عوائل المنخفضات الجبهوية

مفهومها وتأثيراتها الطقسية

د. سالار علي خضر الدزيي
قسم الجغرافية - كلية التربية للبنات
جامعة بغداد

المستخلص:

عوائل المنخفضات الجبهوية (a Family of Depressions) ظاهرة طقسية بارزة على الخرائط الطقسية السطحية والعليا (٨٥٠ ملليبار). اهتم هذا البحث بدراستها من حيث مفهومها والظروف الشمولية السطحية والعليا المسؤولة عن تكوينها وتحديد اعدادها واتجاه حركتها (مساراتها) والظروف الطقسية المرافقة لها. واتضح أن هذه المنظومة الضغطية لاتتكون الا إذا توفرت لها ظروف معينة على السطح وعلى طبقات الجو العليا. كما وإن الظروف الطقسية المرافقة لعوائل المنخفضات تتميز بتأثيرها لمساحة واسعة مقارنة بالمنخفض الجبهوي (المنفرد).

المقدمة:

الدراسات المتعلقة بالمناخ الشمولي (Synoptic Climatology) من الدراسات المهمة جداً والتي على أساسها تقوم عملية التنبؤات الجوية التي تخدم النشاطات البشرية المختلفة. وعليه فإن تقدم التنبؤات الجوية مرتبط ارتباطاً مباشراً مع تطور المناخ الشمولي الذي يدرس حركة الأنظمة الضغطية السطحية والعليا وخصائصها من كتل هوائية وجبهات مختلفة. هدف هذا البحث هو دراسة ظاهرة طقسية مهمة في المناخ الشمولي الا وهي عوائل المنخفضات الجبهوية التي تظهر بصورة واضحة على خرائط الطقس السطحية والعليا (٨٥٠ ملليبار)والتي لاتزال المعلومات عنها محدودة جداً. فدراسة المنخفضات الجبهوية من أهم الدراسات التي يجب ان يزداد الاهتمام بها لان غالبية أمطارنا ناتجة عن هذه المنخفضات. لذلك فإن فهم طبيعة هذه المنخفضات سواء كانت منخفضات منفردة أو متصلة (على شكل عوائل) سيساعد كثيراً على تطور العديد من الأنشطة الاقتصادية لمنطقتنا الجافة وشبه الجافة.

الرصد الأولي لعوائل المنخفضات (الجبهوية) A Family of Depressions:

ظهر نموذج (Model) المنخفض الجبهوي لأول مرة بواسطة الباحث النرويجي J. Bjerknes وذلك في عام (١٩١٩م) في أوسلو (Oslo) حيث قدم بحثه (المكون من ٨ صفحات) في المجلة الجيوفيزيائية والذي اقترح فيه نموذج للمنخفض المتحرك، وقد ساهم هذا النموذج في تقدم عملية التنبؤ الجوي بصورة كبيرة. حيث استخدم في نموذجه لأول مرة مصطلح خط القيادة (Steering Line) والذي استبدل بعد ذلك إلى مصطلح الجبهة الدافئة (Warm Front)، ومصطلح خط العواصف (Squall Line) والذي عرف بعد ذلك بالجبهة الباردة (Cold Front) (Day,1966,p.102).

واستطاع بيركنز بهذه النظرية من تطوير النظرية القديمة حول تكون المنخفضات والمرتفعات الجوية حيث كانت النظرية القديمة تقوم على أساس أن المنخفضات الجوية تتشكل نتيجة لتسخين الهواء فوق السطوح الحارة فقط أمّا المرتفعات الجوية فتظهر فوق السطوح الباردة (أغا،١٩٧٨،ص٣٢٥-٣٢٦).

وخلال نفس العام (١٩١٩م) استطاع مجموعة من الباحثين من مدرسة J. Bjerknes النرويجية من تعديل نموذج J. Bjerkens الأولي وتوصلوا إلى أن عملية الربط بين مجموعة منخفضات جبهوية يمكن أن يكون سلسلة (عائلة) من المنخفضات المتصلة والمختلفة في مراحل تكوينها، أطلقوا عليها مصطلح سلسلة أو عوائل المنخفضات Family of Depressions (Day,1966,p.102).

