دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	مؤشرات رياضية مقترحة لتحديد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة العربية السعودية
المصدر:	مجلة جامعة الملك سعود - الآداب
الناشر:	جامعة الملك سعود - كلية الآداب
المؤلف الرئيسي:	الكليبي، فهد بن محمد عبدالله
المجلد/العدد:	مج 17, ع 2
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2005
الصفحات:	399 - 428
رقم MD:	159103
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	AraBase
مواضيع:	الرياح، السعودية، الاستقرار الجوي، المناخ، الارصاد الجوي، التحليل الإحصائي، فصل الربيع، فصل الشتاء، النظريات الرياضية، علم الفلك
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/159103

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

مجلة جامعة الملك سعود، م١٧، الآداب (٢)، ص ص ٣٩٩-٤٢٨، الرياض (١٤٢٥هـ/٢٠٠٥م)

مؤشرات رياضية مقترحة لتحديد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة العربية السعودية

فهد بن محمد الكليبي

أستاذ مشارك ، قسم الجغرافيا ،كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية

(قدم للنشر في ١٤٢٤/١٠/١٩هـ ؛ وقبل للنشر في ١٤٢٥/٣/٢هـ)

ملخص البحث. توقع حالة الاستقرار الجوي من عدمه مهمة جداً لكثير من القطاعات ؛ لأنها تمكن من تفادي أضرار حالات الطقس الحادة وما يصاحبها من سيول وعواصف رعدية ورياح عاتية وبرد. إن كشف حالة الاستقرار الجوي من عدمه يعتمد اعتماداً كبيراً على العديد من المؤشرات الرياضية التي تستخدم لتوقع حالة استقرار الجو . في بحث سابق اتضح أن مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية والتي تستخدمها رئاسة الأرصاد وحماية البيئة لتوقع حالة الاستقرار الجوي في وسط المملكة تخفق في كثير من الأحيان في كشف نشوء حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي، لذلك تأتي هذه الدراسة لاقتراح تعديل في المؤشرات المذكورة ؛ لتحسين أدائها واقتراح مؤشرات رياضية أخرى تكون أدق في توقع حالة استقرار الجو من عدمه في وسط المملكة العربية السعودية .

لتحقيق أهداف هذه الدراسة تم استخدام معلومات رصد جوي يومية سطحية وعلوية تمثل محطة الرياض والتي اعتمدت لتمثيل المنطقة الوسطى من المملكة . هذه المعلومات تمثل متغيرات ميتيورولوجية عديدة مهمة لتحديد حالة استقرار الجو من عدمه . هذه المتغيرات تمثل عناصر ميتيورولوجية سطحية وعلوية تمثل مستويات ضغط و هي ٩٠٠ و ٨٥٠ و ٧٠٠ و ٥٠٠ و٣٠٠ و٢٠٠

مليبار. لتحقيق أهداف هذه الدراسة تم توظيف أساليب إحصائية وميتيورولوجية عديدة وذلك لفحص العلاقة بين قيم المتغيرات العلوية والسطحية السابقة الذكر وحالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي. أيضاً تم في هذه الدراسة تطبيق المنهج التجريبي ؛ وذلك من خلال إجراء العديد من التجارب الرياضية كإجراء لوضع التعديلات المناسبة لبعض المؤشرات المعمول بها حالياً وكذلك كإجراء لبناء النماذج الرياضية التي تمثل المؤشرات المقترحة .

لقد اتضح من فحص العلاقة بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي والمتغيرات الميتيورولوجية المدروسة أن أهم المتغيرات التي تحدد حالة الاستقرار الجوي من عدمه في وسط المملكة هي :-

١- الرطوبة النسبية السطحية وفي مستويات علوية تمتد حتى مستوى ٧٠٠ مليبار.

٢- سرعة الرياح في مستويات الضغط ما بين ٨٥٠ إلى ٧٠٠ مليبار في فصل الربيع ومابين ٨٥٠ إلى ٥٠٠ في فصل الشتاء.

٣- درجة الحرارة عند مستوى ٥٠٠ مليبار .

لقد تبين من التجارب الرياضية السابقة الذكر أن تعديل القيم الحدية لبعض المؤشرات المعمول بها حالياً يحسن من أداء تلك المؤشرات في كشف حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة . كما أن التجارب الرياضية والتي بنيت على أساس فهم العلاقة بين المتغيرات الميتيورولوجية السطحية والعلوية وحالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي مكنت من بناء مؤشرين رياضيين لتحديد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي للمملكة، واحد لفصل الربيع والآخر لفصل الشتاء. وقد اتضح من التطبيق العملي لهذين المؤشرين أن أداءهما أفضل بشكل واضح من أداء المؤشرات المعمول بها حالياً، إلا أن توظيف هذين المؤشرين مع الاستئناس بالمؤشرات الحالية بعد تعديل قيمها الحدية يعطي نتائج أفضل .

موضوع البحث وأهميته

توقع حالات عدم الاستقرار الجوي من أهم الأمور التي يهتم بها الميتيورلوجيون سواء في عملهم اليومي أو في أبحاثهم ؛ لأن استقرار الجو من عدمة يلعب دوراً مهماً جداً

في العديد من الجوانب التي تهم الإنسان. فتوقع العواصف الرعدية الشديدة وما يصاحبها من مخاطر مهمة لكثير من النشاطات التي يزاولها الإنسان وقد تمثل خطر على حياته وممتلكاته ؛ لذلك يجب على الإنسان الاستعداد لتلك الظواهر لتفادي أخطارها. ويعتمد ذلك الاستعداد اعتماداً كبيراً على درجة دقة توقع تلك الظواهر من خلال فهم حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي خصوصاً في الساعات الأثني عشرة التي تسبق حدوث العواصف الحادة. و في بحث سابق[١] اتضح أن مؤشرات عدم الأستقرار الجوي المعمول بها بواسطة رئاسة الأرصاد وحماية البيئة تفشل في أحيان كثيرة في توقع حالات عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة. وأوضحت الدراسة أن ذلك الفشل يتفاوت بين المؤشرات المعمول بها ، فقد اتضح أن أقل المؤشرات دقة مؤشران هما Lifted Index LI ومؤشر Showalter Index (SI) ثم يأتي بعدهما Sweet Index. بينما كان افضل المؤشرات هو مؤشر K Index يليه مؤشر Total Totals Index TTI ومع ذلك نجد أن حتى هذين المؤشرين يفشلان أحيانا في توقع حالة عدم الاستقرار الجوي.

وقد اتضح أن من أهم أسباب عدم فاعلية تلك المؤشرات بشكل جيد هو وجود ثوابت وقيم في بنائها الرياضي لا تتوافق مع ظروف المملكة الجغرافية والمناخية ، لكونها بنيت في مناطق من العالم تختلف في ظروفها المناخية والجغرافية عن المملكة.

لقد أثبتت الكثير من الدراسات أن فحص أداء المؤشرات السابقة الذكر والمعمول بها لتوقع حالة إستقرار وعدم الجوي فحصا دقيقا يمكن أن يؤدي إلى بناء مؤشرات أفضل أداء لتوقع حالة عدم الاستقرار الجوي في أقاليم معينة من العالم من تلك المستخدمة عالميا[٢].

---

١) ا لكا ـ بـــي بـــي، فهد محمد، "فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمـــول بهـــا في وســـط المملكة العربية السعودية" *سلسلة بحوث جغرافية*، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد ٦٥ (٢٠٠٤م).

٢) Henry, L. H, "A Static Stability Index for Low-Topped Convection", *Weather and Forecasting*, Vol. 15, (2000), pp. 246-254.

ومن هنا تأتي أهمية تلك الدراسة في أنها محاولة لتعديل مؤشرات الاستقرار الجوي المعمول بها في وسط المملكة وكذلك اقتراح مؤشرات جديدة تتناسب مع الظروف المناخية الجغرافية لوسط المملكة. ويجب التأكيد على أن توقع الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي خاصة التوقع طويل المدى لا يمكن أن يصل إلى درجة كبيرة جدا من الدقة ؛ وذلك لتداخل الكثير من العوامل في تكوين حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي ومن أهمها العلاقة المعقدة بين الغلاف الجوي والحالة الديناميكية والحرارية للبحار والمحيطات(٣). إلا أن اقتراح مؤشرات جديدة تتناسب مع الظروف المناخية الجغرافية لوسط المملكة سوف يترتب عليه فهم أفضل وتوقع أدق لحالة الطقس خاصة تلك الحالات الحادة التي يعتبر فهمها ودقة توقعها مهم جداً.

