راسم الرياح وتطبيقاته

Vertical Wind Profiler and its Applications

إعداد /
حمزة محمد
أخصائي ثاني بالإدارة العامة للبحث العلمي

قامت الهيئة العامة للأرصاد الجوية، من خلال توقيع برتوكول التعاون الفرنسى، بتركيب جهاز الراسم العمودى للرياح " Vertical Wind "Profiler **فى مطار القاهرة الدولى بالإضافة إلى محطة طرفية بمقر الهيئة الرئيسى فى الإدارة العامة للبحث العلمى، وسوف نستعرض فى هذه المقالة نبذة عن ما هو راسم الرياح وكيفية عمله وتركيبه وتطبيقاته.**

ما هو الراسم العمودى الرياح؟

راسم الرياح هو جهاز من ضمن الأجهزة المستخدمة فى مراقبة الطقس، وهو عبارة عن رادار دوبلر للاستشعار عن بعد Remote Sensing Doppler Radar التى تعمل فى نطاق الترددات العالية جداً «VHF»Very High Frequency ونطاق الترددات العالية الفائقة «UHF»Ultra-High Frequency بحيث انه يستطع أن "يكتشف" فى أى اتجاه يسير الهواء وما هى سرعته، ويسمى الجهاز بالراسم لقدرته على قياس سرعة واتجاه الهواء عند مستويات ارتفاع مختلفة فوق سطح الأرض مما ينتج عنه ما يسمى صورة جانبية عمودية Vertical Profile للغلاف الجوى. ولا يعتبر الراسم العمودى الرياح مختلف عن أجهزة الرادار العادية بقدرته على القياس فى الهواء الصافى Clean Air بدلاً من القياس من خلال الهطول فى الغلاف الجوى فقط كما فى أجهزة القياس الأخرى، بل من مميزاته أيضاً القدرة على إعطاء بيانات بصفة مستمرة مع الوقت حيث من الممكن قياس كل من سرعة واتجاه الرياح كل ساعة أو نصف ساعة كدالة فى الارتفاع.

يعمل راسم الرياح بصفة عامة فى مدى من الترددات يقع ما بين ٥٠ ميجا - ١٠٠٠ ميجا هرتز، وهو مدى مناسب لقياس العمليات التى تتم فى الغلاف الجوى حتى ارتفاع يصل أحياناً إلى ٣٠ كيلو متر فوق سطح الأرض حسب قوة الجهاز، ويتم تقسيم هذا المدى إلى ثلاث حزم رئيسية من الترددات يتم على أساسها اختيار راسم الرياح المناسب لنوع التطبيق، و تكون هذه الحزم كالتالى:

١- تردد ٥٠ ميجا هرتز «أعلى من مدى موجات الراديو قصيرة المدى» ويقيس حتى ارتفاع ٣٠ كم من سطح الأرض .

حيث يقع هذا التردد ضمن نطاق الترددات العالية جداً «VHF» وهو من ٣٠ ميجا هرتز - ٣٠٠ ميجا هرتز «شكل ١».

٢- تردد من ٢٠٠ - ٥٠٠ ميجا هرتز «فى مدى الموجات التلفزيونية» ويقيس حتى ارتفاع ١٦ كم من سطح الأرض.

ويسمى بالراسم العمودى للطبقة السفلى للغلاف الجوى Tropospheric Profiler

٣- حوالى ١٠٠٠ ميجا هرتز«أعلى من مدى موجات التليفونات النقالة» ويقيس حتى ارتفاع ٥ كم من سطح الأرض.

ويسمى بالراسم العمودى للطبقة الدنيا السفلى للغلاف الجوى lower tropospheric profilers-ويسمى أيضاً براسم الطبقة الحدية boundary layer profilers

حيث تقع هاتان الحزمتان ضمن نطاق الترددات العالية الفائقة «UHF» وهو من

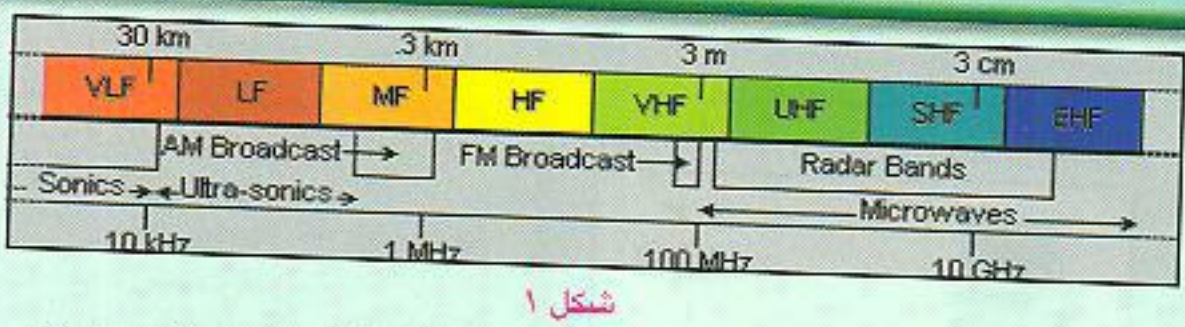
٣٠٠ ميجا هرتز - ٣٠٠٠ ميجا هرتز «شكل١»

مميزات الراسم العمودى للرياح

على الرغم من أن عمل صورة جانبية عمودية للرياح يتم فى الغالب باستخدام البالونات فى رصد طبقات الجو العلوية، بجانب قياس درجة الحرارة والرطوبة، من سطح الأرض حتى نهاية الغلاف الجوى بينما راسم الرياح لا يقيس الرطوبة لكن يمكن ضبطه لقياس درجة الحرارة حتى ارتفاع ٥ كيلومترات باستخدام نظام راديو- سمعى صوتى
Radio-Acoustic Sounding System «RASS»

إلا أن راسم الرياح يمتاز بعدة مميزات عن البالونات وهى:

١. القدرة على قياس الرياح لارتفاع يصل لعدة كيلومترات من على سطح الأرض «استشعار عن بعد».
٢. القدرة على قياس الرياح باستمرار تقريبا كل نصف ساعة.
٣. القدرة على قياس الرياح مباشرة فوق منطقة القياس.
٤. القدرة على قياس الرياح افقياً وعمودياً.
٥. القدرة على قياس الرياح بدقة عالية تصل لعدة أمتار ارتفاعاً.
٦. القدرة على قياس الرياح تحت أى ظروف جوية.
٧. يعتبر من الأنظمة الأقل تكلفة، حيث إنه لا يحتاج لمستلزمات تشغيل.



شكل ١

كيفية عمل الراسم العمودى للرياح

تعتمد نظرية عمل الراسم العمودى للرياح على تاثير دوبلر
Doppler Effect

هو الإزاحة الناتجة أو «التغير الظاهرى» فى تردد الموجة المرصودة لمصدر يتحرك بالنسبة للراصد «شكل ٢ » وذلك بإرسال نبضات من الإشعاع الكهرومغناطيسى
Electromagnetic Radiation

فى ثلاث اتجاهات على الأقل، فى خمس اتجاهات فى بعض الأنواع الأخرى، عمودياً لقياس المركبة العمودية لسرعة الرياح «W» واتجاهين متعامدين مع بعضهما البعض لقياس المركبة الأفقية لسرعة الرياح شرقاً«u» وشمالاً«v» فى اتجاه ميل حوالى ١٧ درجة لحساب متجة الرياح ثلاثى الأبعاد شكل «٣».

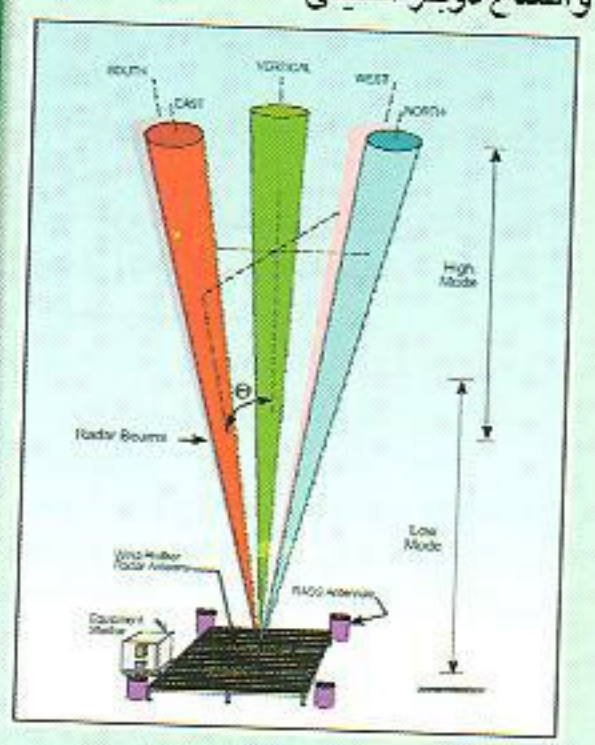
حيث يقاس خط بصر تأثير دوبلر للإشارات المنتشرة
Scattered Signals

وذلك من خلال مؤشر الانكسار
Refractive Index

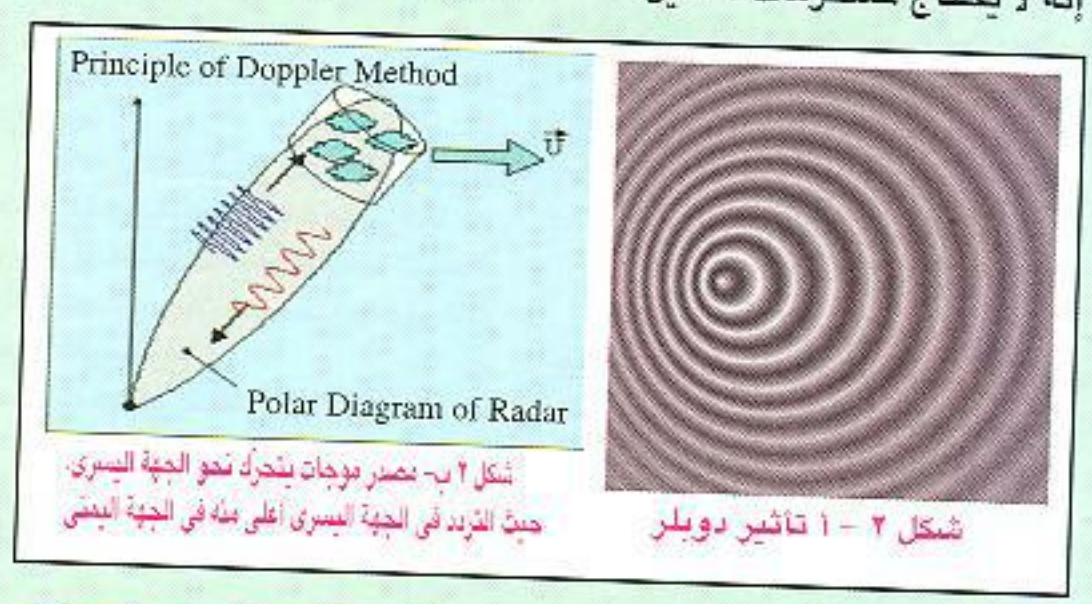
للتقلبات الناتجة عن الاضطراب Tur-bulence ، حيث أن الدوامات المضطربة Turbulent Eddies التى تقوم بالحث على الانتشار المضطرب Turbulent Scattering يُفترض أنها تتحرك بنفس قيمة السرعة المتوسطة للرياح. وتكون الطاقة المنتشرة فى هذه الدوامات والتى يستقبلها الجهاز تمثل تاثير دوبلر وهى تعتبر من حيث الحجم أصغر من الطاقة المرسلة .