تظهر المنخفضات الجبهوية في مناطق كثيرة من العالم، وتسود بصفة خاصة بين دائرتي عرض ٣٥° و٦٥° في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي وهي العروض التي تسود فيها الرياح الغربية ويكثر فيها التقاء الكتل الهوائية المدارية بالكتل الهوائية القطبية(العجمي،١٩٨٧،ص١٦٧). لذلك يكون اتجاه حركة المنخفضات الجبهوية من الغرب إلى الشرق، وأحياناً تنحرف هذه المنخفضات نحو الجنوب الشرقي ونحو الشمال الشرقي بسبب عدة عوامل سطحية متمثلة في اعتراض المرتفعات الجوية

(Anticyclone) لمساراتها، أو عليا متمثلة في نمط الأمواج العليا ضمن المستوى الضغطي (٥٠٠) ملليبار.

وتتكون المنخفضات الجبهوية أو بصورة أدق الجبهات الهوائية المختلفة في أماكن التقاء الكتل الهوائية المدارية والقطبية، وكلما كانت الخصائص الحرارية والمائية للكتل الهوائية المتقابلة شديدة الاختلاف كلما كانت الجبهات الهوائية داخل المنخفض أكثر فعالية من حيث الاضطرابات الطقسية المرافقة لها.

وبموجب نموذج J. Bjerknes فإن المنخفض الجبهوي يمر بالمراحل التكوينية الآتية:-

١-المرحلة الاولى (مرحلة الجبهة الهوائية المستقرة) Stationary Front
تتكون الجبهة الهوائية المستقرة عندما تلتقي الكتلة الهوائية المدارية مع الكتلة الهوائية القطبية بحيث لاتتقدم أي كتلة هوائية على حساب الأخرى، واتضح أن السبب في عدم تقدم أي من الكتل الهوائية السطحية يعود إلى طبيعة التيار النفاث ضمن المستوى الضغطي (٣٠٠) ملليبار وأمواج روسبي ضمن المستوى الضغطي (٥٠٠) ملليبار، إذ يكون التيار النفاث والأمواج العليا ذات امتداد نطاقي (أفقي) قليل الإنحناء مما لايسمح بتبادل الكتل الهوائية ما بين العروض المختلفة.

٢-المرحلة الثانية: (مرحلة الجبهة الدافئة والباردة) Warm and Cold Front مع زيادة انحناء التيار النفاث والأمواج العليا وتحديداً تحول الأمواج العليا إلى أمواج طويلة يبدأ المنخفض الجبهوي بالتكوين وتبدأ الكتل الهوائية بالتحرك والتوغل داخل الأخرى، فإذا توغلت الكتلة الهوائية المدارية نحو الكتلة القطبية فإن مقدمة الكتلة المدارية تسمى بالجبهة الدافئة، أمّا إذا توغلت الكتلة القطبية داخل الكتلة المدارية فإن مقدمة الكتلة القطبية تسمى بالجبهة الباردة. ينظر الشكل (١-A).

٣-مع زيادة إنحناء التيار النفاث والأمواج العليا (تطورها الى الأمواج القصيرة) تزداد عملية التوغل بين الكتل المختلفة الخصائص ويزداد تبعاً لذلك إنحناء الجبهة الهوائية الدافئة والباردة. ونتيجة لخفة وزن الكتلة المدارية الدافئة ستضطر للصعود فوق الكتلة القطبية مما ينتج عن ذلك حدوث تكاثف لبخار الماء الموجود داخل الكتلة المدارية وتبدأ الغيوم بالتشكل على طول الجبهة الدافئة، أمّا على الجبهة الباردة فإن الكتلة

القطبية بسبب ثقلها وكثافتها الكبيرين ستعمل على رفع الكتلة المدارية نحو الاعلى ليحدث أيضاً التكاثف في الكتلة المدارية لتتشكل الغيوم على طول الجبهة الهوائية الباردة . ينظر الشكل (١-B).

