعملية التنبؤ العددي عن درجات الحرارة لسطح التربة.

في الجزء الثاني من البحث تم تغيير قيم بعض المتغيرات لمعرفة تأثيرها على القيم التنبؤية وتحليل النتائج ومناقشتها ورسم الاشكال البيانية و الجداول الخاصة بتأثير كل من هذه المتغيرات.

المعادلات المستخدمة في البحث:

اعتمدنا في هذا البحث على تجربة قام بها العالم (DEARDORFF) [10] حيث أوجد من خلالها طريقة للتنبؤ بدرجة حرارة التربة.

المعادلة الأساسية المستخدمة هي:

$$PTHSUR(I,J) = DTHSUR(I,J) + THSUR(I,J) \dots\dots\dots(1) [10]$$

حيث:

(PTHSUR(I,J)) هي قيمة درجة حرارة التربة المنتبأ بها لنقطة معينة هي (I,J)

و (THSUR) هي قيمة درجة حرارة التربة الحقيقية لتلك النقطة و

(DTHSUR(I,J)) هي قيمة درجة الحرارة التي تم إيجادها باستخدام المعادلة التالية:-

$$DTHSUR(I,J) = (-2\pi)^{0.5} * HA(I,J) / (ROH SOIL * HTCAP * DEEPT) - 2\pi * (THSUR (I,J) / TAU) \dots\dots\dots (2) [10]$$

حيث:

(ROH SOIL) هي كثافة التربة ويتم تعريفها بأنها النسبة بين الكتلة إلى الحجم أي هي نسبة

كتلة من التربة إلى حجم معين منها ووحدتها (kg / m<sup>3</sup>). [13] وقد أخذت القيمة في هذا البحث على أنها تساوي 2.65 \* 10<sup>3</sup> kg / m<sup>3</sup> [10].

(HTCAP) هي الحرارة النوعية للتربة وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد

من التربة درجة مئوية واحدة. [4] وقد أخذت القيمة على أنها مقدار ثابت يساوي 0.24 m<sup>2</sup> sec<sup>-2</sup>

k<sup>-1</sup> [10].

(DEEPT) تمثل عمق التربة وهو العمق الذي تؤخذ عنده درجة حرارة التربة

باستخدام الترمومتر الخاص بذلك. [9] وقيمته في هذا البحث تساوي 0.01m [10].

(TAU) تمثل الزمن الدوري وهو الزمن اللازم لإتمام دورة كاملة (موجة كاملة)

وهو يوم واحد. [7] وقيمته في هذا البحث تساوي 86400 sec [10].

(HA(I,J)) يمثل (صافي) فيض الإشعاع لنقطة معينة حيث يتم حسابه من المعادلة

التالية:

$$HA(I,J) = FS1(I,J) + FS2(I,J) + FS3(I,J) - FS4(I,J) - FS5(I,J) \dots\dots\dots(3) [10]$$

حيث:

(FS1) يملك الإشعاع طويل الموجة الصاعد ويقصد به الأشعة الحرارية التي تنطلق من

سطح الأرض إلى الهواء المجاور له وينتقل الإشعاع بنفس السرعة التي ينتقل بها الإشعاع

الشمسي ولكنه يختلف عنه في ثلاثة نواحي:

أ - أنه إشعاع حراري ينقل الحرارة بصورة مباشرة.

ب - أنه يحدث في أوقات وجود الشمس وغيابها.

ج- أن موجته أطول وكلها مظلمة لا ترى. [11]

ويتم حساب الإشعاع طويل الموجة الصاعد (FS1(I,J) من المعادلة التالية:-

$$FS1(I,J) = SEGMA * EMIT * THSUR (I,J). \dots\dots\dots (4) [10]$$

SEGMA ثابت ستيفان بولتزمان وقيمه تساوي

$$5.67 * 10^{-11} \text{ kJ m}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ k}^{-4} [10]$$

(EMIT) الإنبعاثية الأرضية وتعرف بأنها النسبة بين الأشعة المنبعثة عند درجة معينة

إلى أقصى إشعاع ممكن انبعاثه من الجسم عند نفس درجة الحرارة. [14] وقد أخذت قيمتها

في هذا البحث على أنها مقدار ثابت يساوي 0.28 [10]

(FS2 (I,J)) تمثل الحرارة المحسوسة وهي الحرارة التي يعطيها مقياس الحرارة فجسم

الإنسان أشبه ما يكون بآلة حرارية تولد الحرارة بمعدل ثابت نسبياً لذا فإن أي عنصر يعمل

على زيادة ما يفقده الجسم أو يكتسبه من حرارة سيؤدي إلى إحساس الإنسان بالراحة أو

الضيق وحرارة الهواء بالطبع أحد هذه العناصر، غير أن هناك عناصر أخرى كالرياح والإشعاع

تقوم بنفس الدور. [13]

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة: (Simulation)

ويمكننا حساب قيمة الحرارة المحسوسة من المعادلة التالية: -

$$FS2 = ROH * CCP * CHO * UA(I,J) * (THSUR(I,J) -STEMPA(I,J))..$$

[10] (5) .....

حيث:

(ROH) تمثل كثافة الهواء فمن المعلوم أن الأحجام المتساوية من المواد ليست

متساوية الكتلة وتعرف نسبة الكتلة إلى الحجم بالكثافة. الكثافة = الكتلة / الحجم. [6]  
وقد أخذت قيمتها في هذا البحث مقدار ثابت يساوي  $1.2 \text{kg} / \text{m}^3$  [10]

(CCP) تمثل السعة الحرارية للهواء ويمكننا تلخيص مفهوم السعة الحرارية للهواء

كالتالي فإذا زود جسم في درجة حرارة معينة بكمية من الحرارة (أو سحبت منه) فإن حرارته ستغير إذا لم تتغير حالة الجسم من حالة إلى أخرى وقد وجد إن المواد تختلف من ناحية كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة معينة مقداراً معيناً، وتعرف النسبة بين كمية الحرارة Q اللازمة لرفع درجة الجسم بالمقدار t بالسعة الحرارية النوعية للجسم ومن ذلك نستخلص بأن السعة الحرارية النوعية للجسم ماهي إلا النسبة بين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم بالمقدار Q. [8] وقد أخذت قيمتها في هذا البحث على أنها مقدار ثابت يساوي [10] 0.24

(CHO) يمثل معامل التوصيل الحراري.