وحسب معرفة الباحث لا يوجد أبحاث تدرس إمكانية بناء مؤشرات جديدة للاستقرار الجوي في المملكة أو تعديل للمؤشرات المعمول بها حاليا. هذا يعطي أهمية أخرى لهذه الدراسة حيث تعتبر إضافة جديدة للأدبيات في مجال الطقس والمناخ في المملكة وبالذات تلك المتعلقة بالعواصف الرعدية والاستقرار الجوي.

مؤشرات عدم الاستقرار الجوي المعمول حاليا بها في وسط المملكة

يعطي هذا الجزء من البحث فكرة مختصرة عن أهم المؤشرات التي تستخدمها رئاسة الأرصاد وحماية البيئة لفهم وتوقع حالات عدم الاستقرار الجوي وسط المملكة. و

---

(٣) Fedonov, A. V. and G. Philonder, "A Stability Analysis of Tropical Ocean-Atmosphere Interaction: Bridging Measurements and Theory for El Nino", *Journal of Climate*: Vol. 14, No 14,(2001) p.p. 3086-3101.

سوف يشمل ذلك إستعراض مختصر لبنيتها الرياضية مع العلم أنة قد تم التطرق لتلك المؤشرات و بنيتها الرياضية بشكل مفصل في بحث سابق(٤).

١- مؤشر شولتر Showalter Index (SI)

الأساس في بناء هذا المؤشر هو الفرق بين درجة الحرارة عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار ودرجة حرارة فقاعة الهواء عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار لو رفعت رفعا ذاتيا جافا إلى ذلك المستوى من مستوى التكاثف التصاعدي والذي تم تحديده اعتمادا على قيم درجة الحرارة ودرجة حرارة الندى عند مستوى ٨٥٠ مليبار. ومستوى التكاثف التصاعدي والمسمى Lifting Condensation Level LCL هو الارتفاع الذي يجب أن ترفع الفقاعة إليه من مستوى معين رفعاً ذاتياً جافاً لتصبح مشبعة وتبدأ في التكاثف. لذلك يحسب هذا المؤشر على النحو التالي :

$$SI = T_{500} - T^{*}_{500}$$

حيث :

T_{500} = درجة الحرارة عند مستوى ٥٠٠ مليبار.

T^{*}_{500} = درجة حرارة فقاعة الهواء عند ٥٠٠ مليبار لو رفعت رفعا ذاتيا جافا إلى ذلك المستوى من مستوى التكاثف التصاعدي LCL والذي تم تحديده اعتمادا على قيم درجة الحرارة ودرجة حرارة الندى عند مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار.

تحدد قيم هذا المؤشر درجة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي. فإذا كانت قيم هذا المؤشر سالبة اشارت إلى أن الهواء المرفوع من مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار سوف يكون ذا

---

(٤) الكليبي، فهد محمد، "فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية" *سلسلة بحوث جغرافية*، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد ٦٥ (٢٠٠٤م).

حركة علوية موجبة (صعود) Positive Bouncy قبل أن يصل إلى مستوى ٥٠٠ مليبار. وقد ومن المعروف أن الصعود في الهواء يشير إلى عدم استقرار جوي والهبوط فيه إلى استقرار جوي. لذلك كانت قيم هذا المؤشر سالبة كلما أشار ذلك إلى صعود أكبر وعدم استقرار جوي أكبر. أما إذا كانت القيم موجبة فهذا يشير إلى أن الفقاعة ذات حركة علوية سالبة (هبوط) Negative Bouncy ، وهذا يعني استقرار جوي وكلما زادت القيم الموجبة أشار ذلك إلى استقرار جوي أكبر[٥].

٢- مؤشر الرفع Lifted Index LI

الفرق بين هذا المؤشر و مؤشر شولترهو أن درجة حرارة الفقاعة عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار في هذا المؤشر يحددها رفع فقاعة الهواء رفعا ذاتيا جافا من مستوى التكاثف التصاعدي (LCL) الذي حدد بناءا علي قيم متوسط نسبة المزج Mixing Ratio في وسط الطبقة الحدية (حوالي ٩٠٠ متر)، وليس بقيم درجة الحرارة ودرجة حرارة الندى عند مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار. وهذا المؤشر أفضل من مؤشر شولتر في الحالات التي تكون فيها قيم الرطوبة في وسط الطبقة الحدية وأولها عالية ولكنها لا تمتد إلي مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار.

ويمكن حساب مؤشر الرفع (LI) على النحو التالي :

$$LI = T_{500} - T^{*}_{500}$$

حيث إن :

T_{500} = درجة الحرارة عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار.

---

(٥) Peterssen, S, 1969, *Introduction to Meteorology*, McGraw Hill, New York.

T^*_{500} = درجة حرارة فقاعة الهواء عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار لو رفعت لة رفعا ذاتيا جافا من مستوى التكاثف التصاعدي (LCL) والذي تم تحديده اعتمادا على قيم متوسط نسبة المزج Mixing Ratio في وسط الطبقة الحدية (حوالي ٩٠٠ متر).

وكما هي الحال في مؤشر شولترفإن قيم هذا المؤشر تحدد درجة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي. فإذا كانت قيم هذا المؤشر سالبة فهذا يشير إلى أن الهواء المرفوع من وسط الطبقة الحدية سوف يكون ذا حركة علوية موجبة (صعود) Positive Bouncy قبل أن يصل إلى مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار. لذلك كلما كانت قيم هذا المؤشر سالبة أشار ذلك إلى صعود أكبر وعدم استقرار جوي أكبر. أما إذا كانت القيم موجبة فهذا يشير إلى أن الفقاعة ذات حركة علوية سالبة (هبوط) Negative ouncy ويكون هناك عدم ميل للتصاعد، وهذا يعني استقرار جوي وكلما زادت القيم الموجبة أشار ذلك إلى استقرار جوي أكبر.

٣- مؤشر K Index (KI)

يستخدم مؤشر K لتحديد احتمالية حدوث العواصف الرعدية[٦]. وهو يعتمد على التغير الرأسي في درجة الحرارة Vertical Temperature Lap Rate وعلى كمية الرطوبه في الجزء السفلي من الغلاف الجوي والامتداد الرأسي للطبقة الرطبة. لذلك يستخدم هذا المؤشر العديد من المحددات وهي:

---

(٦) National Weather Service, First module on the Skew-T Log-P Diagram, (1991), pp 46-47.

١- الفرق بين درجة الحرارة في المستويين ٨٥٠ مليبار و ٥٠٠ مليبار لفهم نمط التغير الرأسي في درجة الحرارة.

٢- درجة حرارة الندى عند ٨٥٠ مليبار لفهم كمية الرطوبة في الجزء السفلي من الغلاف الجوي.

٣- عمق درجة حرارة الندى Dew Point Depression DPD عند مستوى ٧٠٠ مليبار. و عمق درجة حرارة الندى عند أي مستوى هو الفرق بين درجة الحرارة الحقيقة ودرجة حرارة الندى في ذلك المستوى وكلما صغرت قيم عمق درجة حرارة الندى أشار ذلك إلى وجود رطوبة نسبية عالية في ذلك المستوى والعكس صحيح. ويمكن حساب مؤشر K رياضياً على النحو التالي:

$$KI = (T_{850} - T_{500}) + TD_{850} - DPD_{700}$$

حيث إن:

T_{850} = درجة الحرارة عند مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار.

T_{500} = درجة الحرارة عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار.

Td_{850} = درجة حرارة الندى عند مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار.

DPD_{700} = عمق درجة حرارة الندى عند مستوى ضغط ٧٠٠ مليبار.

وكلما زادت قيمة هذا المؤشر كلما زاد احتمال حدوث العواصف الرعدية. وقد تم عالميا اعتماد قيم معينة تربط مؤشر K باحتمالية حدوث العواصف الرعدية[٧]. هذه القيم موضحة في الجدول رقم (١).