٤-المرحلة الأخيرة: (مرحلة الجبهة المنطبقة) Occluded Front: ضمن هذه المرحلة الأخيرة يصل التيار النفاث والأمواج العليا إلى ذروة إنحناءاتها، مما ينعكس على شدة عملية توغل الكتل الهوائية نحو الأخرى. ينتج عن ذلك ان تصل الجبهة الباردة (مقدمة الكتلة القطبية) إلى الجبهة الدافئة (مقدمة الكتلة المدارية) بسبب سرعة حركة الجبهة الباردة وتعمل على رفع الكتلة المدارية نحو الأعلى لتسيطر الكتلة القطبية على السطح بصورة كاملة وتبقى الكتلة المدارية في الاعلى وتتكون عند ذلك الجبهة المنطبقة التي تمثل آخر مرحلة من مراحل تكوين المنخفض الجبهوي. لأن بسيادة الكتلة القطبية على السطح سيرتفع الضغط الجوي ويتلاشى المنخفض الجوي.ينظر الشكل(1-C).

ويقدر معدل عمر المنخفضات الجوية بين أربعة إلى خمسة أيام يكون الجو فيها مضطرباً وتسقط الأمطار على المنطقة التي تتأثر بالمنخفض والتي يتراوح قطرها في العادة بين ٢٠٠-١٠٠٠كم (شحادة،١٩٨٣،ص٢٣٩). أمّا حركة المنخفض فهناك اختلاف في معدل سرعة المنخفض من فصل إلى آخر. كما يختلف حسب عمق المنخفض ودرجة تطوره وبشكل عام يبلغ متوسط سرعة المنخفض بين ٢٥-٤٠كم/ساعة وان كانت حدود السرعة تنحصر بين ٥٠٠-٢٠٠٠ كم في اليوم (٢٠-١٠٠كم/ساعة) كقيمتين متطرفتين(موسى،٢٠٠٣،ص٣١٩-٣٢٠).

وبإعطاء صورة واضحة عن المنخفض الجبهوي (المنفرد). سيتم الانتقال إلى موضوع عوائل (سلسلة) المنخفضات.

عوائل المنخفضات الجبهوية:

وهو نظام ضغطي مميز يتكون من مجموعة منخفضات جبهوية متعاقبة وذات مراحل تكوينية مختلفة. ويكون هذا النظام الضغطي متصل الاجزاء بحيث أن المنخفض الاول يتصل به منخفض ثاني وهكذا. وتتحرك هذه المنخفضات المتسلسلة حركة واحدة من الغرب إلى الشرق بحيث أن هذا النظام الضغطي يضم عدة مراكز ضغطية منفصلة وعدة جبهات هوائية

(دافئة وباردة ومنطبقة). وهي تختلف بذلك عن نظام المنخفض الجبهوي (المنفرد) الذي يضم مركز ضغطي واحد وجبهة دافئة وباردة ومنطبقة منفردات.

وبشكل عام يبلغ عدد المنخفضات الجبهوية ضمن كل سلسلة مابين٤-٥ منخفضات(Horrocks,1981,p.214). وأحياناً تصل إلى منخفضين متصلين فقط.

تكون مقدمة سلسلة المنخفضات عبارة عن منخفض يكون عادةً مكوناً من جبهة متحدة ثم تتتابع باقي المنخفضات بحيث تكون الجبهة الباردة للمنخفض الاول متصلة بالجبهة الدافئة للمنخفض الثاني وهكذا(النطاح،١٩٩٠،ص٣١٢) (الشكل ٢).ويكون كل من الجبهة الدافئة في المنخفض الأول (في المقدمة) والجبهة الباردة في المنخفض الأخير (في المؤخرة) غير متصلان بأي نظام جبهوي آخر. ومن حيث سرعة حركة هذه المنخفضات مجتمعة فقد وجد أن سرعتها تكون أقل من سرعة كل منخفض على حدة(Petterssen,1958,p.223). مما ينعكس على طول فترة تأثير هذه المنخفضات مجتمعة على منطقة معينة مقارنةً بالمنخفض المنفرد.