وعلى ذلك فإن إزاحة تردد دوبلر للإشارة الراجعة يكون محدد ثم يُستَعمل لحساب سرعة الرياح، فى اتجاه أو بعيداً عن اتجاه الجهاز، لكل شعاع مرتد كدالة فى الارتفاع، حيث تمثل الاشارة الراجعة للجهاز
Backscatter بعض ملامح الغلاف الجوى «الاضطراب، والسحب والأمطار» بالإضافة لبعض الملامح الغير جوية «حشرات، طيور، أشجار، طائرات، تدخل ذبذبة إرسال» والتى تمثل صعوبة فى معالجة الإشارات من حيث تفادى الإشارات الراجعة من الملامح غير الجوية ومحاولة التركيز على الغلاف الجوى.

بالإضافة إلى تحديد سرعة واتجاه الرياح يمكن للجهاز، من خلال طاقة الإشارة ومتوسط تغير تأثير دوبلر واتساع دوبلر الطيفى

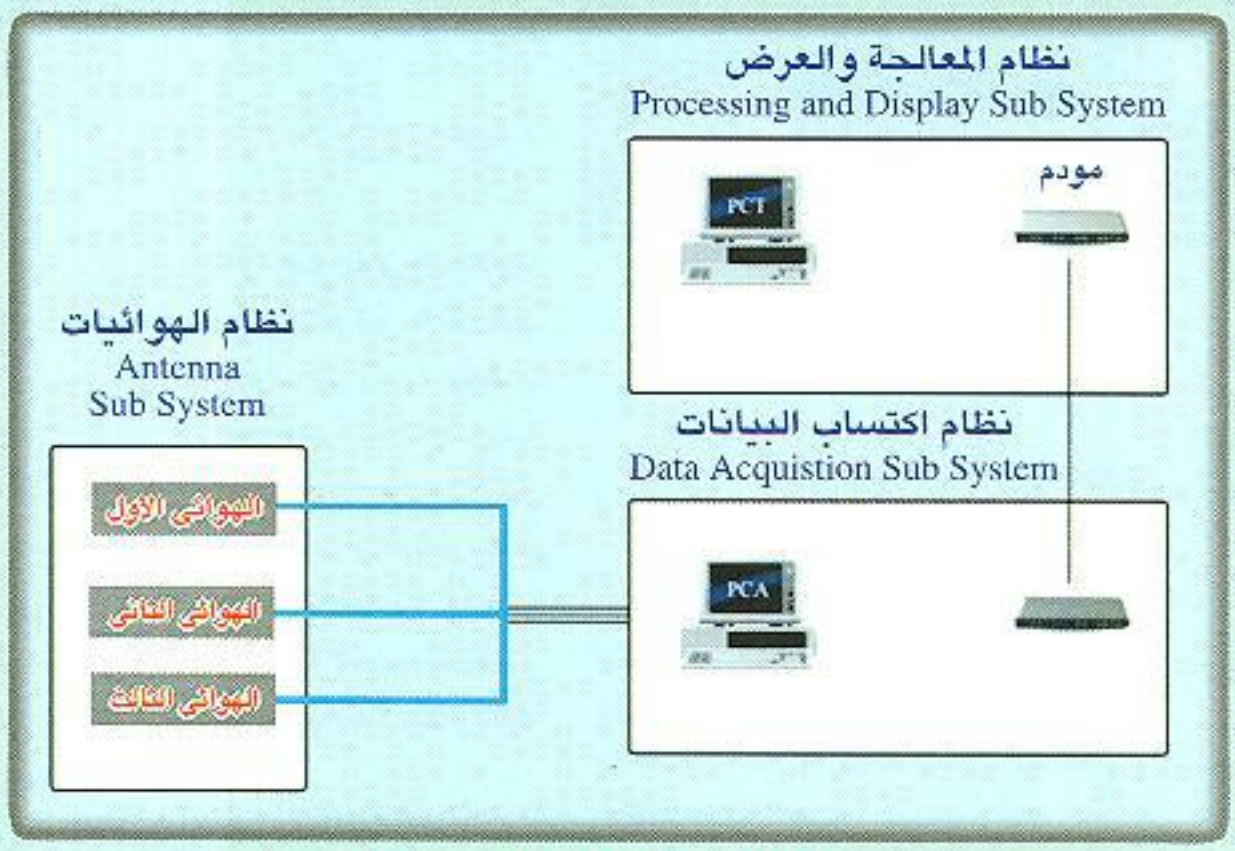


شكل ٣ نظرية عمل الراسم العمودى للرياح



شكل ٢ ب- مصدر موجات يتحرك نحو الجهة اليسرى. حيث التردد فى الجهة اليسرى أعلى منه فى الجهة اليمنى

شكل ٢ - أ تأثير دوبلر



شكل ٤ : نظام الراسم العمودى للرياح

Doppler Spectral Width
للإشارة الراجعة، تحديد العديد من ملامح الغلاف الجوى منها:

١. قوة الاضطراب
Strength of Turbulence

٢- معدل تشتت الدوامة
Eddy Dissipation Rate

٣. الاستقرار فى الغلاف الجوى
Atmospheric Stability

٤- التدفق الزخمى
Momentum Flux

٥- الحرارة الإفتراضية والتدفق الحرارى «باستخدام تقنية نظام راديو- سمعى صوتى»
Virtual Temperature and Heat Flux

٦- معدلات سقوط الأمطار وتوزيعات حجم القطرات«من التبعثر للمائيات».
Precipitation Rates and Drop- Size Distributions from scatter from hydro

تركيب نظام الراسم العمودى للرياح

يتركب نظام الراسم العمودى للرياح من ثلاث أنظمة فرعية، يوضح شكل «٤» صورة عامة للنظام:

١» نظام الهوائيات
Antenna Sub System

ويتركب من ثلاث الواح من الهوائيات
Antenna Panels "

كل لوح يتكون من ثمان هوائيات "شكل«٥»:

أ- لوح أفقى لإرسال الإشارات عمودياً لأعلى

ب- لوحان أفقيان مائلان Oblique لإرسال الإشارات بزاوية مائلة

ويعتبر هذا النظام خارجى
Outdoor Equipment

حيث يتواجد هذا النظام فى المكان المراد قياس الرياح فيه.

حيث يتم إرسال نبضات من الإشعاع الكهرومغناطيسى فى ثلاث اتجاهات، حيث توجه لوحة الهوائيات الأفقية بزاوية ٩٠ درجة ويكون لوحى الهوائيات الأخريين متعامدين مع بعضهما البعض وكل منها بزاوية ميل حوالى ١٧ درجة وتكون زاوية الارتفاع حوالى ٧٣ درجة.

وكل لوحة مصممة بحيث تكون مساحتها ٢م ×٢م وتتضمن ثمانية صفوف من الهوائيات كل منها عبارة عن تجمع لثمانية ثنائى الأقطاب collinear di-poles مما تتيح فصل اى هوائى فى حالة تلفة ويستمر عمل النظام بدون أى تاثر، حيث يتصل كل صف من الهوائيات بوحدة إرسال واستقبال الترددات العالية الفائقة ومجزئ طاقة power splitter عن طريق كابل محورى واحد single coaxial cable.

شكل ٥: نظام الهوائيات
Antenna Subsystem

٢- نظام اكتساب البيانات
Data Acquisition Sub System

يشمل نظام اكتساب البيانات شكل«٦» على عدة مكونات فرعية:

أ- وحدة الحماية والترابط بين المكونات
Interconnection and Protection Unit

حيث تقوم هذه الوحدة بالترابط بين المكونات الداخلية لنظام اكتساب البيانات وتوفير الحماية اللازمة ضد اى جهد فائق او عطل غير متوقع.

ب- وحدة مكبر الطاقة
Power Amplifier Unit

هذه الوحدة مدمجة ومصممة لكى تعطى جهد مقداره ٥٠٠ وات عند تردد تشغيل مقداره ١٢٩٠ ميجا هيرتز

ت- وحدة إرسال واستقبال الترددات العالية الفائقة
U.H.F. Transmit-Receive Unit

وهى تتضمن وحدة تحويل من الترددات الوسيطة «٧٠ ميجا هيرتز» إلى الترددات العالية «١٢٩٠ ميجا هيرتز» لكى تمد وحدة الإرسال والإستقبال بالإشارة المرسلة وتستقبل الاشارة المستقبلة من كل هوائى.

ث- وحدة إرسال واستقبال الترددات الوسيطة
I.F.Video Transmit-Receive Unit

وهى لها وظائف متعددة منها على سبيل المثال كواجهة تحكم فى الاشارات، سلسلة ارسال transmit chain للترددات الوسيطة التى تنتج نبضات المرسل عند ٧٠ ميجا هيرتز، كما تقوم أيضاً بامداد حاسب اكتساب البيانات بالبيانات الرقمية.

ج- وحدة امداد التيار الكهربائى
Power Supply Unit

مصممة لامداد وحدتى إرسال واستقبال الترددات الوسيطة والترددات العالية الفائقة بالتيار المستمر، وتمد وحدة مكبر الطاقة بالتيار المتغير.