---

(٧) National Weather Service, First module on the Skew-T Log-P Diagram, (1991), pp 47-49.

الجدول رقم (١). القيم الحدية لمؤشر KI التي تحدد حدوث العواصف الرعدية.

قيم مؤشر K	نسبة احتمالية حدوث العواصف الرعدية
K < ١٠	صفر
١٥ إلى ٢٠	٢٠٪
٢١ إلى ٢٥	٢٠ إلى ٤٠٪
٢٦ إلى ٣٠	٤٠ إلى ٦٠٪
٣١ إلى ٣٥	٦٠ إلى ٨٠٪
٣٦ إلى ٤٠	٨٠ إلى ٩٠٪
K > ٤٠	قرب ١٠٠٪

٤- مؤشر جمع المجاميع Total Totals Index TTI

سمي هذا المؤشر بهذا الاسم ؛ لأنه عبارة عن جمع مؤشرين حملانيين وهما مؤشر الجمع الرأسي Vertical Totals (VT) ومؤشر الجمع الأفقي المقطعي أو Cross Totals (CT). ولذلك يكتب مؤشر جمع المجاميع على النحو التالي :

$$TTI = Vt + Ct$$

ويمكن حساب كل من Vt و Ct على النحو التالي :

$$Vt = T_{850} - T_{500}$$
$$Ct = Td_{850} - T_{500}$$

ومنهما نحصل على الصيغة الرياضية لمؤشر جمع المجاميع TTI على النحو التالي :

$$TTI = (T_{850} + Td_{850}) - 2\,(T_{500})$$

حيث :

T850 = درجة الحرارة الفعليه عند مستوى ضغط ٨٥٠ ملليبار.

Td_{850} = درجة حرارة الندى عند مستوى ضغط ٨٥٠ ملليبار.

T_{500} = درجة الحرارة الفعليه عند مستوى ضغط ٥٠٠ ملليبار.

وهذا يشير إلى أن هذا المؤشر يعتمد على عناصر هي :

١- الاختلاف الرأسي في درجة الحرارة بين مستويين ضغطيين وهما ٨٥٠ و ٥٠٠ مليبار من خلال توظيفه مؤشر الجمع الرأسي VT .

٢- كمية بخار الماء في الجزء السفلي و درجة الحرارة العلوية من خلال توظيفه المؤشر الجمع الأفقي المقطعي CT والذي يعتمد على كمية الرطوبة في أعلى الطبقة الحدية وهو مستوى ٨٥٠ مليبار وعلى درجة الحرارة في مستوى عدم التفرق Non divergence Level وهو مستوى ٥٠٠ مليبار.

تنحصر القيم الحدية لهذا المؤشرعلى النحو التالي :

١- ٤٤ تعني احتمالية واردة لحدوث نشاط تصاعدي وحدوث عواصف رعدية.

٢- من ٤٥ إلى ٥٠ تعني احتمالية جيدة لحدوث عواصف رعدية ولكن احتمالية ضعيفة أن تكون تلك العواصف الرعدية حادة .

٣- من ٥١ إلى ٥٥ تعني احتمالية متوسطة لحدوث عواصف رعدية حادة .

٤- أكثر من ٥٥ احتمالية قوية لحدوث عواصف رعدية حادة .

وقد أثبتت الدراسات حول إستخدام مؤشر TTI أن القيم الحدية للمؤشر والتي يعتمد عليها في تحديد احتمالية حدوث العواصف الرعدية تتفاوت بشكل واضح من أقليم لأخر حتى في البلد الذي بني فية هذا المؤشر و هي الولايات المتحدة.

٥- مؤشر سويت Sweet Index (SWI)

يستخدم هذا المؤشر لتقدير احتمال حدوث العواصف الرعدية الحادة في كتلة هوائية معينة وهو يعتمد على خمس قيم حدية تعتبر مهمة لحدوث العواصف الرعدية الحادة وهذه المحددات[٨] :

---

(٨) National Weather Service, First module on the Skew-T Log-P Diagram, (1991), pp 48-51.

١- كمية بخار الماء أسفل طبقة التروبوسفير، ويعتمد ذلك على حساب درجة حرارة الندى عند ٨٥٠ مستوى ملليبار.

٢- قيمة مؤشر جمع المجاميع TTI .

٣- سرعة الرياح في أسفل طبقة التروبوسفير، ويعتمد ذلك على حساب سرعة الرياح عند مستوى ٨٥٠ ملليبار.

٤- سرعة الرياح في وسط طبقة التروبوسفير، ويعتمد ذلك على حساب سرعة الرياح عند مستوى ٥٠٠ ملليبار.

٥- قيم التآفق الدافئ Warm Advection (الجريان الأفقي الدافئ) ويعتمد ذلك على حساب تغير اتجاه الرياح التقدمي Veering of Wind بين المستويين ٨٥٠ و ٥٠٠ ملليبار (Veering between 850 mb and 500 mb) ويمكن التعبير عن مؤشر سويت رياضياً على النحو التالي :

$$SWI = 12D + 20\,(T - 49) + 2F_8 + F_5 + 125\,(S + 0.2)$$

حيث :

D = درجة حرارة الندى عند ٨٥٠ ملليبار (دائماً عندما تكون القيمة سالبة فإنها تعتبر صفراً).

F_8 = سرعة الرياح عند مستوى ضغط ٨٥٠ ملليبار (عقدة /الساعة).

F_5 = سرعة الرياح عند مستوى ضغط ٥٠٠ ملليبار (عقدة /الساعة).

S = الجيب للفرق بين اتجاه الرياح عند مستوى ضغط ٨٥٠ ملليبار و مستوى ضغط ٥٠٠ ملليبار.

T = قيمة مؤشر جمع المجاميع TTI وعندما تكون هذه القيمة أقل من ٤٩ فإن الجزء 20 (T-49) في المعادلة يعتبر صفراً.

وقد اعتمدت قيم حدية معينة لهذا المؤشر تستخدم لتوقع العواصف الرعدية وهي:

٣٠٠ للعواصف الرعدية الحادة .

٤٠٠ للعواصف الرعدية الحادة جداً والتي ينشأ معها عواصف الترنادو Tornodoic Storms.

تساؤلات البحث وأهدافه

أهم تساؤلات هذا البحث يمكن إيرادها على النحو التالي:

١- ما هي طبيعة العلاقة بين حالة عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة والعناصر الميتيورولوجية في الجزء السفلي من الغلاف الجوي في وسط المملكة.

٢- هل يمكن تعديل المؤشرات الحالية لتكون أنسب لتوقع حالة الاستقرار الجوي من عدمة وسط المملكة؟

٣- هل يمكن بناء مؤشرات أخرى تكون أنسب لمناخ وسط المملكة وتحقق فهم وتوقع أدق لحالات عدم الاستقرار الجوي لوسط المملكة؟

٤- ما مدى جدوى المؤشرات المقترحة أو المعدلة في رفع دقة توقع حالات عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة ؟

إن أهم أهداف هذا البحث هو الإجابة على التساؤلات السابقة الذكر .

طرق البحث ووسائلة

١- معلومات البحث

لتحقيق أهداف هذا البحث تم استخدام نوعين من المعلومات المناخية: سطحية وعلوية، تمثل محطة الرياض وتشمل عناصر ميتيورولوجية عديدة مهمة لهذه الدراسة. وهذه العناصر هي درجة الحرارة عند السطح وفي مستويات علوية عديدة (T) ودرجة

حرارة الندى عند السطح وفي مستويات علوية عديدة (Td) والرطوبة النسبية عند السطح وفي مستويات علوية عديدة (RH) واتجاه وسرعة الرياح عند السطح وفي مستويات علوية عديدة وكمية الأمطار اليومية. والمستويات الضغطية العلوية المدروسة هي: ٩٠٠ مليبار و ٨٥٠ مليبار و ٧٠٠ مليبار و ٥٠٠ مليبار و ٣٠٠ مليبار و ٢٠٠ مليبار.