من المعلوم أنه لكل مادة معامل توصيل حراري خاص بها يميزها عن غيرها من المواد

ويمكن تعريفه على النحو التالي: -

نأخذ مادة على شكل شريحة متوازية الوجهين ونفرض أن سمكها (L) ومساحة المقطع هي (A) وأن درجة حرارة الطرف الساخن هي (T2) وإن درجة حرارة الطرف البارد (T1) وقد وجد أن كمية الحرارة (Q) التي تنتقل في زمن معين (t) خلال المادة من الوجه الساخن للبارد تتناسب طردياً مع الزمن وفرق درجات الحرارة والمقطع وعكسياً مع السمك (L) أي بصيغة رياضية: -

$$Q = kA (T_2 - T_1) (t) / L$$

حيث (K) هو ثابت يدعى معامل التوصيل الحراري ويعتمد على طبيعة المادة ولذلك يختلف باختلاف المواد، وهو يمثل كمية الحرارة (بالجول) التي تنتقل بالثانية الواحدة من أحد وجهي مكعب من المادة طول ضلعه 1 متر إلى الوجه المقابل عندما يكون فرق درجات الحرارة بين الوجهين ثابت ويساوي (1) درجة كلفن [14].

وقد أخذت قيمتها في هذا البحث على أنها مقدار ثابت يساوي 0.0025 [10].

(UA(I,J)) سرعة الرياح وهي المسافة التي تقطعها الرياح في وحدة الزمن، وعملياً تقاس سرعة الرياح بالكيلومتر لكل ساعة ومن العادة يؤخذ متوسط السرعة أي الرياح التي تهب في زمن قدره عشر دقائق، وبالقرب من سطح الأرض تقل سرعة الرياح نتيجة لوجود المعوقات التي تسبب الاحتكاك وتقلل من سرعة الرياح [3].

وفي هذا البحث أخذت سرع رياح مختلفة للنقاط تراوحت ما بين (3m/sec- 13m/sec) [10].

(STEMPA) تمثل درجة الحرارة الجهدية عند مستوى قياس الرياح وهي تلك الحرارة لطرد من الهواء إذا تحرك بصورة أديباتيكية حافة إلى مستوى ألف هكتوباسكال.

[12] وقيمتها في هذا البحث كانت تتراوح ما بين [10]. (289-305K).

(FS3(I,J)) تمثل الحرارة الكامنة.

عندما تقوم أشعة الشمس بتسخين المياه وتبخيرها فإن بخار الماء يحتفظ ببعض الحرارة التي اكتسبها من السطوح التي تبخر منها وتبقى هذه الحرارة محتبئة فيه بحالته الغازية، فإذا ما عاد إلى حالته السائلة فإنه يطلق حرارته الكامنة في الجو وهذا يحدث عندما يتكثف بخار الماء، والجدير بالذكر إن انطلاق الحرارة الكامنة يؤدي إلى تدفئة الجو وقد تنتقل مع الرياح التي تحملها إلى مسافات بعيدة أحياناً. [11] ويتم حساب كمية الحرارة الكامنة من المعادلة التالية:

$$FS3(I,J) = ALPHA * LH * ROH * CHO * UA(I,J) * (QS-QA) \dots\dots\dots(6) [10]$$

حيث: -

(ALPHA) تمثل رطوبة التربة.

من المعروف بأن الحرارة النوعية للماء أكبر من الحرارة النوعية للتربة بخمسة مرات لذلك فإن الحرارة النوعية للتربة الجافة تكون أقل مما هي عليه في التربة الرطبة ولهذا فإن التربة الرطبة ترتفع درجة حرارتها بمعدل أقل من التربة الجافة، فضلاً عن ذلك فإن تبخر الماء من التربة يساعد على تبريدها. [9] وقد كانت قيمتها في هذا البحث مقداراً ثابتاً يساوي 0.001 [10].

(LH) تمثل الحرارة الكامنة للتبخر.

نعلم بأن الحرارة الكامنة ما هي إلا كمية الحرارة التي اكتسبها جزئي بخار الماء من السطوح التي تبخر عليها، وتظل هذه الحرارة كامنة فيه مادام الجزئي في حالته الغازية فإذا ما عاد إلى حالته السائلة فإنه يطلق حرارته الكامنة في الجو، وهذا يحدث أيضاً عندما يتكثف بخار الماء على شكل سحب أو أمطار. [1] وقد أخذت قيمتها في هذا البحث على أنها مقدار ثابت يساوي  $540 \text{ kJ kg}^{-1}$  [10].

(QS) تمثل نسبة الخلط لدرجة حرارة التربة وهي كتلة بخار الماء بالجرامات الموجودة

في كيلو جرام واحد من التربة الجافة.

نسبة الخلط لدرجة حرارة التربة = كتلة بخار الماء مقدراً بالجرامات / كيلو جرام واحد

من التربة الجافة [13]

ويتم حساب نسبة الخلط لدرجة حرارة التربة من المعادلة التالية: -

$$QS(I,J) = 6.1 * 10^{-4} * ES(I,J) \dots\dots\dots(7) [10]$$

حيث: -

(ES(I,J)) تمثل ضغط البخار المشبع، فمن المعلوم بأن الضغط الذي يسببه وجود

بخار الماء بالهواء هو ضغط البخار ويقاس بنفس وحدات الضغط الجوي، وله قيمته في تحديد درجة تشبع الهواء بالرطوبة أما ضغط البخار المشبع فهو ضغط بخار الماء عندما يصل إلى أقصى



قيمة له في حالة تشبع الهواء ببخار الماء [12]، ويتم حساب ضغط البخار المشبع من المعادلة التالية: -

$$ES(I,J) = \exp * (5417.75 * (1/273!) (1/ THSUR (I,J))) \dots\dots\dots(8)$$

[10]

حيث: -

(QA) تمثل نسبة خلط الهواء وهي كتلة بخار الماء بالجرامات الموجودة في كيلو جرام واحد من الهواء الجاف.

نسبة الخلط = كتلة بخار الماء بالجرامات / كيلو جرام من الهواء الجاف. [7] وأخذت قيمتها في هذا البحث على إنها مقدار ثابت يساوي 0.002g / kg [10]

FS4 (I,J) يمثل فيض الإشعاع قصير الموجة ويقصد به كمية الأشعة الحرارية التي تنطلق من الشمس أو تلك الطاقات غير المادية التي نلمس آثارها دون أن نجسم في صورة المادة وتطلق عليها إشعاعات، ومن هذه الإشعاعات ما نستشعره بحواسنا مباشرة مثل الحرارة والضوء الأبيض الذي ترسله الشمس هو مجموعة الأشعة المرئية ذات الألوان المختلفة تنتقل هذه الإشعاعات في الهواء الجوي على صورة أمواج تنتشر بسرعة الضوء وعندما تخترق هذه الإشعاعات الأوساط المادية مثل جو الأرض تعاني سلسلة من الظواهر الطبيعية مثل الإمتصاص والانعكاس وتتوقف قيمة الإمتصاص على طبيعة الوسط المادي فهي تختلف باختلاف الأجسام الممتصة للطاقة [12].