ويكون اتجاه حركة سلسلة المنخفضات نحو الشمال الشرقي لأن إمتداد سلسلة المنخفضات يكون على شكل نطاق مائل يمتد من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي(Donn,1975,p.305). ينظر الشكل السابق.

أمّا بخصوص آلية نشوء سلسلة المنخفضات، فإن كل منخفض ضمن السلسلة يتكون من التقاء كتل مدارية وقطبية (حسب نظرية بيركنز J. Bjerknes)، إلا أن هناك مجموعة عوامل سطحية وعليا مسؤولة عن عملية الاتصال بين هذه المنخفضات وهي كالآتي:-

الظروف الجوية السطحية المسؤولة عن تكوين عوائل المنخفضات الجبهوية:-

تكون سرعة الجبهة الهوائية الباردة ضمن مركز المنخفض الجبهوي أكبر مقارنة بالطرف الآخر للجبهة الباردة البعيدة عن المركز وتحديداً عن الحدود الخارجية للمنخفض، ينتج عن قلة سرعة الطرف الثاني (البعيد عن

المركز) من الجبهة الباردة أن تلحق به الجبهة الدافئة من منخفض آخر يقع خلفه نحو الغرب ويكون للمنخفض الجديد المتكون جبهة دافئة وباردة واضحة جداً. وبعد أن يصل المنخفض الأول (الرئيسي) إلى مرحلة الامتلاء والنضج تقل سرعته بصورة أكبر مما يسمح بأن يلحق منخفض جبهوي ثالث بذيل الجبهة الباردة للمنخفض الثاني وهكذا ستتكون سلسلة مترابطة من منخفضات جبهوية كل منخفض جبهوي جديد متكون أصلاً على ذيل الجبهة الباردة من المنخفض الذي يقع أمامه (Roberts,1971,p.58).

وعلى هذا الأساس فإن المنخفض الجبهوي الأول (الرئيسي) يكون ممتلئ (كامل التكوين) أو ناضج، أمّا المنخفض الثاني فيكون ممتلئ (ناضج) جزئياً، أمّا المنخفض الثالث أو الأخير في مؤخرة السلسلة فيكون على شكل منخفض جبهوي ابتدائي (أولي) التكوين (Petterssen,1958,p.223). أي ان المنخفض الاول الواقع في بداية السلسلة عندما يصل إلى مرحلة التلاشي فإن ذلك إيذان بنشوء منخفض آخر خلفه وهكذا.

ولكي تتكون سلسلة أخرى من المنخفضات الجبهوية يجب أن تتوفر فرصة لتوغل كتلة هوائية قطبية نحو عروض سفلى، وتوغل كتلة هوائية مدارية نحو عروض عليا. لأن السلسلة بالأساس تمثل نطاق هائل يفصل بين كتل قطبية ومدارية متعددة. على عكس المنخفض المنفرد الذي يفصل بين كتلتين هوائيتين باردة ودافئة.

هذا فيما يتعلق بالظروف السطحية لتكوين سلسلة المنخفضات، أمّا الظروف العليا فهي كالآتي:

الظروف الجوية العليا ضمن المستوى الضغطي (٥٠٠) ملليبار المسؤولة عن تكوين عوائل المنخفضات الجبهوية:

إن نشوء سلسلة المنخفضات الجبهوية ضمن المستويات السطحية من الغلاف الجوي مرتبط ارتباطاً مباشراً بطبقات الجو العليا. حيث وجد أن مؤخرة سلسلة المنخفضات الواقعة إلى الغرب يترافق دائماً مع اخدود بارد ضمن المستوى الضغطي (٥٠٠) ملليبار، في حين يترافق انبعاج دافئ دائماً مع مقدمة أو شرق هذه السلسلة(Petterssen,1958,p.226) ، ينظر الشكل (٣).