وعند فحص العلاقة بين حالات عدم الاستقرار الجوي والمتغيرات المدروسة تم استخدام المعلومات اليومية لمحطة الرياض لفترة زمنية تمتد ٣٦ شهراً تبدأ من يناير ١٩٩٤م حتى ديسمبر ١٩٩٦م.

اعتمدت القياسات المأخوذة فوق محطة الرياض العلوية لتمثل وسط المملكة؛ لكونها تتوسط تلك المنطقة؛ ولكون حالة الجو العلوية فوق الرياض لا تختلف كثيرا عن بقيه مناطق وسط المملكة. وعلى العكس من الدراسات المناخية السطحية، هذا النوع من التمثيل دارج في الدراسات المناخية العلوية حيث يمكن أن تمثل معلومات محطة علوية واحدة مساحات شاسعة تشمل مناطق عديدة. والسبب في ذلك هو أن حالة الجو العلوية في كثير من الأحيان تتماثل في مساحة شاسعة بينما حالة الجو السطحية في مكان ما تمثل مساحة محدودة وقد تختلف عن الأماكن القريبة منها. لذلك وحسب معايير المنظمة العالمية للأرصاد WMO نجد عدد المحطات العلوية في العالم أقل بكثير من المحطات السطحية. فالمملكة لديها العشرات من المحطات السطحية ولكن لديها فقط ثمان محطات علوية تغطى كل المملكة وهذا مقبول لدى المنظمة العالمية للأرصاد WMO. لذلك اختيرت محطة الرياض لتمثل وسط المملكة.

٢- أساليب البحث

لقد تم فحص العلاقة بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة والمتغيرات العلوية وهي درجة الحرارة ودرجة حرارة الندى والرطوبة النسبية

واتجاه وسرعة الرياح في المستويات العلوية المدروسة والتي سبق ذكرها. والهدف من ذلك هو تحديد أهم المتغيرات التي تؤثر في حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي وسط المملكة والذي يعتبر مهماً جداً لإجراء التعديل المناسب على المؤشرات الحالية ولكي يتسنى بناء مؤشرات عدم استقرار جوي جديدة أنسب للمنطقة. لقد تم استخدام كمية الأمطار كمؤشر لتحديد حالات عدم الاستقرار الجوي ودرجاته ؛ لكون التساقط من أهم العناصر التي تعكس حالة عدم الاستقرار الجوي. فحالة عدم الاستقرار الجوي التي لا يصاحبها أمطار عادة لا تعتبر مهمة بل قد تحصل وتنتهي دون أن ينتبه لها الكثير من غير المختصين. أما تلك التي يصاحبها تساقط فعادة يبرز معها مظاهر عدم الاستقرار الجوي الأخرى مثل العواصف الرعدية وتساقط البرد وهبوب الرياح العاتية وحدوث الفيضانات والسيول المفاجئة. وقد تم تحديد درجة عدم الاستقرار الجوي بناءً على كمية المطر، فالحالة التي حدث معها تساقط مقداره ١ ملم تعتبر حالة خفيفة أو درجة ١ والتي حدث معها ٥ ملم تعتبر درجة ٥ والتي حدث معها تساقط ٣٠ ملم تعتبر درجة ٣٠ وهكذا. أما الحالات التي تعتبر حالات استقرار جوي فهي تلك الحالات التي امتازت بصفاء السماء وعدم وجود تساقط وارتفاع ملحوظ في الضغط الجوي ووجود رياح هادئة تكون في الغالب شمالية إلى شمالية شرقية ؛ لأن تلك المظاهر من أهم خصائص استقرار الجو في مناطق وسط المملكة في فصول الشتاء و الربيع و الخريف.

لقد تم تقسيم حالات عدم الاستقرار الجوي إلى فئتين بناءً على ديناميكية عدم الاستقرار الجوي وهما عدم الاستقرار الجوي الجبهي Frontal Instability وعدم الاستقرار الجوي الحملاني Convectional Instability[٩]. الحالة الأولى يحدث معها ما يسمى بالتساقط الإعصاري Cyclonic Precipitation والثانية يحدث معها ما يسمى بالتساقط الحملاني

(٩) Barry, R.G. & Richard J. Chorley, Atmosphere Weather and Climate, Routledge, New York, (2000), pp 120-132

أو Convectional Precipitation. في المملكة العربية السعودية النوع الأول يحدث في الغالب في اشهر ديسمبر ويناير وفبراير أما الحالة الثانية فتحدث في أشهر أكتوبر ونوفمبر ومارس وأبريل ومايو. لذلك في هذه الدراسة تم أخذ عينتين الأولى: تمثل حالات استقرار وعدم إستقرار جوي ربيعية أخذت من شهري ومارس وأبريل، أما العينة الثانية فهي تمثل حالات استقرار وعدم استقرار جوي شتوية أخذت من ديسمبر ويناير وفبراير. ولفحص العلاقة بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي والمتغيرات السابقة الذكر في المستويات العلوية السابقة الذكر تم توظيف أسلوب تحليل الانحدار Regression Analysis. بناءً على نتائج المرحلة السابقة تم تعديل بعض مؤشرات عدم الاستقرار الجوي المستخدمة حاليا والتي سبق ذكرها وتم أيضا اقتراح مؤشرات جديدة. وبتوظيف معلومات مستقلة وهي معلومات يومية تمثل حالات عدم استقرار وعدم استقرار جوي، تم اختبار جودة المؤشرات المعدلة والمؤشرات الجديدة المقترحة.

لقد تم تطبيق المنهج التجريبي في هذة الدراسة، وذلك كأجراء لبناء النماذج الرياضية التي تمثل المؤشرات المقترحة والتي بنيت بناءً على نتائج فحص العلاقة بين حالات عدم الاستقرار الجوي والمتغيرات المدروسة وقد تم تطبيق هذا المنهج كما يلي:

أولا: تم إجراء تجارب عديدة على أفضل المؤشرات المعمول بها حاليا والتي سبق اختبار جودتها في دراسة سابقة[١٠]؛ وذلك في محاولة لتعديل قيمها الحدية للحصول على نتائج أفضل.

---

(١٠) الكليبي، فهد محمد، "فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية" *سلسلة بحوث جغرافية*، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد ٦٥ (٢٠٠٤م).

ثانيـــا: تم القيام بعشرات التجارب الرياضية ؛ وذلك كخطوة لبناء المؤشرات الجديدة قبل اعتمادها وقد أجريت تلك التجارب على عدد كبير من الحالات الجوية في كل من فصلي الشتاء والربيع.

النتائج و مناقشتها

أولا: العلاقة بين عدم الاستقرار الجوي والمتغيرات الميتيورولوجية العلوية في وسط المملكة.

في بحث سابق تم فحص أثنتى عشرة حالة من حالات الاستقرار و عدم الاستقرار الجوي تم من خلال استعراضها إبراز فشل بعض المؤشرات في كشف حالات عدم الاستقرار الجوي في مناطق وسط المملكة سواء منها الشتوية والربيعية. وقد تم التنوية في تلك الدراسة أن حساب هذه المؤشرات يعتمد على متغيرات جوية قد لا تكون مهمة في تحديد وكشف حالات عدم الاستقرار في مناطق وسط المملكة لكون تلك المؤشرات بنيت لمناطق تختلف في ظروفها الجغرافية والمناخية عن وسط المملكة. لذلك من المهم تفحص المتغيرات الميتيورلوجية سواء منها السطحية أو العلوية في منطقة الدراسة للتحديد والتعرف على تلك المتغيرات التي تلعب دوراً مهماً في نشر حالات عدم الاستقرار الجوي فيها. إن عمل ذلك مكن إجراء تعديل في القيم الحدية لبعض المؤشرات القائمة والمعمول بها لتحديد عدم الاستقرار في وسط المملكة. كما مكن من بناء مؤشرات جديدة اتضح أنها أفضل في كشف حالات عدم الاستقرار الجوي وسط المملكة وهذه النقاط من أهم نتائج هذا لبحث .