ح- حاسب اكتساب البيانات
Data Acquisition Computer «PCA»

المهمة الأساسية لهذا الحاسب هى إدارة أجهزة نظام راسم الرياح ومتابعتها بالإضافة إلى تكوين الملفات الأولية raw dataالناتجة من القياسات

خ- وحدة إمداد متواصل للحاسب بالطاقة UPS Unit

وهى تسمح للنظامين الفرعيين «نظام الهوائيات ونظام اكتساب البيانات » بالعمل لمدة ١٠ دقائق فى حالة انقطاع التيار الكهربى.

د- المكونات اللازمة لتكوين شبكة حواسب

Transmission Interface for a Network

وهو يتكون من مودم يتيح الاتصال بجهاز حاسب معالجة البيانات حيث يمكن التحكم من خلاله بحاسب اكتساب البيانات، بالإضافة إلى نقل البيانات الأولية.

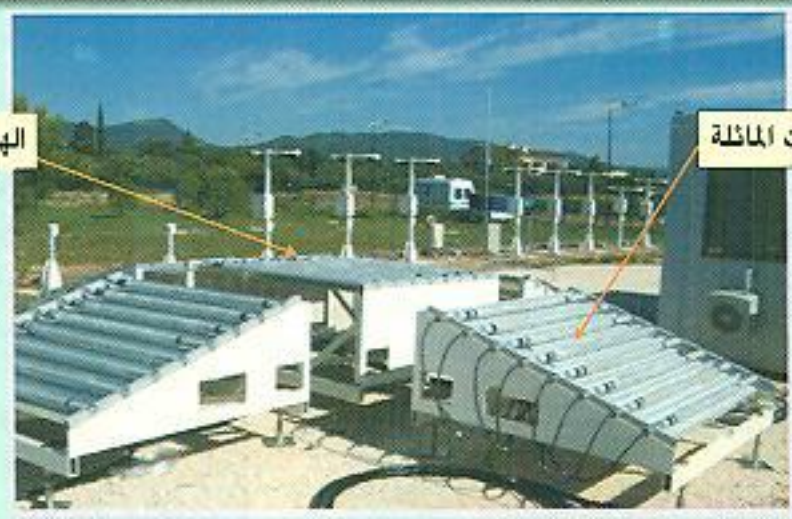
ويعتبر نظام اكتساب البيانات نظام داخلى Indoor Equipmentحيث يتواجد هذا النظام فى غرفة مخصصة له Cabinetبجوار نظام الهوائيات.

Data Acquisition Sub System

٣- نظام المعالجة والعرض

Processing and Display Sub System

يتضمن هذا النظام على :



شكل ٥: نظام الهوائيات

أ- حاسب معالجة البيانات

Data Processing Computer ،PCT،

حيث يتم من خلاله حسابات راسم الرياح اعتماداً على البيانات الأولية المرسلة له من خلال حاسب اكتساب البيانات عن طريق المودم، ويتم حساب متجهات الريح الثلاثة ويعرضها من خلال واجهة البرنامج كمتجهات.

ب- وحدة إمداد متواصل للحاسب بالطاقة UPS Unit

ت- المكونات اللازمة لتكوين شبكة حواسب Transmission Interface for a Network

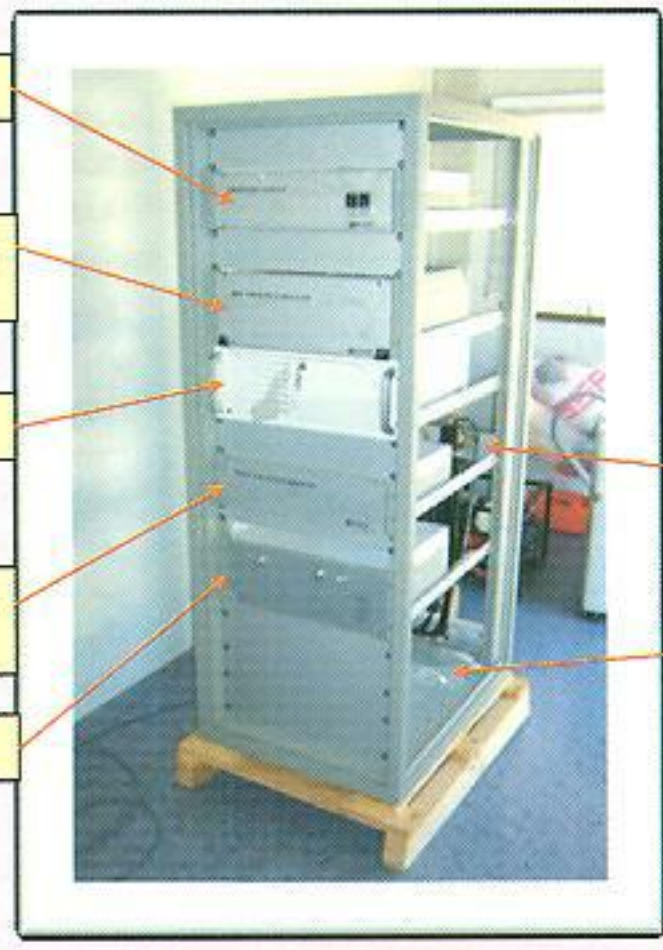
ويعتبر هذا النظام داخلى Indoor Equipmentحيث يتواجد هذا النظام فى مكتب متابعة الطقس.

تطبيقات الراسم العمودى للرياح

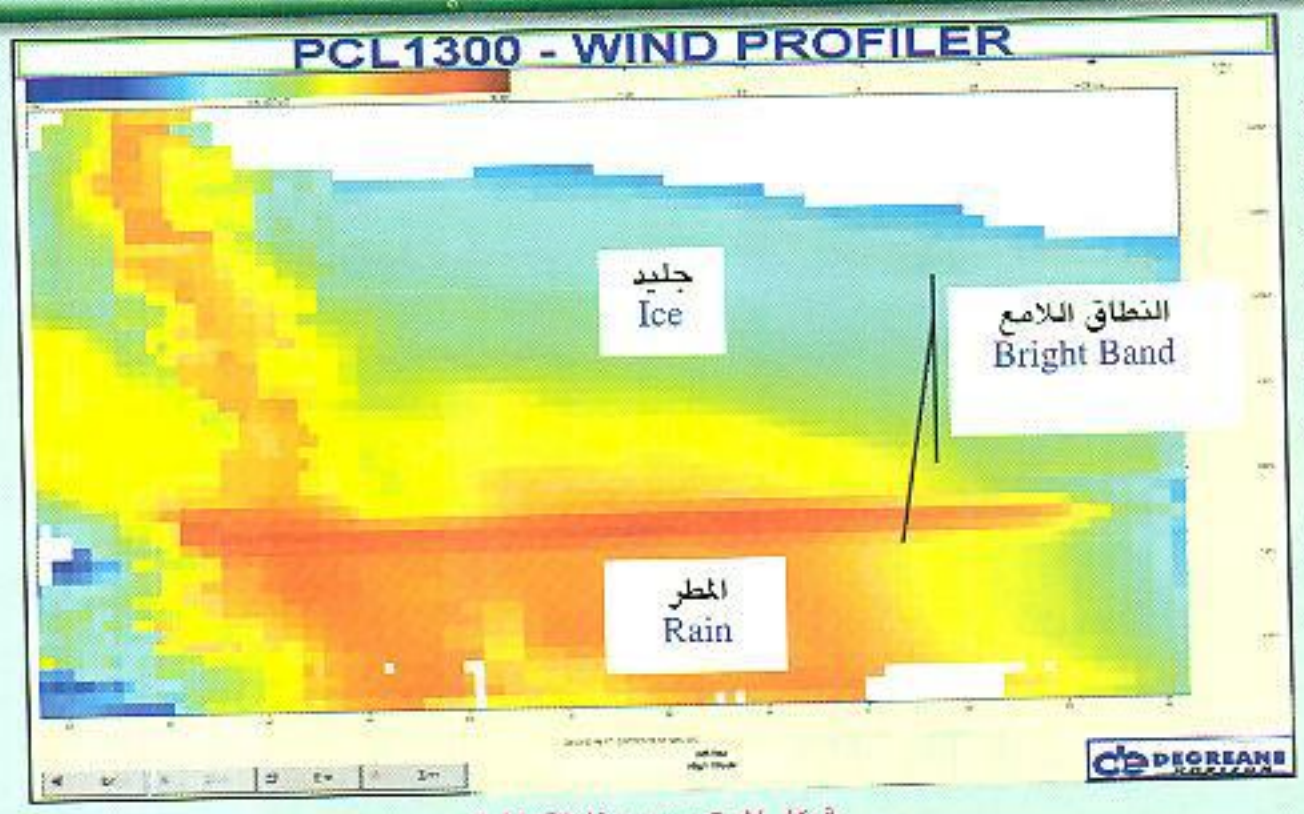
الظواهر الجوية التى تحدث فى نطاق قياس الميزو Mesoscale meteorology والتى لها مدى من ٢ - ٢٠٠ كيلومتر فى المسافة ومن دقائق قليلة حتى ساعات عديدة فى الوقت، تعتمد عادة على تقنيات الاستشعار عن بعد فى القياس مثل الأقمار الصناعية الساكنة بالنسبة للأرض.

"Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES)"

ورادارت مراقبة الطقس Weather



شكل ٦: النظام الفرعى لاكتساب البيانات



شكل ٧: تحديد مناطق المطر

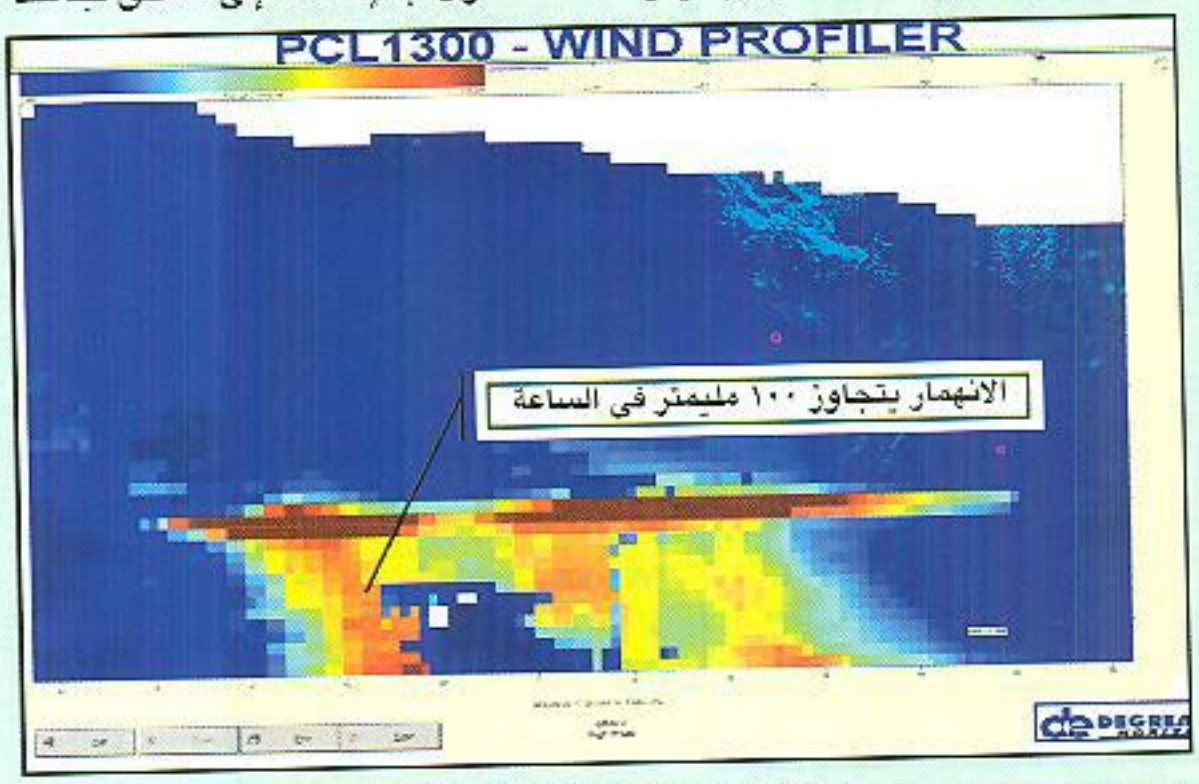
Surveillance Radar. وتعتمد هذه التقنيات بصورة أساسية على وجود الهطول precipitation أو السحب متجاهلة مناطق شاسعة من الهواء الخالى بدون قياسات واضحة، مما يقلل من عدم فهم هذه الظواهر بصورة صحيحة. هذا بجانب عدم قدرتها لملاحظة الحركة العمودية للهواء، المسئولة بشكل كبير عن سقوط الأمطار، وهذا ما يمتاز به نظام الراسم العمودى بالقدرة على القياس المباشر والمستمر فى طبقة التروبوسفير وحتى فى حالة الهطول الغزير. وهكذا يساهمَ النظام فى فَهْمنا لكثير من الظواهر.

أول تطبيقات راسم الرياح فى مجال الأرصاد الجوية، هى دراسة التدفق فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى Troposphere«أى أقل من ارتفاع حوالى ١٠ كم» والطبقة السفلى من الستراتوسفير «من نحو ١٠إلى ٣٠ كم فى الارتفاع» وخصوصا دراسة الموجات والاضطرابات «Waves and Turbulence»، كما يمكن استخدام بيانات الرياح فى نطاق قارى Continental-Scale ونماذج الطقس العددية المحلية، وأيضاً فى دراسات تلوث الهواء، ومن استخداماته فى أبحاث الغلاف الجوى، حيث يمكن لراسم واحد للرياح أو شبكة من الرواسم بالتعاون مع أجهزة رصد ونماذج عددية وصف ظواهر معينة مثل الجبهات الجوية، الآثار الطوبوغرافية، وتبادل الكتل الهوائية على ارتفاع كبير. فى مجال المناخ، يعتبر التغيير على المدى الطويل فى الرياح مثير للاهتمام ومجال للدراسة، فضلا عن وقوع ظواهر معينة، لذلك يمكن أن يستخدم فى إحصاء الموجات والتعرف على خصائص الاضطراب، كما أن الرصد الآنى باستخدام راسم الرياح يمكن أن يوفر معلومات فيما يتعلق بتلوث الهواء والسلامة فى المناطق المعرضة للخطر مثل المصانع الكيميائية والنووية.

على الرغم من أن راسم الرياح ذو دور رئيسى فى عمليات الرصد والتنبؤ الجوى، إلا انه من الأجهزة الهامة فى كثير من التطبيقات، منها على سبيل المثال إنذارات الرياح الشديدة "severe wind warnings"، تنظيم عملية الطيران "flight planning"، دعم مركبات الفضاء "space shuttle support"، دراسات تلوث الهواء "pollution studies" والكثير من التطبيقات الهامة والتى يمكن تصنيفها إلى أربع اقسام رئيسية، على الرغم من تداخل بعض التطبيقات فى تصنيف أو أثنين، وهى كالآتى:

١. تطبيقات سينوبتيكية Synoptic Applications

من أهم التطبيقات السينوبتيكية المتاحة، بجانب تمثيل مجال الرياح ورسم مقطع عمودى لها، هو حساب معدل سقوط المطر Rainfall Rate، الاضطراب Turbulence، معدل انتشار طاقة الحركة للاضطراب Turbulent Kinetic Energy Dissipation Rate، بجانب رسم مقطع عمودى للحرارة الافتراضية Virtual Temperature Profiles« وهى سمة غير متوفرة فى النظام الحالى لعدم وجود نظام الراديو- سمعى الصوتى RASS». كما يمكن تمييز التيارات النفاثة Jet Streams خاصة المنخفضة المستوى، بالإضافة إلى مناطق تباعد

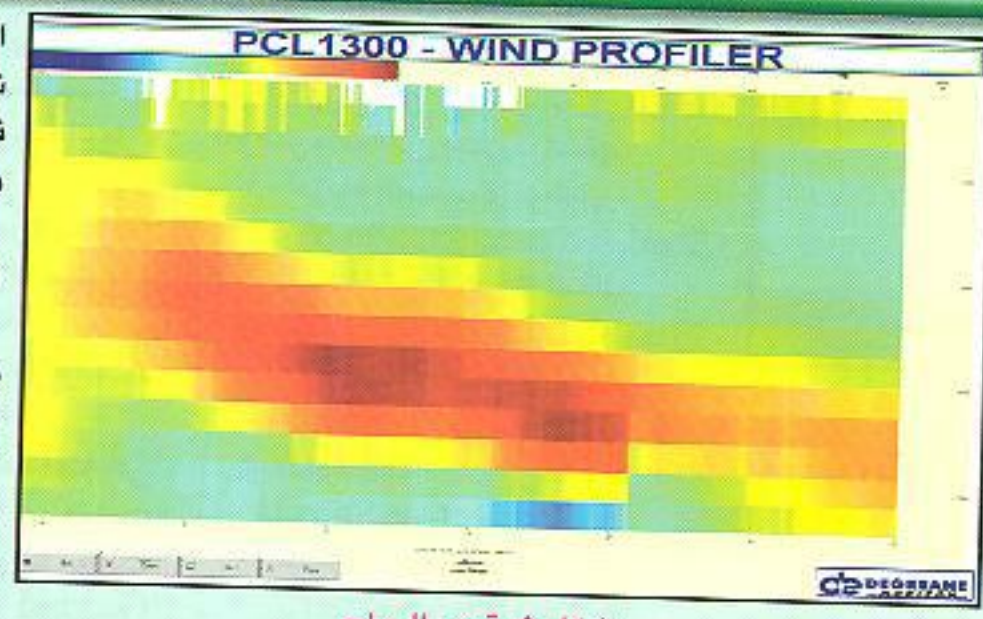


شكل ٨: تحديد مختلف لمناطق المطر

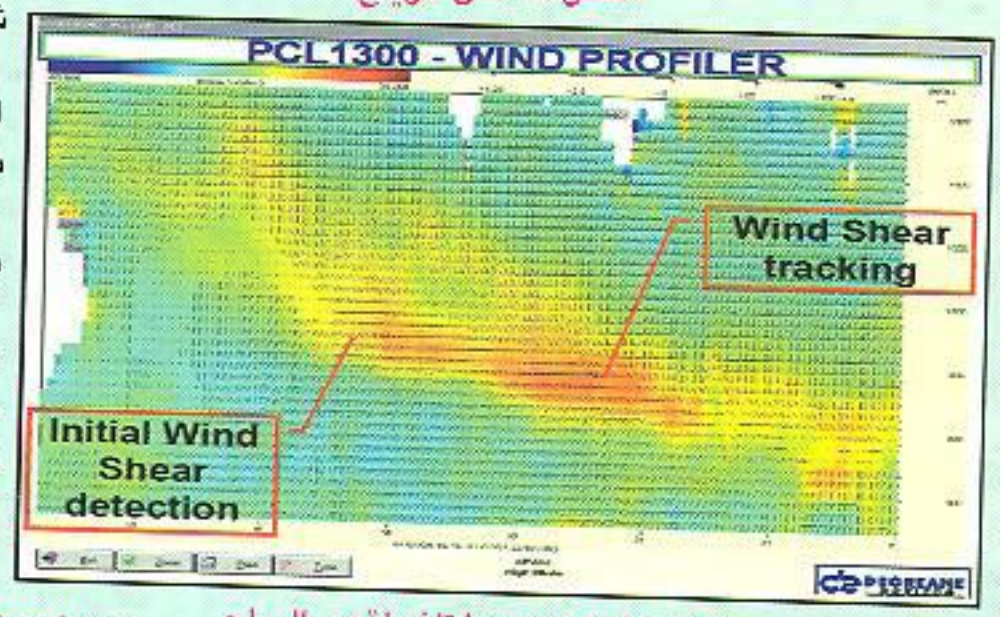
وتقارب الهواء Conver-gence and Diver-gence Zone، ونسيم الأرض والبحر Sea and Land Breeze، كما يمكن تحديد طبقات الهواء البحرية Marine Layer، وبسهولة يمكن تحديد الجبهات وتحديد وقت مرورها.

وسوف نقوم بعرض لكيفية " حساب معدل سقوط المطر" كمثال للتطبيقات السينوبتيكية لراسم الرياح شكل «٧» اعتمادا على انعكاسية الغلاف الجوى Atmospheric Reflec-tivity، التى يمكن من خلالها تمثيل العديد من الظواهر الجوية . هذا المثال شديد الأهمية من عدة نواحى، منها أنه يبين زيادة مدى قياس راسم الرياح فى حالة وجود سحب وهى حالة من المكن فيها أن يصل المدى إلى ارتفاع حوالى ١٤ كم. كما يظهر بوضوح، نتيجة للإنعكاسية المُحسنة، ما يسمى بالنطاق اللامع Bright Band وهو يمثل خطوط تساوى الحرارة Isotherms للحالة الانتقالية للماء من الجليد للمطر بالقرب من درجة حرارة الصفر. يمكن حساب معدل سقوط المطر بواسطة النسبة بين متوسط الانعكاسية Mean Reflectivi-ty إلى معامل تحويل نسبة المطر Rain Rate Conversion Factors «فى المنطقة الواقعة تحت النطاق اللامع».