ووجد أيضاً أن لكل منخفض جبهوي ضمن السلسلة يوجد فوقه موجة عليا خاصة به(Petterssen,1958,p.227). وهذه الموجة هي التي تسمح بتوغل الكتل القطبية نحو العروض السفلى من خلال اخدود الموجة وتسمح بالمقابل بتوغل كتلة مدارية نحو عروض عليا من خلال انبعاج الموجة.

العوامل المسؤولة عن تحديد اعداد المنخفضات الجبهوية ضمن السلسلة.

عملية اتصال منخفضات جديدة بالسلسلة الواحدة يبقى محدودا لان الكتلة القطبية في مؤخرة المنخفض الجبهوي الأخير ضمن السلسلة تتوغل بقوة نحو العروض المدارية ومثل هذا الغزو للكتلة القطبية باتجاه الجنوب سيمنع من تكوين منخفضات إضافية ضمن السلسلة (Petterssen,1958,p.223) شكل (٤) ليتحدد اعدادها ضمن السلسلة الواحدة مابين ٢-٥ منخفضات كأقصى وأقل حد.

ان السبب الرئيسي في توغل الهواء القطبي بصورة كبيرة في مؤخرة السلسلة وليس في مقدمتها، هو أن السلسلة تأخذ شكل نطاق مائل (شمالي شرقي-جنوبي غربي) فالطرف الشمالي الشرقي للسلسلة (مقدمة السلسلة) يكون مدفوعاً بالكتلة المدارية نحو الشمال لذلك لن يجد الهواء القطبي المجال أمامه للتوغل نحو الجنوب إلا في آخر السلسلة على الطرف الجنوبي الغربي. وكأن مقدمة السلسلة تكون خاضعة في حركتها للكتلة المدارية في حين تكون مؤخرة السلسلة خاضعة في حركتها للكتلة القطبية التي تعمل كفاصل يمنع تكون منخفضات إضافية ضمن السلسلة. وتزداد قدرة الهواء القطبي في التوغل نحو الجنوب بعد أن يزداد طول سلسلة المنخفضات، لأن بزيادة طول السلسلة يزداد انحدارها على شكل نطاق مائل يمتد من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي وهذا الميلان هو الذي يعطي فرصة للكتلة القطبية في مؤخرة السلسلة بالتوغل أكثر نحو الجنوب مانعاً السلسلة من تكوين منخفضات إضافية.وتسمى عملية غزو الكتلة القطبية نحو الجنوب بعملية التفريغ القطبي(موسى،٢٠٠٦،ص٢٢٤) .

وبمجرد توقف عملية تكوين أو نشوء منخفضات إضافية في مؤخرة السلسلة ستدخل هذه السلسلة ضمن المرحلة الأخيرة لتكونها وتبدأ بالتلاشي بانتهاء أو نضج آخر منخفض جبهوي في طرف السلسلة الغربي.

مسارات والطقس المصاحب لعوائل المنخفضات الجبهوية:

بعد أن تتكون مجموعة (سلسلة) من المنخفضات الجبهوية المتصلة يبدء الهواء البارد (الكتلة القطبية) في مؤخرة كل منخفض جبهوي بالتكور وزيادة انحنائها مما ينعكس على تقوس الجبهة الباردة لكل نظام دافعاً هذه المنخفضات بعيداً نحو الشمال الشرقي من أماكن نشأتها في الجنوب، لذلك نجد ان مسار كل منخفض جديد يبدأ في دوائر عرض منخفضة مقارنة بالمنخفض الأصلي (الأولي) (Roberts,1971,p.58). وتسلك هذه المنخفضات المتسلسلة مسارات عديدة، حيث تتكرر على المحيطات وعلى أمريكا الشمالية وتمتاز سلسلة المنخفضات المتكونة فوق أوراسيا (Eurasia) بأنها أقل إنتظاماً(Petterssen,1958,p.224) من المخفضات المتكونه على المحيطات بسبب كثرة التضاريس التي تشوش على السلسلة.