تحسب قيمة الإشعاع قصير الموجة من المعادلة التالية: -

$$FS4(I,J) = RESID * SOLAR * (SIN D * SIN L * COS D * COS L * COS ANGLE) \dots\dots\dots(9) [10]$$

حيث: -

(RESID) الألبيدو الأرضي.

عندما يسقط الإشعاع الشمسي على جسم ما فإن بعضاً من هذا الإشعاع يمتصه الجسم، أما الباقي فإنه ينعكس ثانية في الفضاء فدرجة الإنعكاسية للإشعاع (الألبيدو) هي

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

قدرة الجسم على رد الإشعاع المنعكس عن هذا الجسم من مجموع الأشعة الساقطة عليه وتراوح الإنعكاسية لمياه المحيطات والبحار بين 10%-3 أي إن المسطحات المائية تعكس حوالي 10%-3 من الأشعة الشمسية الساقطة عليها ويقدر متوسط الألبيدو الأرضي بمجموع ما يرتد عن اليابسة والمياه والغلاف الجوي أي نحو 34% من مجموع الأشعة الشمسية الواردة أما الباقي وهو 66% فهو ما تكسبه الأرض وغلافها الجوي من الأشعة، ويختلف الألبيدو حسب طبيعة السطح كما يتوقف على زاوية السقوط للأشعة وطول موجة الأشعة الشمسية وخطوط العرض ففي الأقاليم المدارية وشبه المدارية يبلغ المتوسط 30% أما في خطوط العرض العالية فإن هذه النسبة ترتفع إلى حوالي 50% بسبب كثافة الغيوم وطول فترة استمرار الغطاء الجليدي في هذه العروض. [2] وأخذت قيمة الألبيدو الأرضي في هذا البحث على أنها مقدار ثابت يساوي 0.74 [10].

(SOLAR) يمثل الثابت الشمسي وهو معدل طاقة الإشعاع الشمسي الواصل إلى خارج الغلاف الجوي

للأرض على وحدة سطح تسقط عليها أشعة الشمس بشكل عمودي عند متوسط المسافة بين الأرض

والشمس ويعتبر مهماً في قياسات الطاقة الشمسية [14]، وقد كانت قيمة الثابت الشمسي في هذا البحث

على أنها مقدار ثابت يساوي  $1.95 \text{Wm}^{-2}$  [10].

SIN(declination) أو (SIN D) تمثل جيب زاوية ميل الشمس وهي قياس

لاختلاف وضع الشمس في الفصول المختلفة، وزاوية ميل الشمس عددياً تساوي خط العرض

الذي تكون الشمس متعامدة عليه في هذا الوقت من السنة ويمكننا حسابها من المعادلة التالية:

$$\text{DEC} = - 23.45 \text{ COS } [ 0.986(\text{day} + 10.5) ] \dots\dots\dots(10) [7]$$

حيث:

DAY هو عدد اليوم محسوباً من أول أيام شهر يناير حتى اليوم الرابع والعشرين من

شهر كانون من نفس السنة وعددها 358 يوم. [10]

$$\text{SIN L} = \text{SIN}(\text{ALAT} * \text{RAD}) \dots\dots\dots (11) [10] \text{ حيث:}$$

$$\text{SIN L} = \text{SIN}(\text{latitude})$$

تمثل حيب زاوية خط العرض وتساوي خط عرض المكان المطلوب ويمكننا معرفته من الأطلس وهي تساوي  $\text{SIN}(\text{ALAT} * \text{RAD})$  حيث  $\text{ALAT}$  هي زاوية ارتفاع الشمس والتي يمكننا تعريفها بأما الزاوية المحصورة بين المستوى الأفقي عند هذا المكان والخط الواصل بين المشاهد وقرص الشمس [5]، ولحساب زاوية ارتفاع الشمس نستخدم المعادلة التالية:-

$$\text{ALAT} = \text{SIN}^{-1}\{\text{COS}(\text{dec}) * \text{COS}(\text{lat}) * \text{cos}(\text{hour}) + \text{SIN}(\text{lat}) * \text{SIN}(\text{dec})\} \dots\dots\dots (12) [10]$$

من الواضح إن زاوية ارتفاع الشمس تعتمد على قيم ثلاث الأولى هي زاوية ميل الشمس (dec) والتي سبق تعريفها والثانية زاوية خط العرض (lat) وكذلك سبق تعريفها والزاوية الثالثة هي زاوية الوقت (hour).  
(HOURANGLE) تمثل زاوية الوقت وهي عدد الساعات بين الظهر الشمسي (SOLAR NOON) والوقت المطلوب مضروباً في 15 درجة لكل ساعة باعتبار إن الشمس تقطع 360 درجة كل 24 ساعة أي 15 درجة لكل ساعة في حركتها الظاهرية حول الأرض، وعند حساب زاوية الوقت يجب استخدام الزمن الشمسي (أي 24 ساعة) وبحسب من ساعة الظهر أي إن زاوية الوقت تساوي (12- الوقت الشمسي) [4].

(FS5) تمثل فيض الإشعاع طويل الموجة النازل.

يقوم سطح الأرض بامتصاص جزء من أشعة الشمس التي تسقط عليه بينما ترد الباقي (ينعكس) إلى الفضاء الخارجي (الهواء المحيط به) بتأثير الألبيدو. وبمجرد أن يقوم الفضاء الخارجي بامتصاص الأشعة الشمسية قصيرة الموجة فإنه يحولها إلى طاقة حرارية ينبعث جزء منها إلى الغلاف الجوي على شكل موجات كهرومغناطيسية

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

طويلة يتراوح طولها على الأغلب بين ميكرون توصف بالطويلة تمييزاً لها عن الإشعاع الشمسي قصير الموجة.

فهذا الإشعاع عندما ينبعث إلى الغلاف الجوي تقوم السحب أحياناً برد جزء منه، ويسمى إشعاع طويل الموجة النازل أو تقوم بامتصاص جزء من الإشعاع الشمسي القصير مباشرة، وإذا وصل سمك السحابة نحو 50 متراً تعتبر جسماً معتماً يشع تماماً مثل الجسم الأسود الذي في نفس درجة حرارة السحابة.

تفقد السحب المعرضة للفضاء من طاقتها للإشعاع أثناء الليل أكثر مما تكسبه من الجو وتحتبط بذلك درجات حرارتها وهذه الطاقة الإشعاعية المفقودة تكون على هيئة إشعاع طويل الموجة نازل [12].