لقد تم فحص العلاقة بين حالات عدم الاستقرار الجوي في منطقة الدراسة وكثير من المتغيرات الميتيورولوجية العلوية والجدول رقم (٢) يوضح معاملات الارتباط بين حالات عدم الاستقرار وهو المتغير التابع والمتغيرات المستقلة السابقة الذكر لفصلي الشتاء والربيع والتي ترتبط بحالات عدم الاستقرار الجوي ارتباطا معنويا عند $\alpha = ٠,٠١$. ويمكن إيجاز طبيعة تلك العلاقة على النحو التالي :

١- ترتبط حالة عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة في فصلي الشتاء والربيع ارتباطاً معنوياً موجباً بمتوسط الرطوبة النسبية في العديد من المستويات تمتد من السطح حتى مستوى ٧٠٠ مليبار.

٢- ترتبط حالة عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة ارتباطاً معنوياً موجباً بمتوسط سرعة الرياح في المستويات ما بين ٨٥٠ مليبار إلى ٧٠٠ مليبار في فصل الربيع والمستويات ما بين ٨٥٠ إلى ٥٠٠ مليبار في فصل الشتاء .

٣- ترتبط حالة عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة ارتباطاً معنوياً سالباً بمتوسط درجة الحرارة عند مستوى ٥٠٠ مليبار في فصل الشتاء وارتباطاً معنوياً موجباً في فصل الربيع. هذا الاختلاف بين الربيع والشتاء في العلاقة بين حالات الاستقرار الجوي ودرجة الحرارة عند ٥٠٠ مليبار قد يرجع إلى أن حالات عدم الاستقرار الشتوية وسط المملكة مرتبطة بتقدم أخدود هوائي بارد في طبقات الجو العليا. بينما في الغالب ترتبط حالات عدم الاستقرار الجوي في فصل الربيع في تلك المنطقة بوجود تيارات حمل رأسية نشطة تحمل الهواء السطحي الدافئ إلى أعلى مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار.

ثانيا: تعديل المؤشرات الحالية و بناء المؤشرات الجديدة

الهدف من هذة الفقرة من البحث هو استعراض نتائج التجارب العديدة على المؤشرات الحالية ونتائج التجارب الأخرى والتي هدفت لبناء مؤشرات عدم استقرار جوي جديدة. وقد اقتصرت التجارب التي أجريت على المؤشرات الحالية على مؤشرين هما مؤشر KI و مؤشر TTI والتي اتضح من دراسة سابقة[١١] أنهما أفضل المؤشرات المعمول بها بالرغم من فشلهما في بعض الأحيان من كشف حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي.

---

(١١) الكليبي، فهد محمد، "فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية" *سلسلة بحوث جغرافية*، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد ٦٥ (٢٠٠٤م).

١- تعديل المؤشرات الحالية

لم يرغب هذا البحث في التدخل في البناء الرياضي للمؤشرات الحالية، وتم الاكتفاء بالتعديل في القيم الحدية لتلك المؤشرات، وذلك بناء على نتائج العديد من التجارب الرياضية والفحص الدقيق لتك المؤشرات وكذلك فحص العلاقة بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي وسط المملكة والعديد من المتغيرات المتيورولوجية السطحية والعلوية في المنطقة. وقد اتضح من تلك التجارب أن أداء مؤشري KI و TTI في وسط المملكة سوف يكون أفضل عندما تعدل قيمهما الحدية عن القيم الحدية العالمية والتي أشير لها في فقرة سابقة. والتعديل المقترح على النحو التالي:

بالنسبة لمؤشر KI تبقى القيمة الحدية الدنيا ١٥ أما العليا فتكون ٢٥، وكل حالة تزيد عنها تعتبر حالة عدم استقرار جوي نشطة. وإذا بلغت القيمة ٣٠ أو أكثر اعتبرت الحالة نشطة جداً. بالنسبة لمؤشر TTI فتخفض قيمها الحدية بحيث إذا بلغت قيمة المؤشر ٤٠ فهذا يشير إلى وجود حالة عدم استقرار يزداد نشاطها كلما زادت قيمة المؤشر وإذا بلغت القيمة ٥٠ أو أكثر فهذا مؤشر لوجود عدم استقرار نشط.

الجدول رقم (٢). معاملات الارتباط بين حالات عدم الاستقرار الجوي الشتوية و الربيعية و المتغيرات الميتيورولوجية و التي ترتبط معها ارتباط معنوي عند α =.٠١

المتغير العلوي	معامل الارتباط R مع حالة عدم الاستقرار الجوي	
	ربيع	شتاء
عمق درجة حرارة الندى عند ٩٢٥ مليبار	-,٦٩	-,٤٨
عمق درجة حرارة الندى عند ٨٥٠ مليبار	-,٦٢	-,٣٢
سرعة الرياح عند ٨٥٠ مليبار	,٤٠	,٤٨
عمق درجة حرارة الندى عند ٧٠٠ مليبار	-,٤٨	-,٤٠
سرعة الرياح عند ٧٠٠ مليبار	,٦٣	,٧٧
درجة الحرارة عند ٥٠٠ مليبار	,٣٨	-,٤٤
سرعة الرياح عند ٥٠٠ مليبار	,٤٩	,٦٧

٢- بناء المؤشرات الجديدة

بينت نتائج فحص العلاقة بين حالة عدم الاستقرار الجوي والمتغيرات الميتيورولجية العلوية والسطحية إمكانية بناء مؤشرات جديدة تكون أنسب لظروف المملكة المناخية والجغرافية. لقد تم إجراء تجارب رياضية عديدة للبحث عن أنسب مؤشر رياضي يحقق توقع أفضل لحالات عدم الاستقرار الجوي في مناطق وسط المملكة. وقد اتضح بعد تلك التجارب أن بعض المؤشرات المقترحة تعمل في فصل الربيع أفضل من فصل الشتاء وأخرى تعمل في فصل الشتاء أفضل من فصل الربيع ، ويعتمد ذلك على مدى العلاقة بين المتغيرات العلوية المدروسة وحالات عدم الاستقرار الجوي في كل فصل. لذلك تم بناء مؤشر للربيع وآخر للشتاء و نوردها على النحو التالي :

(أ) فصل الربيع

التجارب الرياضية العديدة في هذة الدراسة ، والتي بنيت على أساس طبيعة العلاقة بين متغيرات ميتيورولوجة عديدة وبين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي وسط المملكة ، مكنت من بناء مؤشر رياضي جديد يكشف ويوضح حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في فصل الربيع في وسط المملكة بشكل جيد. وقد أطلق على هذا المؤشر Fahad Alkalibi Index 1 (FKI1) ويمكن كتابة الصيغة الرياضية لهذا المؤشر على النحو التالي :

$$FKI1 = (TD_{925}) + (TD_{850}) + (WS_{850}) + (WS_{7000}) / (T_{500})$$

حيث :

TD_{925} هي درجة حرارة الندى (بالمئوي) عند مستوى ضغط ٩٥٢ مليبار.

TD_{850} هي درجة حرارة الندى (بالمئوي) عند مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار.

WS_{850} هي سرعة الرياح (عقدة /ساعة) عند مستوى ضغط ٨٥٠ مليبار.

WS_{700} هي سرعة الرياح (عقدة /ساعة) عند مستوى ضغط ٧٠٠ مليبار.

T_{500} هي درجة الحرارة (بالمئوي) عند مستوى ضغط ٥٠٠ مليبار.

لقد أوضحت التجارب العديدة أن العلاقة بين قيم ذلك المؤشر المقترح (FKI1) ودرجة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي هي علاقة عكسية. وقد بينت نتائج التجارب لهذا المؤشر على عدد كبير من حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي الربيعية وسط المملكة أن القيم الحدية لهذا المؤشر هي بشكل تقريبي على النحو التالي :

- إذا كانت القيمة أقل من -٧ فهذا يعني عدم استقرار جوي نشط جدا.
- إذا كانت القيمة ما بين -٧ و -٦ هذا يعني عدم استقرار جوي نشط.
- إذا كانت القيمة ما بين -٥ و -٤ فهذا يعني عدم استقرار جوي متوسط.
- إذا كانت القيمة ما بين -٣ و-٢ فهذا يعني عدم استقرار جوي ضعيف.
- إذا كانت القيمة أكثر من -٢ فهذا يعني استقرار جوي.