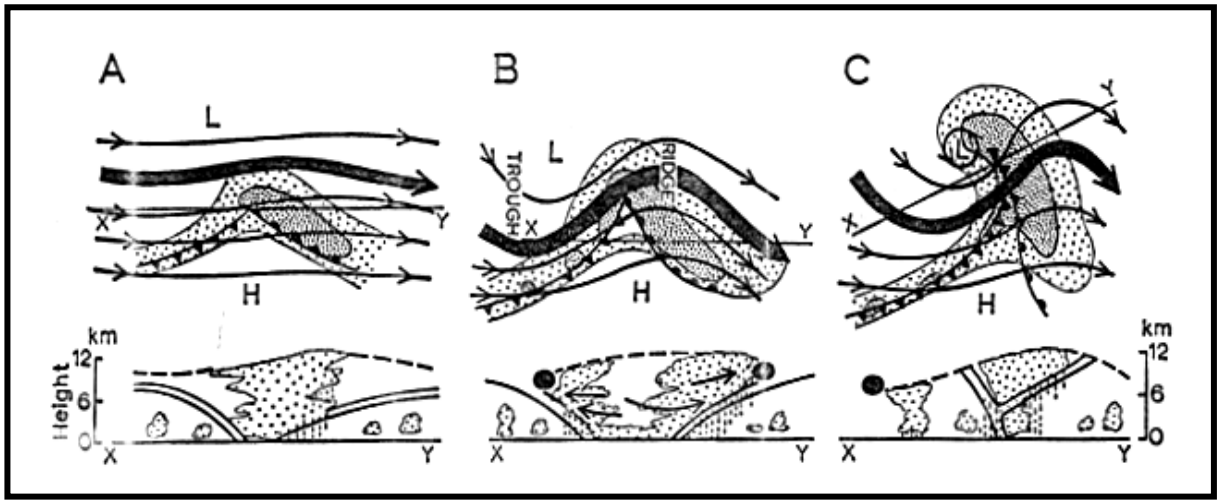
وتكون عوائل المنخفضات الجبهوية الواصلة إلى السواحل الغربية لقارة أمريكا الشمالية كاملة النضج والتكوين لكل منخفض قادم من المحيط الهادي، وبعض هذه العوائل (السلاسل) من المنخفضات تبقى على سطح المحيط وأحياناً تتحرك باتجاه الشمال الشرقي لتندمج مع كل من المنخفض الألوشي (على المحيط الهادي) والأيسلندي (على المحيط الأطلسي) (Neiburger,p.188) .

وعلى الجزر البريطانية تساهم هذه المنخفضات في تكوين فترة من الطقس المضطرب. بالمقابل يساهم المرتفع الجوي (المتكون من الكتلة المدارية) الواقع بين هذه المنخفضات في إعطاء طقس حسن لفترة وجيزة أيضاً(Roberts,1971,p.58). ثم ليتحول الطقس إلى الاضطراب مرة أخرى بقدوم المنخفض الآخر ضمن السلسلة. وايضاً نستطيع أن نفسر سبب سيطرة طقس غائم ماطر مضطرب لفترة تزيد على أسبوع(موسى،٢٠٠٣،ص٣٢١) على منطقة واسعة من خلال تأثيرعوائل المنخفضات عليها.

الاستنتاجات:

١-ظهور المنخفض الجبهوي يأخذ نمطين، الأول منفرد بحيث يكون المنخفض على شكل نظام ضغطي مستقل غير متصل به أي نظام ضغطي آخر، والثاني على شكل مجموعة منخفضات متصلة يطلق عليها اسم سلسلة (عوائل) المنخفضات.

٢-تتكون السلسلة الواحدة من منخفضات جبهوية في مراحل تكوينية مختلفة بحيث يكون اقدم (أنضج) المنخفضات في مقدمة السلسلة وأحدثها في مؤخرة السلسلة.
٣-تعمل الظروف المكونة لسلسلة المنخفضات الجبهوية على تحديد أعداد المنخفضات ضمن هذه السلسلة بحيث ان اعدادها تتراوح مابين ٢-٥ منخفضات.
٤-تكون مسارات المنخفضات المتصلة ضمن السلسلة الواحدة متميزة، فبعد أن يتكون المنخفض ضمن دوائر عرض منخفضة تكون حركته نحو دوائر عرض عليا وتحديداً جهة الشمال الشرقي.
٥-تشترك كل من الأنظمة الضغطية السطحية والعليا (ضمن المستوى الضغطي ٥٠٠ ملليبار) في تكوين ونشوء سلسلة المنخفضات الجبهوية.
٦-كلما زاد إنحدار سلسلة المنخفضات الجبهوية بشكل نطاق ممتد من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي كلما كان ذلك إيذاناً بتوقف عملية اتصال منخفضات جديدة بالسلسلة.