وتحسب كمية الإشعاع طويل الموجة النازل من المعادلة التالية: -

$$FS5(I,J) = TF5 * SEGMA * STEMPA ^4 \dots\dots(13) [10]$$

$$TF5 = EMIT * (CKLOUD + (1 - CKLOUD) * 0.67 * (1670 * QA) * 0.08$$

$$\dots\dots(14) [10]$$

(CKLOUD) تمثل كمية السحب المغطاة في السماء وقد حسبت في هذا البحث

على أنها مقدار ثابت يساوي [10] 7/8.

مناقشة النتائج:

يتضمن برنامج البحث قسمين رئيسيين، في القسم الأول تم إعطاء قيم للتوابت الخاصة بمعادلات البرنامج مثل الإنعائية الأرضية وكمية السحب المغطاة في السماء... إلخ وكذلك تثبيت قيم المتغيرات كسرع الرياح ودرجة الحرارة الجهدية وغيرها، أما بالنسبة لقيم درجات حرارة التربة فقد تم إعطاؤها قيم ابتدائية تراوحت بين ( 306 , 290 درجة مطلقة) حيث كانت الدرجة العظمى عند الساعة الثانية بعد الظهر حسب التوقيت المحلي أما أقل درجة حرارة للتربة فكانت عند الساعة الرابعة فجراً حسب التوقيت المحلي.

فمن خلال (الشكل 1) الذي يوضح نتائج القسم الأول يمكن ملاحظة شكل الموجة التي تمثل درجات حرارة التربة المتنبأ بها (PTHSUR) مقارنة بالموجة التي تمثل درجات الحرارة الحقيقية (THSUR) ويمثل المحور السيني ساعات اليوم الأربع والعشرين حيث تمثل النقطة رقم (1) الساعة التاسعة صباحا بالتوقيت المحلي والنقطة رقم (2) الساعة العاشرة... وهكذا.

أما (الجدول 1) فيوضح قيم درجات الحرارة الحقيقية (THSUR) والتي تتراوح ما بين (306, 290 درجة مطلقة) وقيم درجات الحرارة المتنبأ بها (PTHSUR) والتي تراوحت ما بين (304.46, 288.55 درجة مطلقة) وكذلك بين الجدول قيم FS1 (كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد) و FS2 (كمية الحرارة المحسوسة) و FS3 (كمية الحرارة الكامنة) و FS4 (فيض الإشعاع قصير الموجة) و FS5 (فيض الإشعاع طويل الموجة النازل) المتنبأ بها من خلال البرنامج.

ومن أبرز الملاحظات على (الشكل 1 والجدول 1) هي أن الفروقات بين القيم الحقيقية والقيم المتنبأ بها تبقى تقريبا ثابتة لجميع الأوقات ولجميع ساعات اليوم والسبب في ذلك هو إننا ولغرض البساطة في البرنامج أخذنا بعض المتغيرات كسرعة الرياح والحرارة الجهدية وغيرها على أنها ثوابت والحقيقة إنها قيم متغيرة مع الزمن (t).

في القسم الثاني من البرنامج قمنا بتغيير قيم الثوابت وكذلك بعض المتغيرات التي اعتبرناها ثابتة في البحث وذلك لمعرفة تأثيرها على درجة المتنبأ بها وأول هذه المتغيرات هو سرعة الرياح ففي (الشكل 2) يمكن ملاحظة تأثير زيادة سرعة الرياح على FS2 (كمية الحرارة المحسوسة) حيث قمنا بزيادة سرعة الرياح وجعلناها تتراوح ما بين (13m/sec, 23m/sec) بعد أن كانت تتراوح ما بين (3m/sec, 13m/sec).

كذلك يبين (الشكل 2) قيم كمية الحرارة المحسوسة حيث أصبحت تتراوح ما بين  $(-10 \times 10^{-6}$  ,  $-15.1 \times 10^{-6}$  ,  $6$  درجة مطلقة) بعد أن كانت تتراوح ما بين (  $-2.8 \times 10^{-6}$  ,  $7.9 \times 10^{-6}$  درجة مطلقة).

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

أما (الشكل 3) و(الجدول 3) فيوضحان تأثير سرعة الرياح على FS3 (كمية الحرارة الكامنة) حيث أصبحت تتراوح ما بين  $(10.14 \times 10^{-7}, 2.26 \times 10^{-7})$  درجة مطلقة) بدلا من  $(5.31 \times 10^{-7}, 0.64 \times 10^{-7})$  درجة مطلقة) وتبين (الأشكال 2، 3) و(الجدول 2، 3) إن زيادة سرعة الرياح تقلل من كمية الحرارة المحسوسة وتزيد من كمية الحرارة الكامنة، وهذا التأثير المشترك لزيادة كمية الحرارة الكامنة ونقصان كمية الحرارة المحسوسة يؤدي كمحصلة إلى زيادة درجة حرارة التربة المنتبأ بها كما هو واضح (بالشكلين 2، 3). أما في (الجدول 2، 3) فلا تظهر هذه الزيادة (الفرق بين درجة حرارة التربة الحقيقية والمنتبأ بها) نظرا لصغرها ( $10^{-6}, 10^{-7}$ ) المتغير الآخر الذي تمت دراسة تأثيره على درجة حرارة التربة هو الحرارة الجهدية حيث تم تثبيت الحرارة الجهدية في القسم الأول من برنامج البحث. أما في هذا القسم فقد تم تغيير هذه القيمة وجعلها تساوي (THSUR+10) و (THSUR-10) بدلا من (THSUR-1).

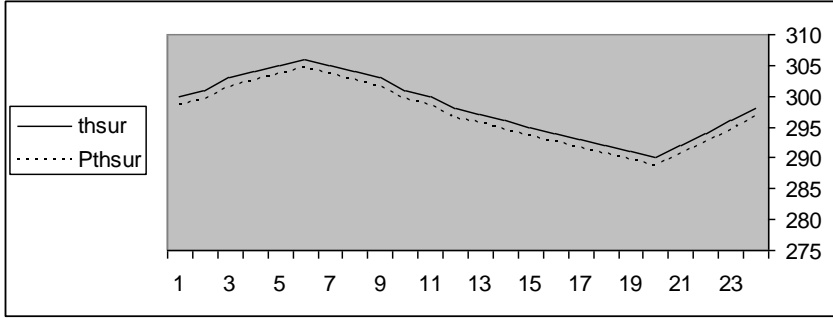
وعند زيادة الحرارة الجهدية فإن كمية الإشعاع طويل الموجة النازل سوف تزداد في حين إن نقصان الحرارة الجهدية يقلل من كمية الإشعاع طويل الموجة النازل. وهذا واضح من خلال (الشكل 4) و(الجدول 4) حيث أصبحت FS5 (كمية الإشعاع طويل الموجة النازل) تتراوح ما بين  $(53.3 \times 10^{-2}, 43.3 \times 10^{-2})$  بدلا من  $(46.3 \times 10^{-2}, 37.3 \times 10^{-2})$  عند زيادة الحرارة الجهدية وجعلها تساوي (THSUR+10) بدلا من (THSUR-1) أما في حالة تقليل الحرارة الجهدية وجعلها تساوي (THSUR-10) بدلا من (THSUR-1) فإن كمية الإشعاع طويل الموجة النازل ستتراوح ما بين  $(41.1 \times 10^{-2}, 32.9 \times 10^{-2})$ ، حيث نجد إن التأثير المشترك لتأثير كمية الإشعاع طويل الموجة النازل وكمية الحرارة المحسوسة سوف يؤدي إلى زيادة درجة حرارة التربة المنتبأ بها في حال الزيادة ونقصانها في حال النقصان ويرجع السبب في ذلك لأن نسبة زيادة ونقصان كمية الحرارة المحسوسة أكثر من نسبة زيادة ونقصان كمية الإشعاع طويل الموجة النازل.