للتأكد من جودة المؤشر المقترح ولمقارنته مع أفضل المؤشرات المعمول بها حاليا وهما مؤشري KI ومؤشر TTI تم تطبيق أسلوب تحليل الانحدار البسط بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي الشتوية المدروسة وقيم كل واحد من المؤشرات الثلاثة وهي K و TTI والمؤشر المقترح الذي سمي FKI1. وقد لخصت نتائج هذا التحليل في الجدول رقم (٣) والذي يوضح أن العلاقة بين المؤشر المقترح وحالات عدم الاستقرار الجوي الربيعية كانت عكسية قوية بمعامل ارتباط R=-.84 ومعامل تحديد R^2 = .71. أما العلاقة بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي السابقة الذكر ومؤشر K ومؤشر TTI فقد كانت أضعف وهي على التوالي R=.57 ومعامل تحديد R^2=.32 بالنسبة لمؤشر KI، و R=.39 ومعامل تحديد R^2=.15 بالنسبة لمؤشر TTI. وهذا يؤكد أن المؤشر المقترح FKI1 قد نجح في تحديد حالة استقرار الجو من عدمه بشكل أفضل من مؤشري KI و TTI.

أيضاً تم فحص العلاقة بين المؤشر المقترح FKI1 ومؤشري KI و TTI ، وقد اتضح أن علاقة عكسية قوية. معامل الارتباط بين المؤشر المقترح ومؤشر KI هي R=-.79 وبين المؤشر المقترح ومؤشر TTI و R=-.63 مع معاملي تحديد R^2=62 و R^2=.39 على التوالي.

مما سبق ذكره تبين أن توظيف المؤشر المقترح مع الاستئناس بالمؤشرين KI و TTI سوف يمكن وبشكل أدق من تحديد حالة عدم الاستقرار الجوي الربيعية في المناطق الوسطى من المملكة.

(ب) فصل الشتاء

بعد تجارب رياضية عديدة اتضح أن المؤشر المقترح السابق الذكر والخاص بفصل الربيع كان أقل قدرة على كشف حالات عدم الاستقرار الجوي الشتوية مقارنة بكشف حالات عدم الاستقرار الجوي الربيعية. إلا أنه بعد مراجعة العلاقة بين حالات عدم الاستقرار الجوي الشتوية والمتغيرات الميتيورلوجية في مستويات علوية عديدة والتي سبق ذكرها في فقرة سابقة من هذا البحث، تبين أن سرعة الرياح ودرجة الحرارة في مستوى ٥٠٠ ملليبار لها ارتباط معنوي قوي مع حالات عدم الاستقرار الجوي وذلك في فصل الشتاء. حيث اتضح أن العلاقة بين سرعة الرياح في ذلك المستوى وحالات عدم الاستقرار الجوي كانت طردية بمعامل ارتباط R=.67 مع مستوى معنوية F=.001 والعلاقة بين درجة الحرارة في ذلك المستوى وحالات عدم الاستقرار الجوي كانت عكسية بمعامل ارتباط R=-.44 مع العلم أن مستوى المعنوية المطبق في هذه الدراسة هو α =.٠١. لذلك تم تعديل المؤشر المقترح FKI1 ليأخذ في الاعتبار طبيعة العلاقات السابقة الذكر. وقد سمي المؤشر الجديد والخاص بفصل الشتاء FKI2 Fahad Alkolibi Index 2 ليكون المؤشر المقترح الثاني في هذة الدراسة. ويمكن كتابة الصيغة الرياضية لهذا للمؤشر FKI2 على النحو التالي :

$$FKI2 = ((TD_{925}) + (TD_{850}) + (WS_{70}) + (WS_{850}) + (WS_{500})) * T_{500}/100$$

حيث :

Td_{925} هي درجة حرارة الندى (بالمئوي) عند مستوى ٩٢٥ مليبار.

Td_{850} هي درجة حرارة الندى (بالمئوي) عند مستوى ٨٥٠ مليبار.

Ws_{850} هي سرعة الرياح (عقدة/الساعة) عند مستوى ٨٥٠ مليبار.

Ws_{700} هي سرعة الرياح (عقدة/الساعة) عند مستوى ٧٠٠ مليبا.

Ws_{500} هي سرعة الرياح (عقدة/الساعة) عند مستوى ٥٠٠ مليبار.

T_{500} هي درجة الحرارة (بالمئوي) عند مستوى ٥٠٠ مليبار.

وفي هذا المؤشر تم ضرب مجموع سرعات الرياح ودرجات حرارة الندى بدرجة الحرارة عند ٥٠٠ مليبار بدل من القسمة عليها كما هو الحال في مؤشر FKI1 ؛ وذلك لأن العلاقة هنا بين حالة الاستقرار الجوي ودرجة الحرارة في ذلك المستوى (دائما تكون قيم سالبة) هي علاقة عكسية وليست طرديه كما هو الوضع في فصل الربيع. أما القسمة على ١٠٠ فالهدف منها الحصول على قيم أصغر رياضياً ليكون التعامل معها أسهل.

لقد أوضحت نتائج تلك التجارب على عدد كبير من حالات الاستقرار و عدم الأستقرار الجوي الشتوية وسط المملكة أن القيم الحدية لهذا المؤشر هي بشكل تقريبي على النحو التالي :

- إذا كانت القيمة أقل من -٢٠ فهذا يعني عدم استقرار جوي نشط جدا.
- إذا كانت القيمة ما بين -٢٠ و -١٧ فهذا يعني عدم استقرار جوي نشط.
- إذا كانت القيمة ما بين -١٦ و -١٣ فهذا يعني عدم استقرار جوي متوسط.
- إذا كانت القيمة ما بين -١٢ و- ٩ فهذا يعني عدم استقرار جوي ضعيف.
- إذا كانت القيمة أكثر من -٩ فهذا يعني استقرار جوي.

للتأكد من جودة هذا المؤشر المقترح وللمقارنة مع أفضل المؤشرات المعمول بها وهما مؤشر KI ومؤشر TTI تم تطبيق أسلوب تحليل الانحدار البسيط بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي الشتوية المدروسة وقيم كل واحد من المؤشرات الثلاثة وهي K و TTI والمؤشر المقترح الثاني FKI2. وقد لخصت نتائج هذا التحليل في الجدول رقم (٣) والذي يتضح منه أن العلاقة بين المؤشر المقترح وحالات عدم الاستقرار الجوي كانت عكسية قوية بمعامل ارتباط R=-.85 ومعامل تحديد R^2 = .72 . أما العلاقة بين حالات الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي السابقة الذكر ومؤشري K و TTI فقد كانت أضعف، وهي على التوالي R=.47 ومعامل تحديد R^2=.22 بالنسبة لمؤشر KI، و R=.45 ومعامل تحديد R^2=.20 بالنسبة لمؤشر TTI. وهذا يؤكد أن المؤشر المقترح FKI2 قد نجح في تحديد حالة استقرار الجو من عدمه بشكل أفضل من مؤشريKI و TTI.

أيضاً تم فحص العلاقة بين المؤشر المقترح ومؤشري KI و TTI وقد اتضح أن علاقة عكسية قوية بين المؤشر المقترح وهذين المؤشرين. مما سبق ذكره يمكن القول أن توظيف المؤشر المقترح مع الاستئناس بالمؤشرين KI و TTI سوف يمكن وبشكل أدق من تحديد حالة عدم الاستقرار الجوي الشتوية في المناطق الوسطى في المملكة.

الجدول رقم (٣). معاملات الارتباط بين حالة عدم الاستقرار الجوي والمؤشرات المقترحة وأفضل مؤشرين معمول بهما حالياً التي ترتبط معها ارتباط معنوي عند ٠١. = α .

المؤشر	معامل الارتباط مع حالة عدم الاستقرار الجوي	
	ربيع	شتاء
FKI1	,٨٤	-
FKI2	-	,٨٥
KI	,٧٥	,٤٧
TTI	,٣٩	,٤٥

التطبيق العملي للمؤشرات المعدلة والجديدة

للتأكد أكثر من جودة النتائج االتي توصلت إليها الدراسة الحالية تم تطبيق المؤشرات الجديدة (FKI1 و FKI2) و مؤشري KI و TTI بعد تعديل قيمها الحدية علي ٦٠ حالة من حالات الأستقرار وعدم الاستقرار الجوي، بواقع ٣٠ حالة لفصل الربيع و ٣٠ حالة لفصل الشتاء. لقد تم اختيار تلك الحالات عشوائيا من السجل المناخي اليومي لمدينة الرياض خلال فترة الدراسة والتي تمتد ٣٦ شهر من يناير ١٩٩٤ حتي ديسمبر ١٩٩٦.