فى الشكل رقم ٧، المنطقة ذات اللون الأخضر الفاتح تمثل منطقة تكون الجليد بينما المطر باللون البرتقالى والنطاق اللامع شريط ذو لون أحمر. فى الشكل «٨» نستخدم طريقة عرض باستخدام عامل مختلف، من ضمن حوالى ٣٤ عامل Pa-rameter يتيح برنامج الراسم إظهارها تتضمن عوامل تخص متابعة نظام القياس والتأكد من سلامة التشغيل، هذا العامل هو Tropical Convective



شكل ٩: قص الرياح



شكل ١٠: تحديد مختلف لقص الرياح

وهو يناظر متوسط الانعكاسية إلى معامل تحويل نسبة المطر.

٢. تطبيقات الطيران Aviation Ap-plications

والتى يندرج تحتها كل من:

رياح القص Wind shear

تحديد التيارات النفاثة Jet stream identification

الدوامات Wake Vortices

الاضطراب Clear Air Turbulence

من أهم تطبيقات راسم الرياح فى الطيران هى قص الرياح "Wind Shear" المهم جداً فى ما يسمى بطقس الطيران الخاص بالمطارات - Aviation Terminal Airport Weather والاضطراب "Turbulence"، بحيث يعتبر مجال الرياح نفسها هى ذات أهمية ثانوية. شكل «٩، ١٠» يمثل كيفية تمثيل قص الرياح من خلال بيانات البرنامج، حيث يمثل الشكل تمثيل لقص المركبة الشمالية «dV/dz»، والمناطق ذات اللون الأحمر تعبر عن قص رياح شديد،حيث يمكن بسهولة تحديد الارتفاع وتعتبر طريقة بسيطة للتنبؤ الآنى "Now casting" بارتفاع رياح القص.

ويقوم برنامج راسم الرياح بعرض نافذة للمستخدم تشير إلى الوقت الفعلى "Real Time" لتحذير قص الرياح جنبا إلى جنب مع جدول بسيط للحالة الحالية للرياح عند ارتفاعات معينة شكل«١١» أ،ب

هذه المعلومات متوفرة فى الوقت الفعلى من خلال ملفات نصية أو مشفرة الى MET-AR أو رسائل خاصة بالطيران "Pilot Message"، طبقاً لصيغة المنظمة العالمية للأرصاد الجوية «FM 32-IX PILOT» شكل«١٢».

٣. تطبيقات مراقبة الهواء
Air Monitoring Applications

تعتبر الأرصاد الخاصة بجودة الهواء Air Quality Meteorology من التطبيقات الهامة فى علوم الغلاف الجوى، كما تزداد أهميته فى نمذجة جودة الهواء Modeling Air Quality ويعتبر من الأجهزة المستخدمة فى تعقُب تنقُل الملوثات Tracking Transport of Pollutants» لكن يحتاج إلى شبكة تتكون من عدة رواسم للرياح».

التطبيق الفعلى الذى يمكن الاستفادة منه فى هذا المجال، بجانب انه من التطبيقات الهامة فى مجال الأرصاد الجوية، هو ارتفاع الطبقة الحدية Boun-dary Layer Height. حيث يمكن تعريفها فى مجال تلوث الهواء على إنها منطقة من الغلاف الجوى تحبس معظم الغبار والملوثات فى الغلاف الجوى، وارتفاعها وسمكها دليل على جودة الهواء وعامل مهم فى نمذجة أو التنبؤ بتشتت الملوثات Pollution Dispersal، حيث أن الارتفاع المنخفض يدل على سوء جودة

الهواء فى هذه المنطقة. كما أن وجودها يدل على وجود كتلتين هوائيتين مختلفتان فى الحرارة والرطوبة والرياح، مما يساعد على التمييز بين الكتل الهوائية المختلفة. العديد من العوامل المتاحة من خلال برنامج راسم الرياح يمكن استخدامها لتحديد ارتفاع الطبقة الحدية، لكن ليس هناك عامل واحد بالتحديد يمكن استخدامه دائماً.

يتحسن مستوى الإشارة المستقبلة إلى الجهاز وبالتالى الانعكاسية فى حالات وجود السحب والمطر بجانب ما يحدث نتيجة التشويشات الأرضية Ground Clutter والصدى الناتج من الطيور، بالإضافة إلى السطح الفاصل بين الكتل الهوائية الذى يؤدى بدوره إلى تحسين انعكاسية الغلاف الجوى نتيجة لعدم تجانس درجة الحرارة والرطوبة بينهم. فى الشكل «١٣» يتضح بداية الطبقة الحدية من الصباح حتى العصر من الساعة الثامنة صباحاً حتى الثالثة عصراً، وذلك بتمثيل الحد الأدنى من الإشارة الراجعة.

على الرغم من أن الشكل السابق يحدد ارتفاع الطبقة الحدية تقريباً من الصباح حتى العصر باستخدام الحد الأدنى من الإشارة الراجعة، لكن نهايتها غير واضحة بشكل محدد أثناء المساء، شكل «١٤» وذلك يستلزم استخدام عامل آخر يساهم فى التحديد بجانب إظهار الاضطراب المصاحب للطبقة الحدية.

شكل «١٥» يوضح قمم الانتقال الحرارى Convection Peaks الساعة الثالثة التى تنتهى تماما الساعة السادسة مساء، وهذا لم يكن ظاهر فى التمثيل السابق الذى تكمن فائدته فى تحديد ارتفاع الطبقة الحدية من الصباح حتى العصر وفى نفس الوقت مناسب لتفادى أى إشارة راجعة لا تمثل الغلاف الجوى.

شكل «١٦» يوضح تمثيل مختلف للاضطراب والطبقة الحدية وكيفية تمييز الكتل الهوائية المختلفة.

٤. الأبحاث العلمية Research Uses of Profiler

من الممكن الاستفادة من راسم الرياح فى كثير من الأبحاث العلمية لكل من التطبيقات السابقة الذكر وبتفاصيل تتيح دراسة الظواهر بصورة أكثر عمقاً، لكن هذا يتطلب شبكة من الرواسم لا تقل عن أربعة موزعة توزيع متجانس . من أكثر الموضوعات التى يمكن دراستها:

١- فيزياء السحب والهطول
Cloud and precipitation physics

٢- الجبهات والتيارات النفاثة
Fronts and Jets

٣- موجات الجاذبية
Gravity Waves

٤- العواصف
Convective Storms

٥- طقس السواحل
Coastal Weather

٦- مراقبة جودة الهواء
Air Quality Monitoring

٧- أبحاث المناخ
Global Climate Research

٨- قياسات الاضطراب
Turbulence Measurements

٩- تشخيص الرطوبة
Moisture Profiling

وعلى ذلك يتم تصنيف الراسم إلى عدة أنواع، حسب تردد التشغيل الملائم للتطبيق أو الأبحاث المطلوبة، شكل «١٧»

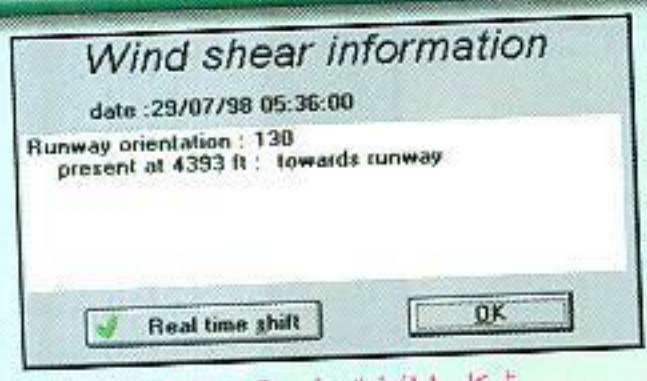
النوع الذى تم تركيبه فى مطار القاهرة الدولى هو راسم الطبقة الحدية Boundary Layer Profiler BLP الذى تم تصميمه خصيصا لدراسة الجزء الأسفل من الطبقة السفلى من الغلاف الجوى Troposphere. حيث أن انعكاسية الهواء الصافى Clear-Air Reflectivity فى الطبقة الحدية عادة ما تكون أعلى مما هى عليه فى الجزء العلوى من الطبقة السفلى من الغلاف الجوى، ومثل هذه الرواسم تكون أصغر فى الحجم «يسمح بأن يتم نشرها على متن السفن» يوجد منها الثابت والمتحرك، وأقل فى الطاقة، وأيضاً أقل تكلفة من تلك الرواسم المصممة لتغطية المناطق العليا من الغلاف الجوى. راسم الطبقة الحدية، يعمل فى نطاق الترددات العالية «٩١٥ ميغاهيرتز» وعموما يتميز بطول نبضى قصير «أقل من ١٠٠ م» والقدرة على القياس من ١٠٠-٢٠٠ متر فوق سطح الأرض

Above Ground Level AGL

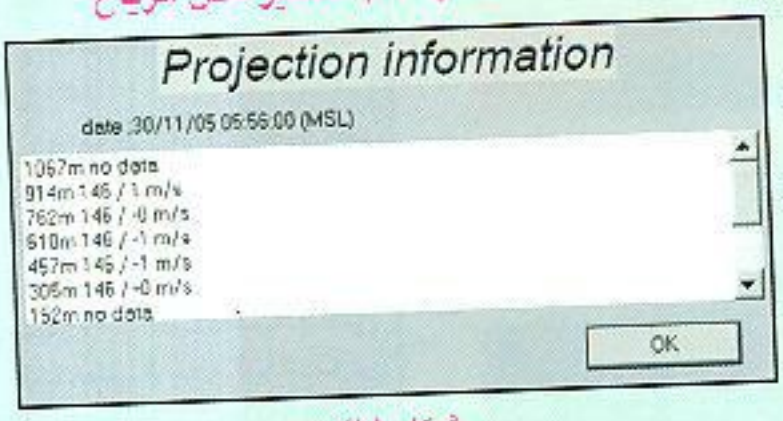
وتمتد إلى ما لا يقل عن ٢- ٤كم تحت الظروف الجوية المعتادة، بحساسية تصل من ٦٠-٤٠٠ متر مما يظهر تفاصيل الرياح فى الطبقة الحدودية، مع ملاحظة عدم وجود بيانات للرياح على ارتفاع أقل من ١٠٠ م من سطح الأرض. وعادة ما يستخدم لنوعية الهواء أوفى الدراسات على نطاق المدن، كما أنها تستخدم فى العديد من الجامعات فى مجالات البحث والتدريس.