من خلال معادلات الفصل الثاني أيضا نلاحظ إن كمية الإنبعائية الأرضية تؤثر على FS1 (كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد) وعلى FS5 (كمية الإشعاع طويل الموجة النازل)، وما قمنا به هو تقليل كمية الإنبعائية إلى النصف حيث أصبحت (0.4) بدلا من (0.8) مما أثر سلبا على كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد والنازل إيجابا على درجة حرارة التربة المنتبأ بها.

(الشكل 5) و(الجدول 5) يوضحان شكل الموجة وقيم (كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد عند تغيير قيمة الإنبعائية الأرضية، فعند تقليل قيمة الإنبعائية الأرضية تقل تبعا لذلك كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد حيث أصبحت تتراوح ما بين (  $23.6 \times 10^{-2}$  ,  $28.5 \times 10^{-2}$  ) بدلا من (  $48.4 \times 10^{-2}$  ,  $58.4 \times 10^{-2}$  ).

ما قلناه فيما يخص تأثير الإنبعائية الأرضية على كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد ينطبق على كمية الإشعاع طويل الموجة النازل فعند تقليل الإنبعائية الأرضية فإن كمية الإشعاع طويل الموجة النازل سوف تقل وهذا واضح من خلال (الشكل 6) و(الجدول 6) حيث قلت قيمة الإشعاع طويل الموجة النازل وأصبحت تتراوح ما بين (  $18.2 \times 10^{-2}$  ,  $22.6 \times 10^{-2}$  ) والتأثير المشترك لنقصان كمية الإشعاع طويل الموجة النازل يؤدي إلى زيادة درجة حرارة التربة المنتبأ بها لأن نسبة نقصان كمية الإشعاع طويل الموجة النازل هي أكثر من الصاعد.

أما (الشكل 7) و(الجدول 7) يبينان شكل الموجة وقيم (كمية الحرارة الكامنة) عند تغيير كمية رطوبة التربة، فعند زيادة كمية رطوبة التربة وجعلها تساوي (0.01) بدلا من (0.001) فإن كمية الحرارة الكامنة قد زادت وأصبحت تتراوح ما بين (  $6.46 \times 10^{-7}$  ,  $53.1 \times 10^{-7}$  ) بدلا من (  $5.31 \times 10^{-7}$  ,  $0.646 \times 10^{-7}$  ) مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة التربة المنتبأ بها.

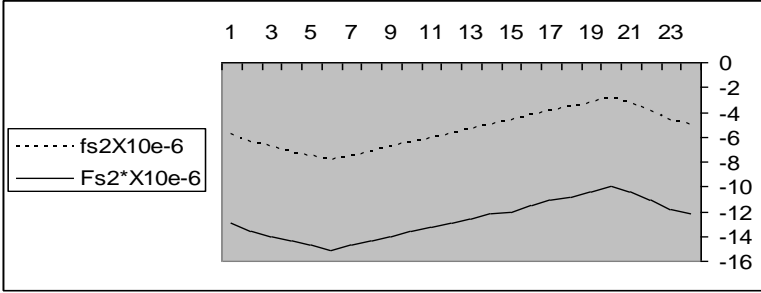


شكل (1) يبين شكل الموجة التي تمثل درجة حرارة التربة المتنبأ بها (pthsur) مقارنة بشكل الموجة التي تمثل درجة حرارة التربة الحقيقية (thsur)



جدول (1) يبين قيم درجات الحرارة الحقيقية (thsur) ودرجات الحرارة المتنبأ بها (pthsur)

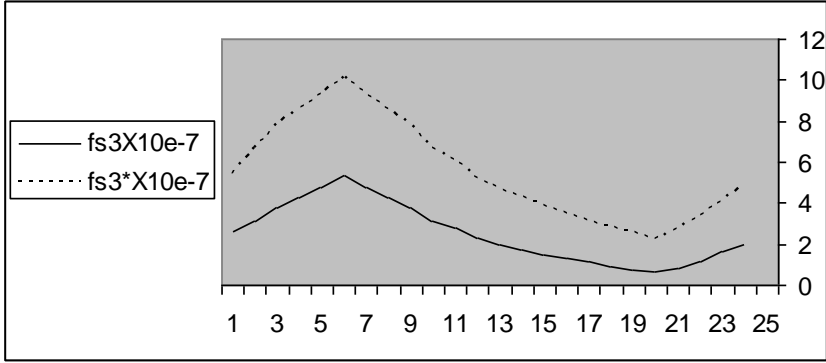
النقطة	fs1*10 <sup>-2</sup>	fs2*10 <sup>-6</sup>	Fs3*10 <sup>-7</sup>	Fs4*10 <sup>-2</sup>	Fs5*10 <sup>-2</sup>	thsur	Pthsur
1	53.9	-5.76	2.63	-23.22	42.7	300	298.49
2	54.7	-6.48	3.16	-23.22	43.3	301	299.49
3	56.1	-6.84	3.8	-23.22	44.5	303	301.48
4	56.9	-7.28	4.26	-23.22	45.1	304	302.47
5	57.6	-7.56	4.76	-23.22	45.7	305	303.47
6	58.4	-7.92	5.31	-23.22	46.3	306	304.46
7	57.6	-7.56	4.76	-23.22	45.7	305	303.47
8	56.9	-7.2	4.26	-23.22	45.1	304	302.47
9	56.1	-6.84	3.8	-23.22	44.5	303	301.48
10	54.7	-6.48	3.16	-23.22	43.3	301	299.49
11	53.9	-6.12	2.8	-23.22	42.7	300	298.49
12	52.5	-5.76	2.3	-23.22	41.6	298	296.3
13	51.8	-5.4	2.01	-23.22	41.1	297	295.51
14	51.1	-5.04	1.75	-23.22	40.5	296	294.51
15	50.4	-4.68	1.52	-23.22	40	295	293.52
16	49.7	-4.32	1.3	-23.22	39.4	294	292.53
17	49.1	-3.96	1.11	-23.22	38.9	293	291.53
18	48.4	-3.6	0.94	-23.22	38.3	292	290.54
19	47.7	-3.24	0.78	-23.22	37.8	291	289.54
20	47.1	-2.88	0.64	-23.22	37.3	290	288.55
21	48.4	-3.24	0.84	-23.22	38.3	292	290.54
22	49.7	-3.96	1.19	-23.22	39.4	294	292.53
23	51.1	-4.68	1.63	-23.22	40.5	296	294.51
24	52.5	-5.04	2.01	-23.22	41.6	298	296.5