وقد وضحت نتائج ذلك التطبيق العملي في الجدولين ٤ و٥ و يمكن أن نستنتج منهما الآتي:

بالنسبة لفصل الربيع (الجدول رقم ٤) نستطيع ملاحظة الآتي:

١- تمكن المؤشر الجديدFKI1 من كشف جميع حالات عدم الأستقرار الجوي.

٢- جميع حالات الاستقرار الجوي سجلت قيم تزيد عن -٢ وهذا يتوافق مع القيم الحدية المقترحة لهذا المؤشر.

٣- بعد تطبيق التعديل المقترح للقيم الحدية لمؤشري KI و TTI والذي سبق ذكرة تمكن هذان المؤشران من كشف أغلب حالت عدم الاستقرار الجوي الربيعية، إلا إنه في بعض الحالات ظهر كل من مؤشر KI و TTI بقيم مضللة تبين وجود حالة عدم استقرار جوي في يوم مستقر.

بالنسبة لفصل الشتاء (جدول ٥) فيمكن ملاحظة الأتي:

١- تمكن المؤشر الجديد FKI2 من كشف جميع حالات عدم الاستقرار الجوي عدا واحدة والتي اتضح أنها كانت حالة عدم استقرار جوي ضعيفة.

٢- جميع حالات الأستقرار الجوي سجلت قيم تزيد عن -٩ وهذا يتوافق مع القيم الحدية المقترحة لهذا المؤشر.

٣- بعد تطبيق التعديل المقترح للقيم الحدية لمؤشري KI و TTI والذي سبق ذكره تمكن هذان المؤشران من كشف أغلب حالت عدم الاستقرار الجوي الشتوية، إلا أنه في بعض الحالات ظهر كل من مؤشر KI و TTI بقيم مضللة تبين وجود حالة عدم الاستقرار جوي في يوم مستقر.

النتائج السابقة تؤكد ضرورة استخدام المؤشر الجديد FKI1 للكشف عن حالات عدم الاستقرار الجوي الربيعية والمؤشر FKI2 للكشف عن حالات عدم الاستقرار الجوي الشتوية مع الاستئناس بمؤشري KI و TTI .

الجدول رقم (٤). حالات الاستقرار (كمية المطر=صفر) وعدم الاستقرار الجوي الربيعية (هناك كمية معينة من المطر) التي طبق عليها المؤشر المقترح (FKI1) وأفضل مؤشرين يتم استخدامهما حاليا (TTI و KI).

رقم الحالة	السنة	الشهر	اليوم	كمية المطر (ملم)	مؤشر FKI1	مؤشر KI	مؤشر TTI
١	١٩٩٦	٣	٢٣	٣٢	٧,٣٢-	٣٥,٤٠	٥٠,٣٠
٢	١٩٩٥	٣	٢٠	٢٨	٦,٩٩-	٣٠,٠٠	٤٤,٦٠
٣	١٩٩٦	٣	٢٢	٢٥	٧,٥٢-	٣١,٣٠	٤٩,٤٠
٤	١٩٩٥	٣	٢١	٢٥	٦,٩٢-	٢٤,٩٠	٤٠,٤٠
٥	١٩٩٥	٣	٢٢	٢٢	٥,٤٠-	٣٢,٢٠	٤٤,٣٠
٦	١٩٩٥	٤	٢٨	٢٠	٤,٨٨-	٣٧,٥٠	٥٠,٤٠
٧	١٩٩٦	٤	٢٣	١٨	٦,١٦-	٢٦,٠٠	٤٧,٦٠
٨	١٩٩٤	٤	١٧	١٢	٥,٠٧-	٢٩,٨٠	٤٩,٨٠
٩	١٩٩٦	٤	٢٦	٥	٤,٧٢-	٢٨,٧٠	٥٢,٢٠
١٠	١٩٩٤	٤	٢٧	٥	٤,٩٩-	٢٥,٢٠	٥٠,٢٠
١١	١٩٩٥	٤	١٢	٤	٥,١٤-	٢٥,٣٠	٤٥,٢٠
١٢	١٩٩٤	٣	٣٠	٣	٣,٨١-	٢٦,٥٠	٤٢,٢٠
١٣	١٩٩٥	٤	٥	٣	٣,٧١-	٢٥,١٠	٤٤,٤٠
١٤	١٩٩٤	٤	٢	٢	٣,٨٧-	٢٢,١٠	٤١,٦٠

تابع الجدول رقم (٤).

رقم الحالة	السنة	الشهر	اليوم	كمية المطر (ملم)	مؤشر FKI1	مؤشر KI	مؤشر TTI
١٥	١٩٩٥	٤	٢٦	٢	٣,٤٥-	٣٢,٣٠	٤٩,٦٠
١٦	١٩٩٥	٤	١٥	٢	٣,٢٧-	٢٠,٥٠	٥٣,٨٠
١٧	١٩٩٤	٣	١٠	٢	٢,٤٧-	١٥,٣٠	٤٩,٢٠
١٨	١٩٩٤	٤	٦	٠	١,٤٨-	١٣,١٠	٣٢,٨٠
١٩	١٩٩٤	٤	٧	٠	١,٤٢-	١٣,٧٠	٣٥,٠٠
٢٠	١٩٩٤	٣	١٥	٠	١,٣٥-	١٦,١٠	٣٠,١٠
٢١	١٩٩٤	٣	٦	٠	١,١٦-	١٠,٧٠	٣٤,٦٠
٢٢	١٩٩٤	٤	٢٤	٠	١,٠٣-	١٦,٥٠	٤٣,٨٠
٢٣	١٩٩٤	٤	١٢	٠	٠,٩٨-	٩,١٠	٣١,٢٠
٢٤	١٩٩٤	٣	٨	٠	٠,٩٦-	٨,٣٠-	٢٩,٠٠
٢٥	١٩٩٤	٣	٥	٠	٠,٨١-	١١,٩٠	٤٢,٢٠
٢٦	١٩٩٥	٣	٦	٠	٠,٧٥-	٢١,٥٠	٣٤,٨٠
٢٧	١٩٩٤	٤	٢٣	٠	٠,٣٨-	١٠,١٠	٣٩,٠٠
٢٨	١٩٩٥	٣	٣	٠	٠,٣٥-	٦,١٠	٤٣,٠٠
٢٩	١٩٩٥	٣	٢	٠	٠,٢٨-	١١,١٠	٣٩,٦٠
٣٠	١٩٩٤	٣	٣	٠	٠,٢٧-	٢٠,١-	٣٢,٢٠

الجدول رقم (٥). حالات الاستقرار (كمية المطر=صفر) وعدم الاستقرار الجوي الشتوية (هناك كمية مطر معينة) التي طبق عليها المؤشر المقترح (FKI1) وأفضل مؤشرين يتم استخدامهما حاليا (TTI و KI).

رقم الحالة	السنة	الشهر	اليوم	كمية المطر (ملم)	مؤشر FKI2	مؤشر KI	مؤشر TTI
١	١٩٩٦	١	١١	٢٧	٢٥-	٣١,١	٤٧,٢
٢	١٩٩٦	١	٢٣	١٢	١٤-	٢٢,٨	٣٤,٣
٣	١٩٩٥	١٢	٢٤	١٠	٢٢-	٣١,٨	٤٨,٧
٤	١٩٩٥	١٢	١٦	١٠	١٣-	٣٣,٧	٤٩,٠
٥	١٩٩٥	١٢	١٥	٩	١٨-	٢٧,١	٤٥,٠
٦	١٩٩٥	١٢	١٨	٧	١٤-	٢٨,٢	٤٣,٣

تابع الجدول رقم (٥).