التأثيرات الجوّية على أداء راسم الرياح

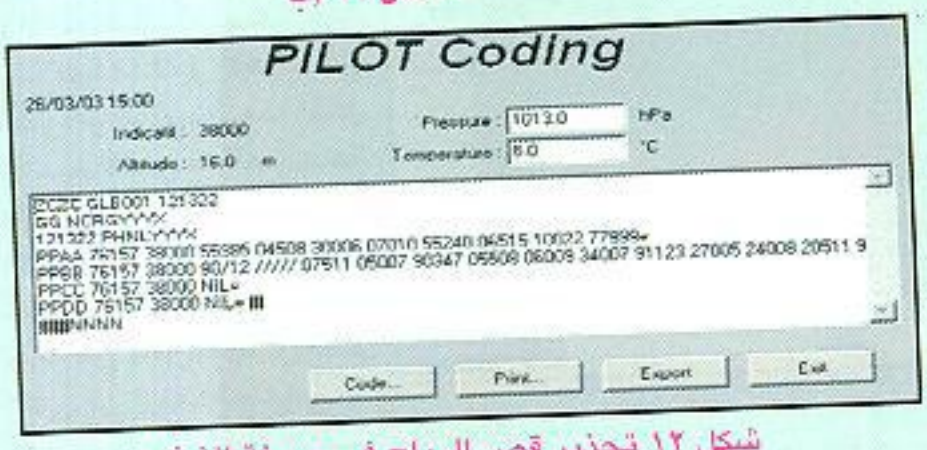
توضيح لعمل الراسم من وجهة نظر الأرصاد الجوية، التى تجعل مخرجات الراسم مفيدة لأقصى درجة أو تجعله



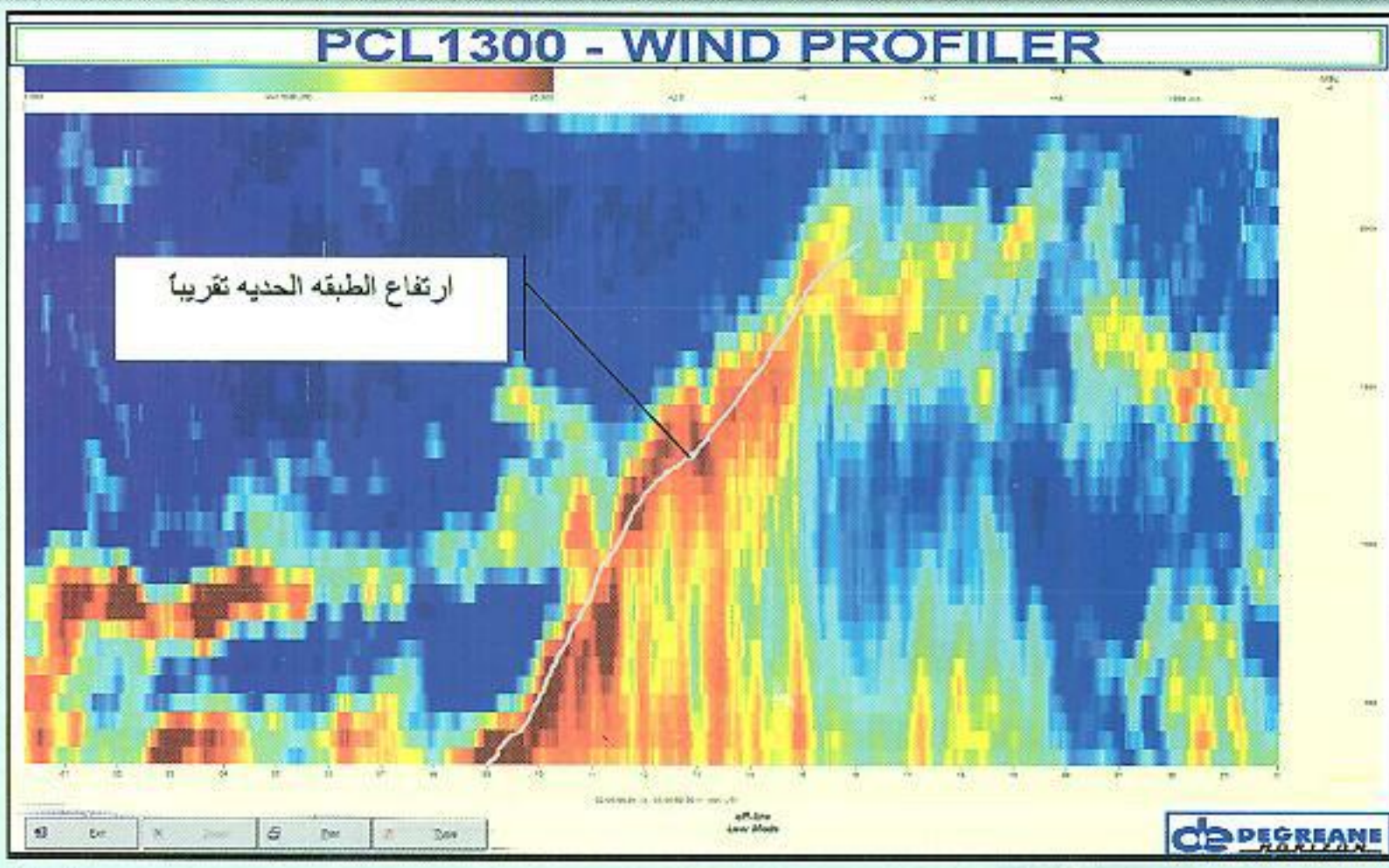
شكل ١١/أ تحذير قص الرياح



شكل ١١/ب



شكل ١٢ تحذير قص الرياح فى صيغة الشفرة



شكل ١٣ : خط مرسوم باليد لتوضيح ارتفاع الطبقة الحدية

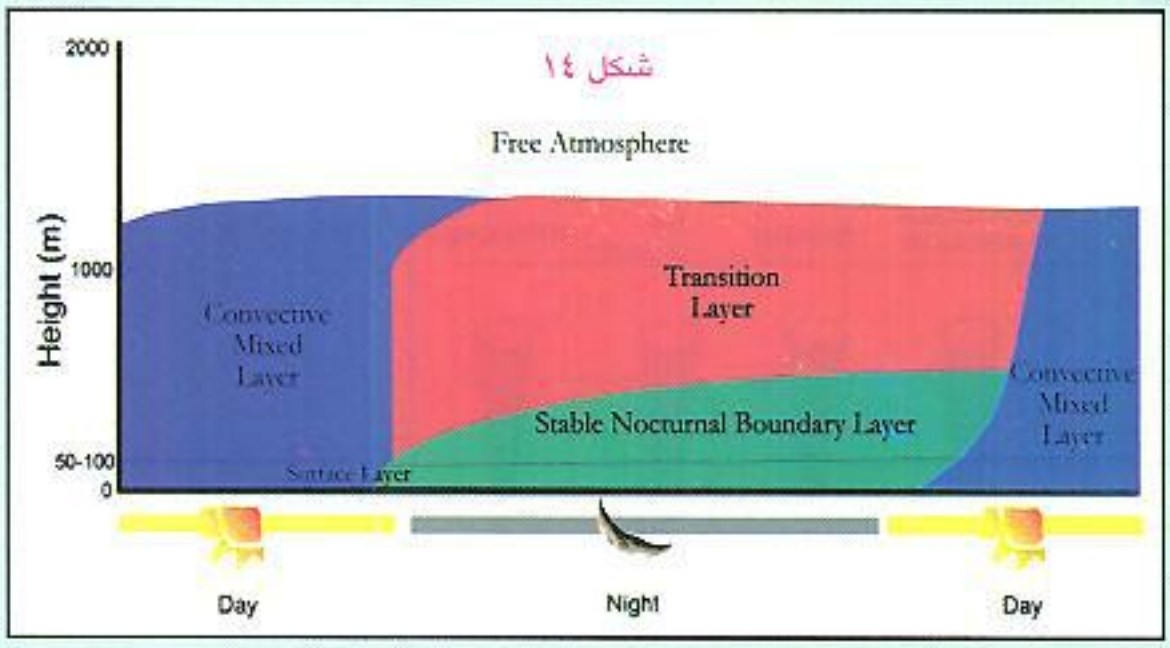
مجرد نافذة تعرض مجال الرياح ورياح القص فقط، إن خبرة مشغل راسم الرياح فى الأرصاد الجوية تحدث هذا الفارق. لتحقيق أقصى استفادة ممكنة يجب ملاحظة أن أداء راسم الرياح يعتمد بصفة أساسية على الظروف الجوية التى تتغير بشكل سريع ومثير، مثال على ذلك عند حدوث انخفاض فى مستوى ارتفاع القياس أو نقص فى البيانات فهذا ليس دليل على عدم عمل الراسم بكفاءة بل على العكس ولكن الظروف الجوية هى التى تغيرت فتغير مفهوم البيانات المتاحة.