شكل (2) يبين شكل الموجة التي تمثل كمية الحرارة المحسوسة  $fs2$  عندما تكون سرعة الرياح (3m/sec,13m/sec) وشكل الموجة التي تمثل كمية الحرارة المحسوسة  $fs2^*$  عندما أصبحت سرعة الرياح (13m/sec,23m/sec).

جدول ( 2 ) يبين قيم كمية الحرارة المحسوسة  
 fs2 عندما كانت سرعة الرياح  
 وقيم كمية الحرارة المحسوسة (3m/sec,13m/sec)  
 fs2\* عندما أصبحت  
 (13m/sec,23m/sec).

النقطة	fs2X10 <sup>-6</sup>	pthsur	fs2*X10 <sup>-6</sup>	Pthsur*
1	-5.76	298.49	-12.9	298.49
2	-6.48	299.49	-13.6	299.49
3	-6.84	301.48	-14	301.48
4	-7.28	302.47	-14.4	302.47
5	-7.56	303.47	-14.7	303.47
6	-7.92	304.46	-15.1	304.46
7	-7.56	303.47	-14.7	303.47
8	-7.2	302.47	-14.4	302.47
9	-6.84	301.48	-14	301.48
10	-6.48	299.49	-13.6	299.49
11	-6.12	298.49	-13.3	298.49
12	-5.76	296.5	-12.9	296.5
13	-5.4	295.51	-12.6	295.51
14	-5.04	294.51	-12.2	294.51
15	-4.68	293.52	-12	293.52
16	-4.32	292.53	-11.5	292.53
17	-3.96	291.53	-11.1	291.53
18	-3.6	290.54	-10.8	290.54
19	3.24	289.56	-10.4	289.56
20	-2.88	288.55	-10	288.55
21	-3.24	290.54	-10.4	290.54
22	-3.96	292.53	-11.1	292.53
23	-4.68	294.51	-11.8	294.51
24	-5.04	296.5	-12.2	296.5



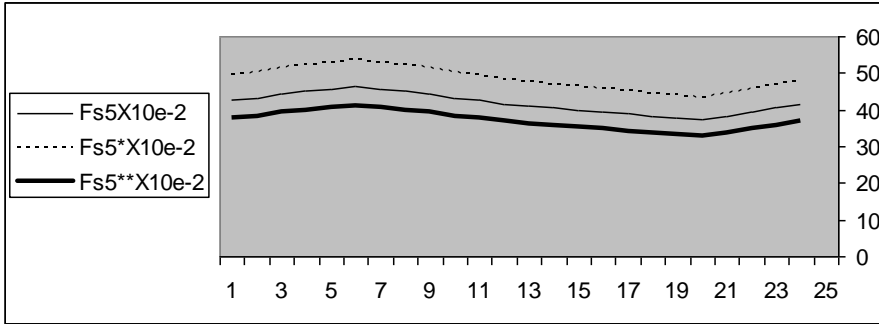
شكل (3) يبين شكل الموجة التي تمثل كمية الحرارة الكامنة fs3 عندما كانت سرعة الرياح (3m/sec,13m/sec) وشكل الموجة التي تمثل كمية الحرارة الكامنة \*fs3 عندما أصبحت سرعة الرياح (13m/sec,23m/sec)

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

جدول ( 3 ) يبين قيم كمية الحرارة الكامنة  
fs3 عندما كانت سرعة الرياح  
fs3\* عندما أصبحت سرعة الرياح  
(3m/sec,13m/sec)  
(13m/sec,23m/sec)

النقطة	fs3X10 <sup>-7</sup>	pthsur	fs3*X10 <sup>-7</sup>	Pthsur*
1	2.63	298.49	5.39	298.49
2	3.16	299.49	6.68	299.49
3	3.8	301.48	7.8	301.48
4	4.26	302.47	8.53	302.47
5	4.76	303.47	9.31	303.47
6	5.31	304.46	10.14	304.46
7	4.76	303.47	9.31	303.47
8	4.26	302.47	8.53	302.47
9	3.8	301.48	7.8	301.48
10	3.16	299.49	6.68	299.49
11	2.8	298.49	6.09	298.49
12	2.3	296.5	5.18	296.5
13	2.01	295.51	4.7	295.51
14	1.75	294.51	4.26	294.51
15	1.52	293.52	3.86	293.52
16	1.3	292.53	3.48	292.53
17	1.11	291.53	3.14	291.53
18	0.94	290.54	2.82	290.54
19	0.78	289.56	2.53	289.56
20	0.64	288.55	2.26	288.55
21	0.84	290.54	2.72	290.54
22	1.19	292.53	3.37	292.53
23	1.63	294.51	4.14	294.51
24	2.01	296.5	4.89	296.5

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

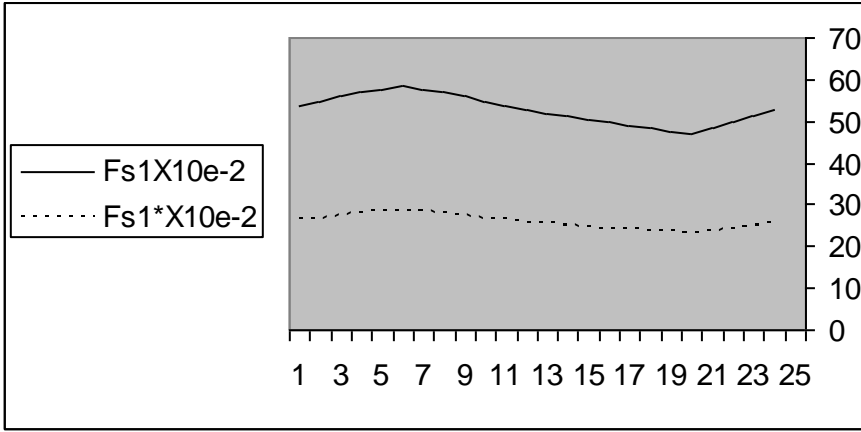


شكل (4) يبين شكل الموجة التي تمثل كمية الإشعاع طويل الموجة النازل fs5 عندما كانت الحرارة الجهدية تساوي (thsur-1) وشكل الموجة fs5\* عندما أصبحت الحرارة الجهدية تساوي (thsur+10) وشكل الموجة fs5\*\* عند جعل الحرارة الجهدية تساوي (thsur-10).