رقم الحالة	السنة	الشهر	اليوم	كمية المطر (ملم)	مؤشر FKI2	مؤشر KI	مؤشر TTI
٧	١٩٩٦	١	٢	٦	٩,١-	١٦,٢	٣٦,٨
٨	١٩٩٥	١٢	٢٢	٥	١٣-	٢٨,٧	٤٤,٢
٩	١٩٩٥	١٢	١٧	٤	١٢-	٢٤,٨	٤٠,٦
١٠	١٩٩٦	١	٣	٣	١٤-	٣٠,٢	٤٥,٩
١١	١٩٩٥	١٢	٢١	٣	١١-	٣١,١	٤٣,٨
١٢	١٩٩٦	١	١٠	٣	١٣-	٣٠,٤	٤٦,٠
١٣	١٩٩٥	١٢	١٠	٣	٩,٨-	٣٤,٨	٤٩,٧
١٤	١٩٩٥	١	٢٩	١	٦,٥-	٢٣,٧	٣٩,٢
١٥	١٩٩٤	١٢	٣١	١	١٣-	٢٣,٥	٤٣,٠
١٦	١٩٩٤	١	٢٢	٠	٦,١-	٤,١-	٢٩,٤
١٧	١٩٩٥	١	٢٤	٠	٦,٩-	١٢,١	٢٩,٠
١٨	١٩٩٥	١	٢٧	٠	٨,٣-	٦,٣-	٣٣,٤
١٩	١٩٩٥	١	٢٨	٠	٢,٧-	١٦-	٢٥,٨
٢٠	١٩٩٦	١	١٥	٠	٨,١-	١٥-	٣٨,٦
٢١	١٩٩٦	١	٢٦	٠	٧,٠-	٨,٨-	٣٦,٥
٢٢	١٩٩٦	١	٢٧	٠	٥,٢-	٥,٣-	٣٣,٢
٢٣	١٩٩٦	١	٢٨	٠	٥,٩-	٢٥-	١٤,٤
٢٤	١٩٩٦	١	٢٩	٠	٤,٧-	١٨,٥	٣٦,٤
٢٥	١٩٩٤	١٢	٨	٠	١,٧-	٢,٠٠	١٧,٠
٢٦	١٩٩٤	١٢	٩	٠	٧,٢-	١١,٣	٢٥,٤
٢٧	١٩٩٤	١٢	١٠	٠	٨,٠-	٢٠,١	٣٤,٠
٢٨	١٩٩٤	١٢	٢٦	٠	٧,١-	١٧-	٢٥,٨
٢٩	١٩٩٦	١٢	١٦	٠	٣,٥-	١٤-	٣٧,٦
٣٠	١٩٩٦	١٢	٢٨	٠	٣,٢-	٢١-	٢٣,٨

الخلاصة والتوصيات

خرجت تلك الدراسات بالعديد من النتائج المهمة و التي يمكن أن ترفع من مستوى التوقعات الجوية لحالات الأستقرار و عدم الأستقرار الجوي وسط المملكة و يمكن إيجازهاعلى النحو التالي :

١- أكدت الدراسة الحالية نتائج دراسة سابقة[١٢] والتي مفادها أنه حتى أفضل المؤشرات المستخدمة حاليا تفشل في الكشف عن حالات عدم الاستقرار الجوي وسط المملكة.

٢- أهم المحددات التي تحدد حالة الاستقرار وعدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة هي :

(أ) وجود طبقة عميقة رطبة تمتد من السطح حتى ٧٠٠مليبار.

(ب) رياح عالية السرعة في المستويات ما بين ٨٥٠ في إلى ٧٠٠ مليبار في فصل الربيع وما بين ٨٥٠ إلى ٥٠٠ مليبار في فصل الشتاء.

(جـ) درجة الحرارة عند مستوى ٥٠٠ مليبار. ففي فصل الشتاء يرافق حالة عدم الاستقرار الجوي انخفاض ملحوظ في درجة الحرارة عند ٥٠٠ مليبار، أما في فصل الربيع يصاحب حالة عدم الاستقرار الجوي ارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة ذلك المستوى.

٣- تعديل القيم الحدية لكل من مؤشر KI و مؤشر TTI يحسن من أدائها بشكل ملحوظ في الكشف عن حالات الأستقرار و عدم الأستقرار الجوي وسط المملكة.

٤- بناءً على ماسبق وبعد تجارب رياضية عديدة تم إقتراح مؤشرين جديدين واحد للربيع وأخر للشتاء للكشف عن حالات الاستقرار الجوي وسط المملكة. لقد

---

(١٢) الكليبي، فهد محمد، "فاعلية مؤشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية" *سلسلة بحوث جغرافية*، الجمعية الجغرافية السعودية، عدد ٦٥ (٢٠٠٤م).

كشفت التجارب الرياضية أن أداء المؤشرات المقترحة أفضل بشكل واضح من أداء أفضل المؤشرات المعمول بها حاليا وهي مؤشري KI و KII. إلا أنه يجب التنبية إلى أن تطبيق تلك المؤشرات الجديدة مع مؤشري KI و KII يعطي نتائج أفضل وهذا يعني أهمية تطبيق المؤشرات المقترحة مع الاستئناس بمؤشري KI، TTI لتحقيق نتائج أفضل عند توقع حالة عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة.

بناءً على ما تقدم توصي هذه الدراسة بما يلي:

أولاً: أن يتم تبني المؤشرين المقترحين في هذا البحث من قبل رئاسة الأرصاد وحماية البيئة؛ وذلك لتحسين أداء توقع حالات عدم الاستقرار الجوي في وسط المملكة. ولمزيد من الفحص يمكن استخدام المؤشرين المقترحين، إلى جانب المؤشرات المستخدمة حاليا، لفترة زمنية كافية من قبل الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة ومن ثم فحص نتائجها بشكل دقيق قبل اعتمادها.

ثانياً: إجراء دراسات مماثلة على بقية مناطق المملكة للتأكد من جودة المؤشرات المعمول بها لتوقع حالة عدم الاستقرار الجوي على تلك المناطق ومحاولة بناء مؤشرات أخرى تتناسب أكثر مع ظروف تلك المناطق الجغرافية والمناخية.

Suggested Mathematical Indices for Determining the Stability and Instability Conditions in the Central Part of Saudi Arabia

Fahad M. AL- Kulaiby

Associate Professor, Department of Geogrophy,
College of Arts, King Saud University
Riyadh, Saudi Arabia

(Received 19/10/1424H.; accepted for publication on 2/3/1425H.)

Abstract. Prediction of the atmospheric stability is very important for many aspects because it allows avoiding the negative impact of the severe weather conditions such as flash flood, thunderstorms, high-speed wind and hail. The atmospheric stability forecast strongly depends on many mathematical stability indices. In a previous research, It has been found that the recent stability indices that are used by the Presidency of Meteorology and Environment Protection in Saudi Arabia for stability forecast fail, in may cases, in detecting the stability condition in the middle part of Saudi Arabia.

This study comes to suggest some modification for some of the recent used stability indices to improve its function and to suggest better new stability indices for the middle part of Saudi Arabia. To achieve the goals of this study, daily surface and upper data for Riyadh weather station were employed. This data represent many meteorological variables that are important for the formation of the stability condition. These variables represent many meteorological elements for the surface and many upper levels; namely, 900mb 9Ph, 850mb 9Ph, 700mb 9Ph,500mb 9Ph, 300mb 9Ph and 200mb 9Ph.

In this research, some statistical and meteorological techniques were employed to investigate the nature of the relationships between the studied variables and the stability conditions. In addition, experimental techniques were employed to establish the modifications for the recent indices and to build the new indices

The investigations of the relationships between the studied variables and the stability condition in the central part of Saudi Arabia revealed that stability condition in the region is strongly affected by the following variables:

1) The relative humidity at the surface and upper levels up to 700mb.

2) The upper level wind speed between 850mb and 700mb in spring and between 850mb and 500mb in winter.

3) The temperature at 500mb.

The mathematical experiments indicate that the modifications in the thresholds of the recent indices improve its functions in detecting the stability conditions in the central part of Saudi Arabia. Also, the experiments, which are based on the nature of the relationship between the studied variables and the stability condition in the region, allowed building better new stability indices for the region. The suggested new indices are two: one for the spring season and the other for the winter season. Testing the new indices indicates that they perform better than the recent used indices in forecasting the stability condition in the region. However, using these two new indices along with the recent ones, after modifying their thresholds, gave better results.