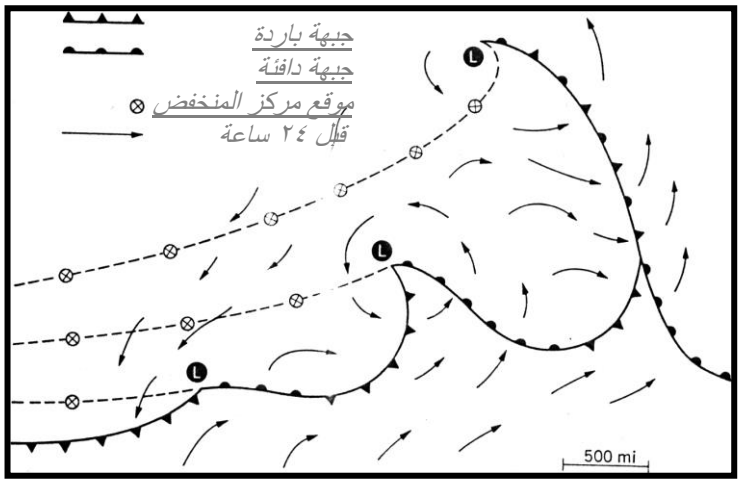


شكل (١) مراحل تطور المنخفض الجبهوي، السهم العريض يمثل التيار النفاث، المنطقة المنقطة الغامقة تمثل اقليم المطر، المنطقة المنقطة الخفيفة تمثل اقليم الغيوم

A.تيار نفاث قليل الانحناء ينتج عنها جبهات قليلة الانحناء.
B.تيار نفاث متوسط الانحناء ينتج عنها جبهات متوسطة الانحناء.
C.تيار نفاث شديد الانحناء ينتج عنها جبهات شديدة الانحناء .

المصدر :

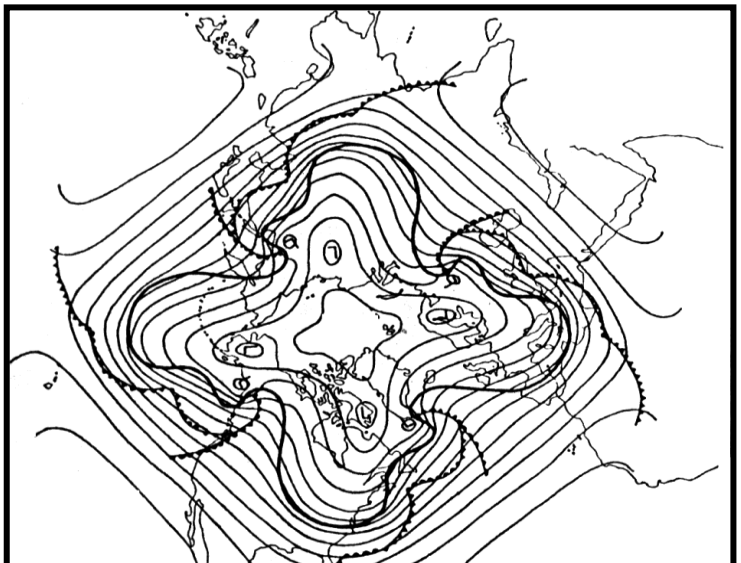
R. G. Barry and R.J. Chorley, Atmosphere Weather and climate, Second edition, Butler & Tanner Ltd, UK, 1972,P.197.



شكل (٢) يوضح عائلة من ثلاث منخفضات في مراحل تكوينية مختلفة .