جدول (4) يبين قيم كمية الإشعاع طويل الموجة النازل fs5 عندما كانت الحرارة الجهدية تساوي (thsur-1) و كمية الاشعاع fs5\* عندما أصبحت الحرارة الجهدية تساوي (thsur+10) و كمية الاشعاع fs5\*\* عند جعلها تساوي (thsur-10).

النفطة	Fs5X10 <sup>-2</sup>	pthsur	Fs5*X10 <sup>-2</sup>	Pthsur*	Fs5**X10 <sup>-2</sup>	Pthsur**
1	42.7	298.49	49.4	298.53	37.8	298.47
2	43.3	299.49	50	299.53	38.3	299.46
3	44.5	301.48	51.3	301.52	39.4	301.45
4	45.1	302.47	52	302.51	40	302.44
5	45.7	303.47	52.7	303.51	40.5	303.44
6	46.3	304.46	53.3	304.5	41.1	304.43
7	45.7	303.47	52.7	303.51	40.5	303.44
8	45.1	302.47	52	302.51	40	302.44
9	44.5	301.48	51.3	301.52	39.4	301.45
10	43.3	299.49	50	299.53	38.3	299.46
11	42.7	298.49	49.4	298.53	37.8	298.47
12	41.6	296.5	48.1	296.54	36.8	296.48
13	41.1	295.51	47.5	295.55	36.3	295.48
14	40.5	294.51	46.9	294.55	35.8	294.49
15	40	293.52	46.3	293.56	35.3	293.49
16	39.4	292.53	45.7	292.56	34.8	292.5
17	38.9	291.53	45.1	291.56	34.3	291.5
18	38.3	290.54	44.5	290.57	33.8	290.51
19	37.8	289.56	43.9	289.57	33.3	289.52
20	37.3	288.55	43.3	288.58	32.9	288.52
21	38.3	290.54	44.5	290.57	33.8	290.51
22	39.4	292.53	45.7	292.56	34.8	292.5
23	40.5	294.51	46.9	294.55	35.8	294.49
24	41.6	296.5	48.1	296.54	36.8	296.48

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)



شكل (5) يبين شكل الموجة التي تمثل كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد  $fs1$  عندما تكون الإنبعاثية الأرضية (0.8) وشكل الموجة التي تمثل كمية الإشعاع طويل الموجة الصاعد  $fs1^*$  عندما أصبحت الإنبعاثية الأرضية (0.4).

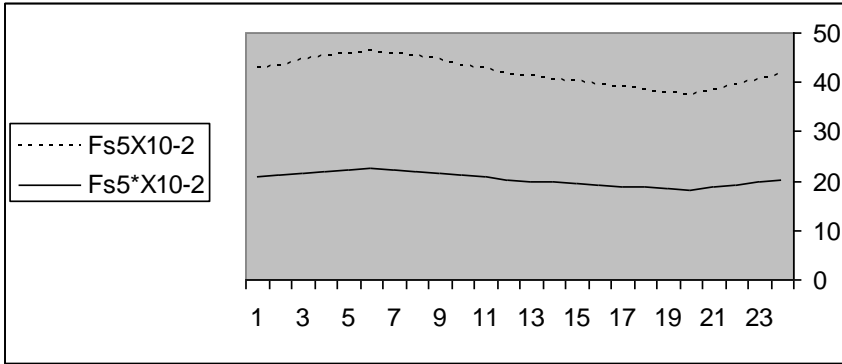
جدول (5) يبين قيم الإشعاع طويل الموجة الصاعد  $fs1$  عندما تكون الإنبعاثية الأرضية (0.8) وقيم الإشعاع طويل الموجة الصاعد  $fs1^*$  عندما أصبحت الإنبعاثية الأرضية (0.4).

النقطة	$Fs1 \times 10^{-2}$	pthsur	$Fs1^* \times 10^{-2}$	Pthsur*
1	53.9	298.49	26.3	298.53
2	54.7	299.49	26.6	299.53
3	56.1	301.48	27.4	301.51
4	56.9	302.47	27.7	302.51
5	57.6	303.47	28.1	303.5
6	58.4	304.46	28.5	304.5
7	57.6	303.47	28.1	303.5
8	56.9	302.47	27.7	302.51
9	56.1	301.48	27.4	301.51
10	54.7	299.49	26.6	299.52
11	53.9	298.49	26.3	298.53



التنبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

12	52.5	296.5	25.6	296.54
13	51.8	295.51	25.2	295.54
14	51.1	294.51	24.9	294.55
15	50.4	293.52	24.6	293.55
16	49.7	292.53	24.2	292.55
17	49.1	291.53	23.9	291.56
18	48.4	290.54	23.6	290.56
19	47.7	289.56	23.3	289.57
20	47.1	288.55	22.9	288.57
21	48.4	290.54	23.6	290.56
22	49.7	292.53	24.2	292.55
23	51.1	294.51	24.9	294.55
24	52.5	296.5	25.6	296.54

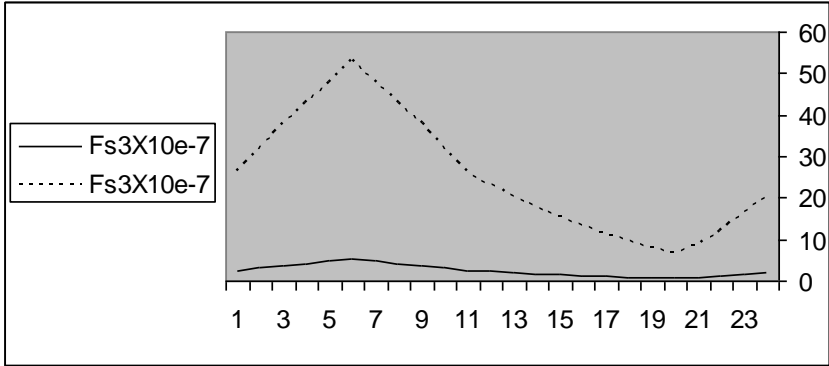


شكل (6) يبين شكل الموجة التي تمثل كمية الإشعاع طويل الموجة النازل  $fs_5$  عندما تكون الإنبعائية الأرضية (0.8) وشكل الموجة التي تمثل كمية الإشعاع طويل الموجة النازل  $fs_5^*$  عندما أصبحت الإنبعائية الأرضية (0.4).