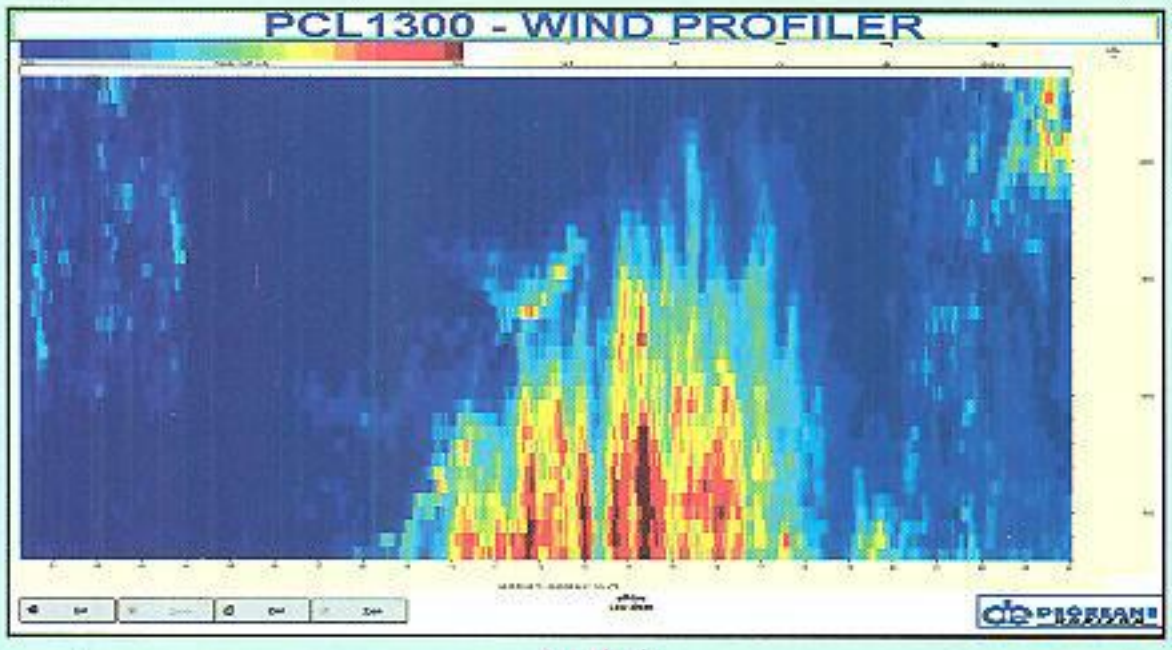
وبصفة عامة أفضل الشروط متى كان الهواء رطب ودافئ، بينما أسوءها عندما يكون الجو بارد وجاف، وأكثر الظروف الجوية التى تؤثر على أداء راسم الرياح هى : الرطوبة، الاضطراب، الهطول، رياح عالية، ودرجة الحرارة.

الرطوبة Humidity

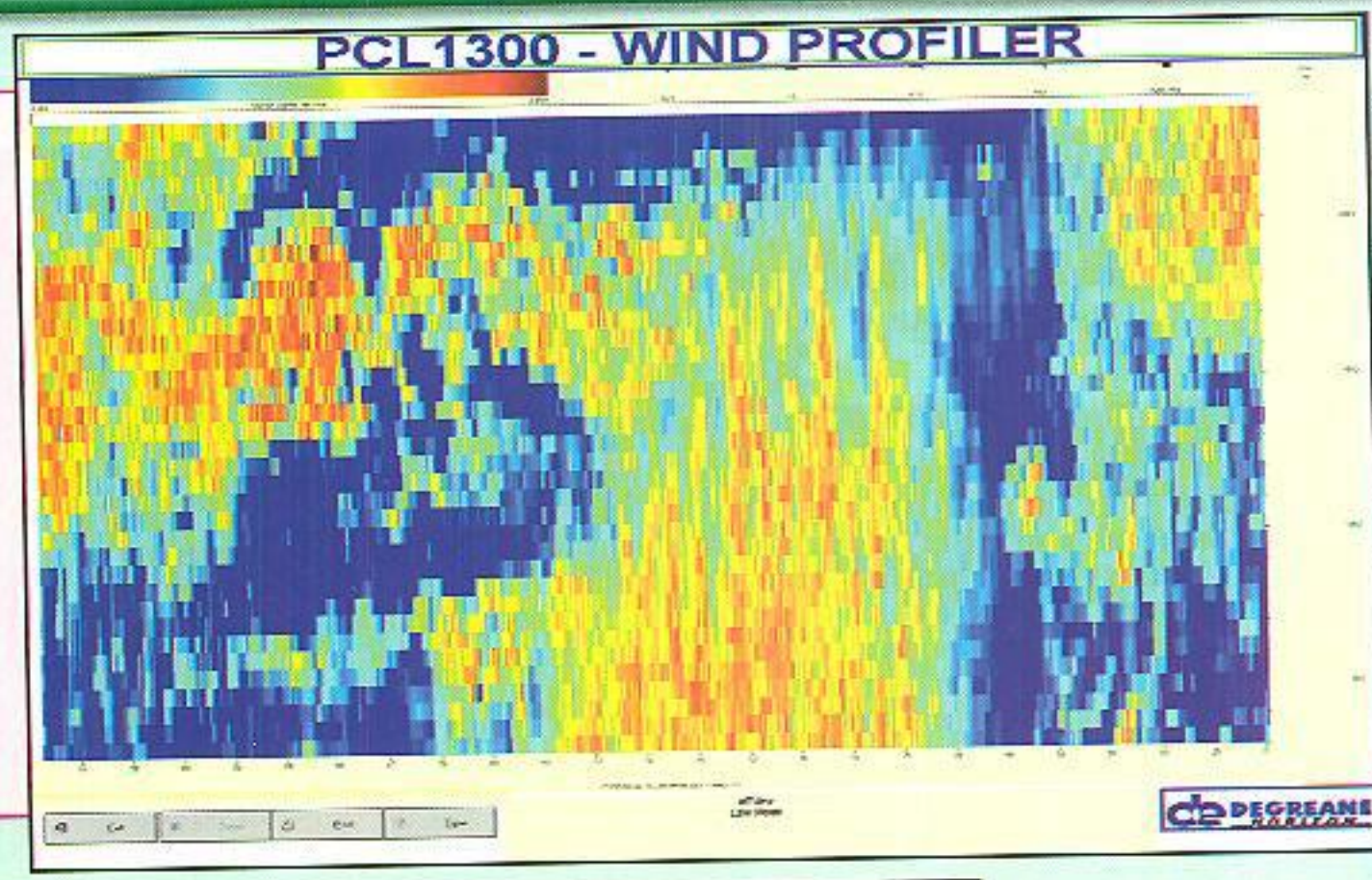
كمية الرطوبة فى الجو تؤثّر على أداء مدى ارتفاع قياس الراسم، عموماً، كلما زادت الرطوبة كلما عمل الراسم بصورة افضل لأن التغيرات فى معامل انكسار الهواء Refractive Index تكون أكبر فتكثر الإشارات الراجعة للجهاز والتى تمثل الغلاف الجوى. واذا كان هناك

شكل ١٤

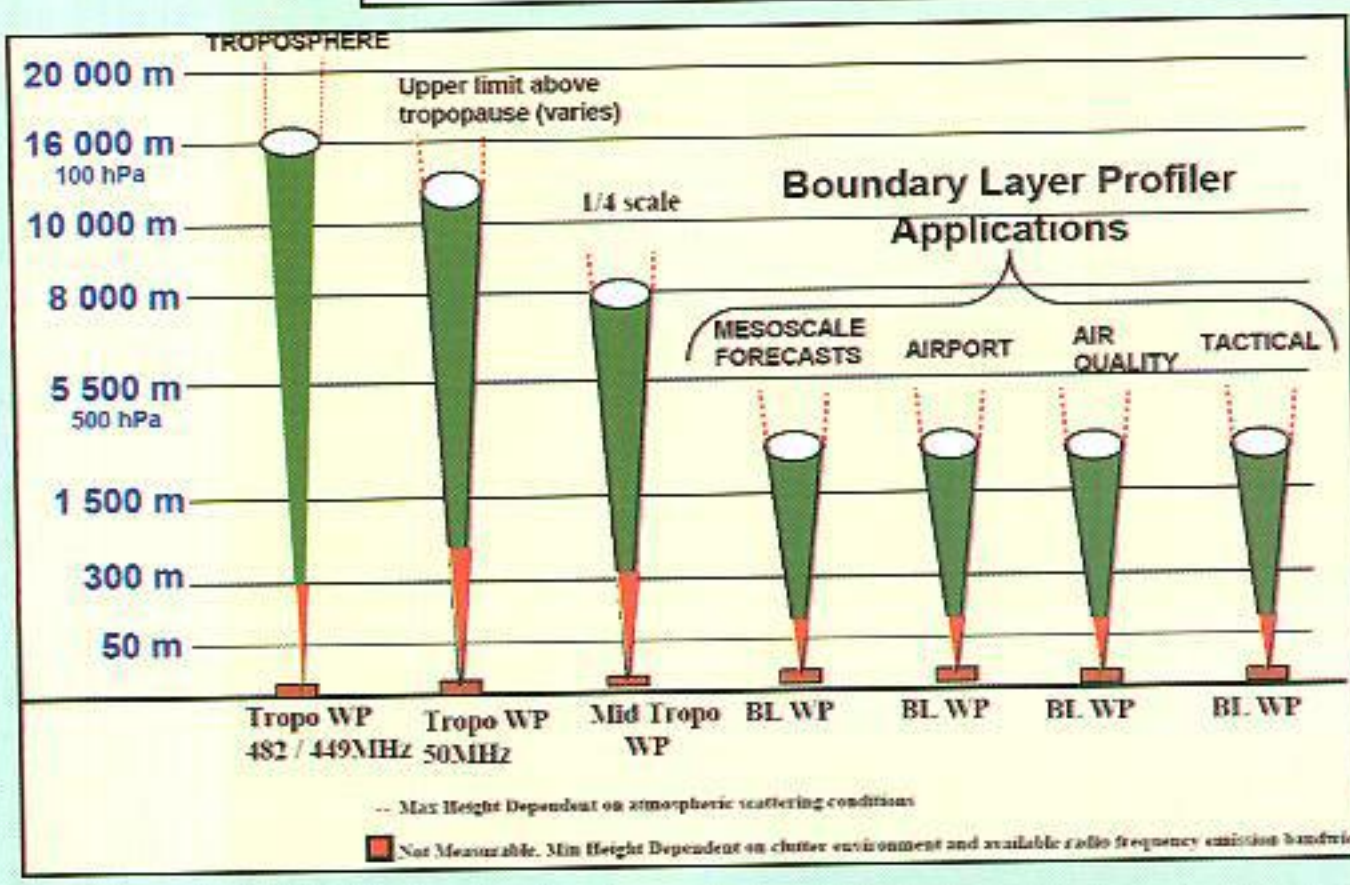




شكل ١٥



شكل ١٦ يوضح تمثيل مختلف للاضطراب والطبقة الحدية وكيفية تمييز الكتل الهوائية المختلفة



شكل (١٧) أنواع رواسم الرياح المختلفة بتردد التشغيل المناسب للتطبيق أو الأبحاث المطلوبة

انخفاض نقص فى البيانات عند ارتفاعات معينة فهذا يرجع سببه لوجود طبقة من الهواء الجاف.