المصدر :

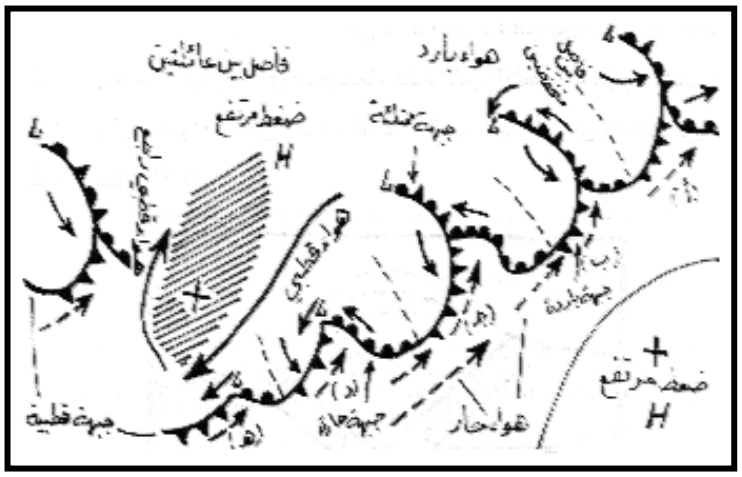
John A. Day, The Science of Weather, Addison-wesley publishing company, London, 1966. p. 103



شكل (٣) يوضح اربع عوائل منخفضات ضمن مستوى سطح البحر تعلوها اربعة امواج طويلة ضمن المستوى الضغطي ٥٠٠ ملليبار(في نصف الارض الشمالي).

المصدر :

Sverre Pettersson, Introduction to Meteorology, Second edition, McGraw-hill book company, Inc. USA, 1958, p.226.



شكل (٤) يوضح دور المرتفع الجوي (الكتلة الباردة) في فصل مؤخرة عوائل المنخفضات

المصدر: علي حسن موسى ، موسوعة الطقس والمناخ ،الطبعة الاولى ، نور للطباعة والنشر والتوزيع ، سوريا ،٢٠٠٦،ص ٢٢٥.

مصادر البحث العربية

١. آغا، شاهر جمال، علم المناخ والمياه، الجزء الأول (علم المناخ)، المطبعة الجديدة، دمشق، ١٩٧٧-١٩٧٨.
٢. شحادة، نعمان، علم المناخ، الطبعة الثانية، مطبعة النور النموذجية، الجامعة الأردنية، ١٩٨٣.
٣. العجمي، ضاري ناصر، محمود عزو صفر، مدخل إلى علم المناخ والجغرافية المناخية، مكتبة الفلاح، الكويت، ١٩٨٧.
٤. موسى ،علي حسن ، موسوعة الطقس والمناخ ،الطبعة الاولى ، نور للطباعة والنشر والتوزيع ، سوريا ،٢٠٠٦.
٥. موسى، علي حسن ، المناخ والأرصاد الجوية، جامعة دمشق، ٢٠٠٣.
٦. النطاح،محمد أحمد ،الارصاد الجوية ،الجزء الاول ،الدار الجماهيرية للنشر والتوزع والاعلان ،مصراته ، ليبيا،١٩٩٠.

مصادر البحث الأجنبية

1. Barry R. G. and R.J. Chorley, Atmosphere Weather and climate, Second edition, Butler & Tanner Ltd, UK, 1972, P.197.
2. Day, John A., the Science of Weather, Addison-Wesley Publishing Company, 1966.
3. Donn L., William, Meteorology, Fourth edition, McGraw-Hill Book Company, USA, 1975.
4. Horrocks, N.K., Physical Geography and Climatology, Third Edition, Printed in Hong Kong, 1981.
5. Neiburger, Morris, James G., Edinger, William D. Bonner, Understanding our Atmospheric Environment, W.H. Freeman and Company, San Francisco, USA.

6. Petterssen, Sverre, Introduction to Meteorology, Second edition, McGraw-Hill Book Company INC, USA, 1958.
7. Roberts W., Charles, Meteorology, Thomas Reed Publications Limited, G.B., 1971.