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

جدول (6) يبين قيم الإشعاع طويل الموجة النازل fs5 عندما تكون الإنبعائية الأرضية (0.8) وقيم الإشعاع طويل الموجة النازل fs5\* عندما أصبحت الإنبعائية الأرضية (0.4).

النقطة	Fs5X10 <sup>-2</sup>	pthsur	Fs5*X10 <sup>-2</sup>	Pthsur*
1	42.7	298.49	26.3	298.54
2	43.3	299.49	31.6	299.54
3	44.5	301.48	38	301.53
4	45.1	302.48	42.6	302.52
5	45.7	303.47	47.6	303.52
6	46.3	304.46	53.1	304.52
7	45.7	303.47	47.6	303.52
8	45.1	302.47	42.6	302.52
9	44.5	301.48	38	301.53
10	43.3	299.49	31.6	299.54
11	42.7	298.49	26	298.54
12	41.6	296.5	23	296.55
13	41.1	295.51	20.1	295.56
14	40.5	294.51	17.5	294.56
15	40	293.52	15.2	293.57
16	39.4	292.53	13	292.57
17	38.9	291.53	11.1	291.57
18	38.3	290.54	9.41	290.58
19	37.8	289.56	7.85	289.58
20	37.3	288.55	6.46	288.59
21	38.3	290.54	8.47	290.59
22	39.4	292.53	11.9	292.57
23	40.5	294.51	16.3	294.56
24	41.6	296.5	20.1	296.55



شكل (7) يبين شكل الموجة التي تمثل كمية الحرارة الكامنة  $fs3$  عندما تكون كمية رطوبة التربة (0.001) وشكل الموجة التي تمثل كمية الحرارة الكامنة  $fs3^*$  عندما أصبحت كمية رطوبة التربة (0.01).

التبؤ بالطرق العددية عن درجة حرارة التربة باستخدام طريقة المحاكاة (Simulation)

جدول (7) يبين قيم كمية الحرارة الكامنة fs3 عندما كانت كمية رطوبة التربة (0.001) وقيم كمية الحرارة الكامنة fs3\* عندما أصبحت كمية رطوبة التربة (0.01).

النفطة	Fs3X10 <sup>-7</sup>	pthsur	Fs3X10 <sup>-7</sup>	Pthsur*
1	2.63	298.49	26.3	298.49
2	3.16	299.49	31.6	299.49
3	3.8	301.48	38	301.48
4	4.26	302.48	42.6	302.48
5	4.76	303.47	47.6	303.47
6	5.31	304.46	53.1	304.46
7	4.76	303.47	47.6	303.47
8	4.26	302.47	42.6	302.47
9	3.8	301.48	38	301.48
10	3.16	299.49	31.6	299.49
11	2.6	298.49	26	298.49
12	2.3	296.5	23	296.5
13	2.01	295.51	20.1	295.51
14	1.75	294.51	17.5	294.51
15	1.52	293.52	15.2	293.52
16	1.3	292.53	13	292.53
17	1.11	291.53	11.1	291.53
18	0.941	290.54	9.41	290.54
19	0.785	289.56	7.85	289.56
20	0.646	288.55	6.46	288.55
21	0.847	290.54	8.47	290.54
22	1.19	292.53	11.9	292.53
23	1.63	294.51	16.3	294.51
24	2.01	296.5	20.1	296.5

- من خلال دراستنا لبرنامج البحث ومناقشة النتائج المتحصل عليها تم استنتاج ما يلي:
- ١ - إن زيادة سرعة الرياح تعمل على تقليل كمية الحرارة المحسوسة وزيادة كمية الحرارة الكامنة وهذا التأثير المشترك يؤدي إلى زيادة درجة حرارة التربة المتنبأ بها والعكس صحيح.
  - ٢ - زياده الحرارة الجهديه تزيد من كميته الحرارة المحسوسه وكميته الإشعاع طويل الموجه النازل وهذا التأثير المشترك يؤدي زياده قيمه درجه حرارة التربه المتنبأ بها في حين إن تقليل الحرارة الجهديه يقلل من درجه حرارة التربه المتنبأ بها.
  - ٣ - تقليل كميته الإنبعائيه الأرضيه يقلل كميته الإشعاع طويل الموجه الصاعد والنازل ويزيد من درجه حرارة التربه المتنبأ بها بسبب التأثير المشترك.
  - ٤ - زياده كميته رطوبه التربه يعمل على زياده كميته الحرارة الكامنه مما يؤدي إلى الزيادة في درجه حرارة التربه المتنبأ بها.

- ١ - الزريقي، عمر. (1992). الطرق العددية وبرمجتها بلغة فورتران. معهد الإنماء العربي، بيروت، ص7.
- ٢ - الشهواوى، محمد أحمد. (2000). العلوم الجوية وتطبيقاتها باستخدام الأرصاد الجوية. الطبعة الأولى، دار الفكر العربي، القاهرة، ص13.
- ٣ - العجمي، ضاري ناصر، وصفر، محمود عزو. (1990). مدخل إلى علم المناخ والجغرافيا المناخية. الطبعة الأولى، مكتبة الفلاح، الكويت، ص2.
- ٤ - المرعي، سعد. (1993). مبادئ التحليل الصوري. الدار العربية للكتاب، طرابلس، ص3-6.
- ٥ - النطاح، محمد أحمد. (1990). الأرصاد الجوية. الطبعة الأولى، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، بنغازي، ص6.
- ٦ - موسى، علي حسن. (1994). أساسيات علم المناخ. الطبعة الأولى، دار الفكر، دمشق، ص16.
- 7) Adam , M ,S. (2002). Numerical Analysis. State University of New York p.6-13.
- 8) Bride , leahey. (2002). Soil Surface Temperature. Daily press, New York, p.12-14.
- 9) Deane , Wang and Joanne, C. (1997). Soil Temperature. University of Vermont, p.5.
- 10) Deardorff , J. W. (1978). Efficient Prediction of Ground Surface Temperature. Journal of Geographical Research , Vol 83, p. 1889— 1903.
- 11) Goetz , S. J and R. N. Halthore. (1995). Surface Temperature, NOAA central library P. 397 – 410.
- 12) Khalil, S. A. (1995). Numerical Prediction of Atmospheric Dust over Iraq. ph. D thesis, University of the Philippines, Philippines.
- 13) Reynolds, R. W. and Smith, T. M. (1994). Surface Temperature Analyses, J. Climate, p. 929-948.
- 14) Rechar, M. H. (2003). Numerical Weather Prediction. NOAA central library