بسبب جفاف الهواء فإن البيانات فى الأماكن الباردة جداً مثل مناطق خطوط العرض العالية يوجد بها نقص فى البيانات عند ارتفاعات معينة فى أغلب الأحيان وفى نفس الوقت بيانات البيئات البحرية لا تعانى مثل هذا النقص بسبب الرطوبة السائدة عادة فى تلك المناطق.

الاضطراب Turbulence

الاضطراب من العوامل المؤثرة فى عمل راسم الرياح، ويظهر تأثيره بصورة أكبر إذا كان مداه يصل إلى نصف الطول الموجى اللازم لعمل راسم الرياح. بيانات راسم الرياح لها إشارة منخفضة عندما يكون الهواء مستقر بالتيارات الهوائية الرقائقية Laminar Airflows، وهذا الشرط يكون موجود فى الليل، هذا لأن هناك اضطراب حرارى Thermally-Created متوفر لعكس إشارات راسم الرياح . من الناحية الأخرى، المناطق حول التلال والجبال تعطى بيانات جيدة حيث أن طوبوغرافيا المكان تكون الاضطراب.

الهطول Precipitation

معظم أنواع الهطول كالمطر والثلج والبَرد تؤثر على أداء راسم الرياح، عندما يتحرك المطر فى اتجاه مختلف عن الهواء الذى حوله فإن الشعاع

العمودى لراسم الرياح يقيس حركة الأجسام المائية Hydrometeors بدلاً من المركبة العمودية للرياح، هذا لأن الهطول يرجع إشارات أقوى من الهواء الخالى.

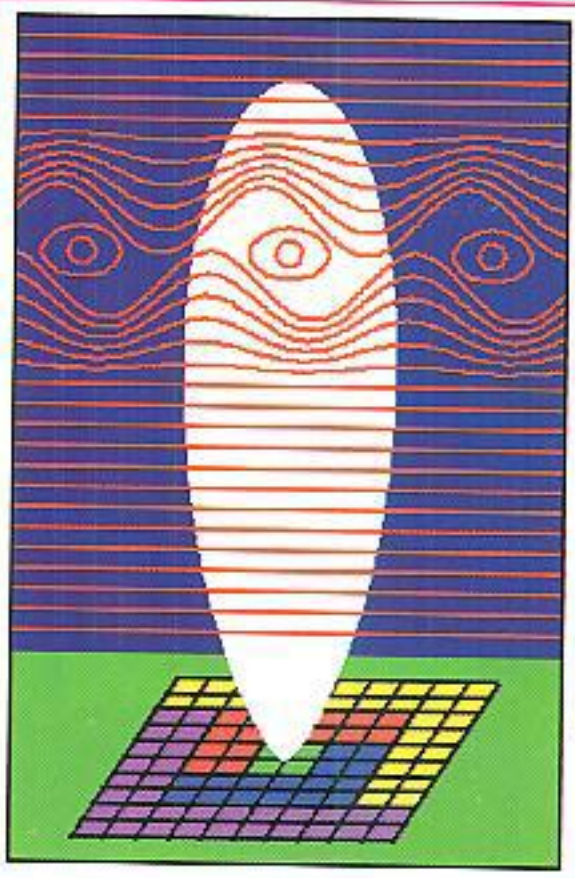
على أية حال، إذا كان الهطول محمول بالرياح، فإن الرياح الأفقية من الممكن قياسها بدقة حيث يستطيع راسم الرياح تصحيح سرعة الجزئيات فى شعاع خارج زاوية السمت off-zenith من خلال قياس الشعاع العمودى.

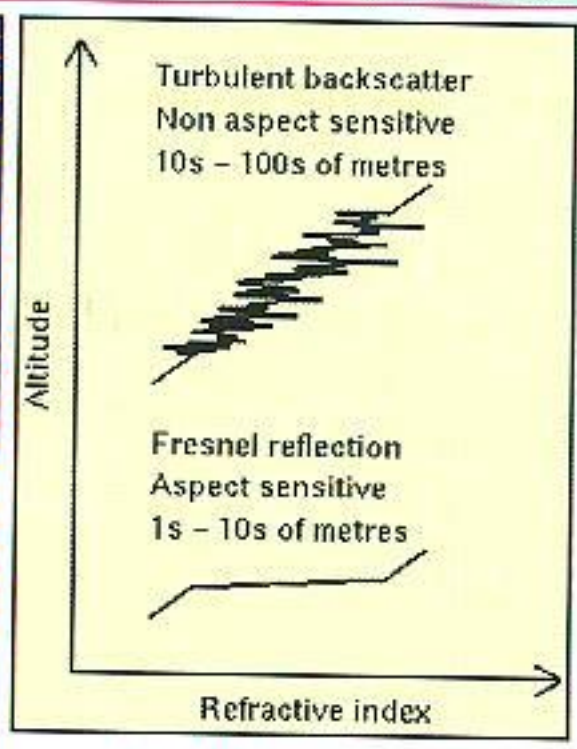
رياح عالية High Winds

التشويشات الأرضية Ground Clutter فى أغلب الأحيان تؤثر على جودة البيانات خاصة عند الارتفاعات المنخفضة، والرياح العالية من الممكن أن تسبب مثل هذا التأثير من أجسام مثل الأشجار والمبانى وخطوط الكهرباء التى تظهر سرعة دوبلر كافية بالقدر الذى يربك قدرة راسم الرياح على التمييز.

شكل ١٩: الدوائر تمثل التشويشات الأرضية التى قد تصل إلى ارتفاع ٥٠٠ م فى هذه الحالة

اختيار موقع راسم الرياح بحيث تكون التشويشات الأرضية أقل ما يمكن يحسن من نوعية البيانات



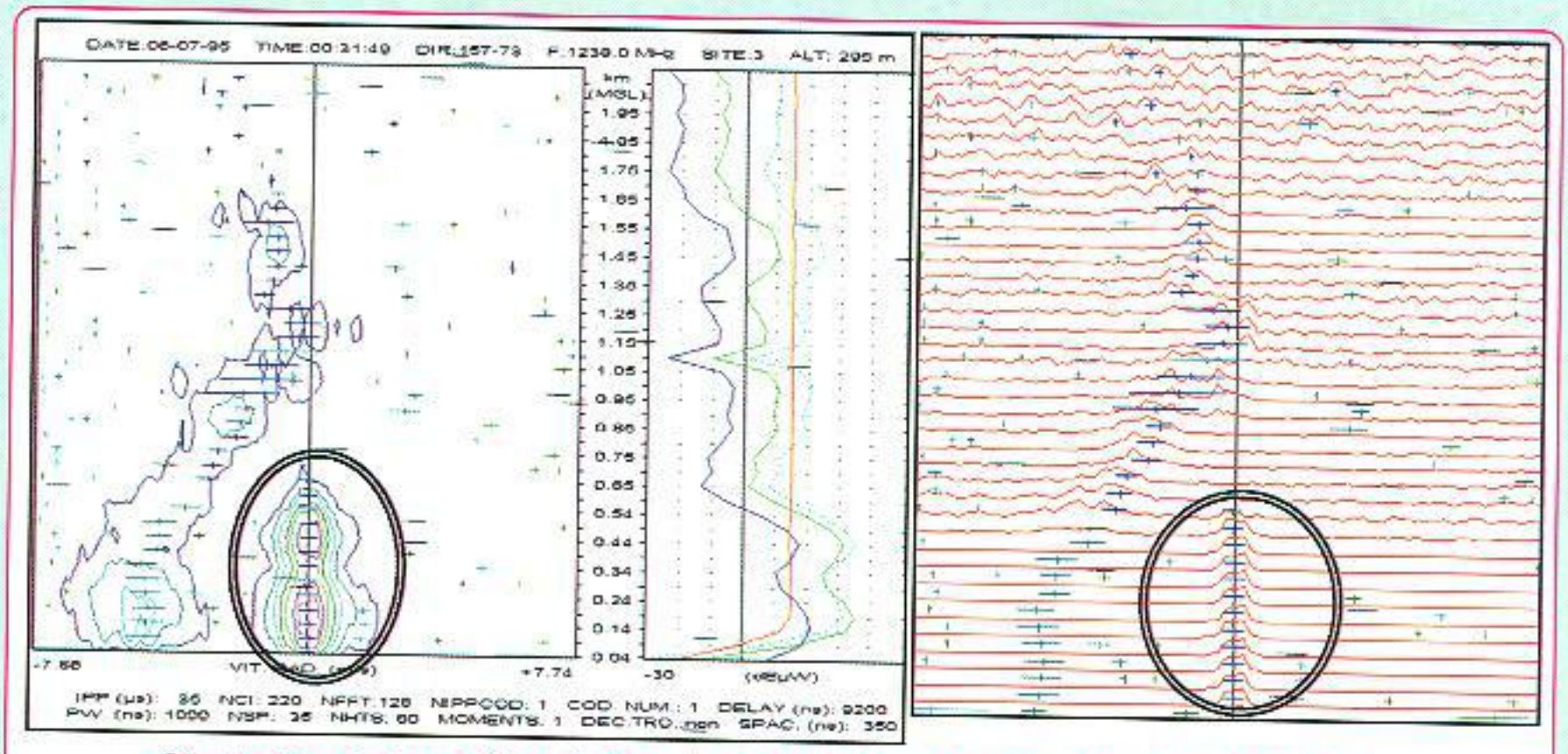


شكل ١٨: تأثير الاضطراب فى عمل راسم الرياح

وجودتها، كما يمتاز البرنامج بالقدرة على استثناء البيانات الناتجة عن التشويشات الأرضية.

درجة الحرارة Temperature

تظهر أهمية درجة الحرارة على نظام الراديو- سمعى صوتى RASS،Radio-Acoustic Sounding System أكثر منه على قياسات الرياح، حيث تضعف الموجات Acoustic attenuation كدالة فى درجة الحرارة والرطوبة والضغط. يسبب الهواء البارد ضعف أكبر للموجات، وفى نفس الوقت، الهواء الرطب أو الدافئ يساعد على انتشار الموجات بشكل أفضل ينتج عنه تحسن فى مدى درجة الحرارة الافتراضية المقاسة.



شكل (١٩) الدوائر تمثل التشويشات الأرضية التى قد تصل إلى ارتفاع ٥٠٠ م فى هذه الحالة