علی عابدینی کارشناس ارشد مرکزپیش بینی، سازمان هواشناسی کشور — **A. Abedini**
مجید آزادی عضو هیئت علمی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران — **M. Azadi, Ph.D**
داود پرهیزکار، کارشناس ارشد مرکز پیش‌بینی سازمان هواشناسی کشور — **D. Parhizkar**
شماره مقاله: ۵۷۱

کنترل کیفی داده‌های همدیدی سطح زمین و جو بالا

خلاصه

پایه بسیاری از مطالعات در هواشناسی و اقلیم شناسی داده‌های خام دیده‌بانی می‌باشد و وجود خطا یا عدم سازگاری بین میدانهای مختلف می‌تواند در نتایج مطالعات و پژوهشها اثر قابل توجهی داشته باشد. بدون انجام کنترل کیفی و نظارت داده‌ها، تحلیل عینی نقشه‌های هواشناسی با استفاده از برنامه‌های رایانه‌ای با مشکل مواجه می‌شود و محصولات بدست آمده قابل استفاده نیست و چنانچه به‌عنوان ورودی مدلهای عددی به‌کارگرفته شوند، خطاهای فاحشی در برون‌داد به بارخواهند آورد. برخی از داده‌های هواشناسی‌که از ایستگاههای همدیدی سطح زمین و جو بالا گزارش می‌شوند به دلایل مختلف دارای خطاهایی هستند و باید قبل از هرگونه استفاده کنترل شده و از داده‌های صحیح جدا شوند. در اینجا فرمول‌بندی و اساس روشی ارایه می‌شود که اطلاعات فوق را کنترل و داده‌های مشکوک و اشتباه را از داده‌های صحیح جدا کرده سپس آنها را تصحیح یا به عنوان داده‌های غلط رد می‌کند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با این روش به‌راحتی می‌توان بر درستی گزارشهای ایستگاههای هواشناسی سطح زمین و جو بالا نظارت کرد. همچنین در صورت اعمال کنترل کیفی، داده‌های حاصل را می‌توان با اطمینان برای انجام تحلیل عینی در برنامه‌های رایانه‌ای به‌کار گرفت.

واژه‌های کلیدی: کنترل کیفی، گزارشهای همدیدی، فراسنجهای جوی، داده‌های مشکوک، داده‌های غلط

مقدمه

در ایستگاههای همدیدی سطح زمین و جو بالا کمیتهای فیزیکی و دینامیکی متفاوتی اندازه‌گیری و گزارش می‌شود. این داده‌ها به وسیله سیستمهای پیشرفته مخابراتی از ایستگاهها جمع‌آوری و بین مراکز هواشناسی ملی و جهانی تبادل می‌شوند تا از آنها برای تهیه نقشه‌های

همدیدی استفاده شود. علاوه بر این، از آنها برای آغازگری مدلهای عددی وضع هوا استفاده می‌شود که صحت آنها نقش کلیدی در صحت برون‌داد مدل خواهد داشت. در مسیر تهیه و ارسال این داده‌ها همواره به دلایل ماشینی و انسانی، احتمال بروز خطا به مقدار بسیار زیادی وجود دارد. لذا لازم است قبل از هرگونه پردازشی بر روی آنها، از نظر کیفی مورد بررسی قرار گیرند. در تحلیل دستی نقشه‌های همدیدی این نظارت ناخودآگاه توسط تحلیل‌کننده نقشه انجام می‌شود، ولی درمورد تحلیل ماشینی نیاز است که نرم افزاری تهیه شود تا آنها را از نظر کیفی بررسی کرده و چنانچه دارای خطای زیادی هستند از محاسبات خارج کند. به همین منظور اقدام به تهیه نرم افزار کنترل کیفی شده است. این نرم افزار شامل چهار بخش نظارتی است که عبارتند از:

۱-کنترل خطاهای فاحش[1]　　۲- کنترل سازگاری درونی[2]

۳- کنترل سازگاری زمانی[3]　　۴- کنترل سازگاری مکانی- زمانی[4]

کنترل خطاهای فاحش

گزارشهای سطح زمین و جو بالا که به شکل کدهای استاندارد می‌باشند توسط یک نرم افزار (اشرفی، خسرو، اصفهانیان، وحید قادر، سرمد ۱۳۸۰) کشف رمز شده و به صورت ماتریس در پرونده‌هایی ذخیره می‌شوند و نام آنها بر اساس تاریخ تعیین می‌شود. در خواندن گزارشها و کشف رمز، سال، ماه، ساعت، تعداد گروهها، شماره ایستگاهها و همچنین کمیتهای جدول ۱ کنترل می‌شوند (آذری، فیروز،۱۳۶۳)(World Meteorological Organization, 1995).

در این مرحله از نظارت، گزارشهای همدیدی سطح زمین شامل: فراسنجهای سرعت باد، دما، نقطه شبنم، فشارQFE وQFF، تغییرفشار و دمای سطح آب و در گزارشهای همدیدی جو بالا فراسنجهای ارتفاع ژئوپتانسیل، دما و سرعت باد کنترل می‌شوند. خطاهای فاحش، زمانی رخ می‌دهند که یک کمیت خارج از حدود اقلیمی خود گزارش شده باشد. این حدود، مقادیر حدی هستند که در فصول سرد و گرم سال و همچنین در عرضهای جغرافیایی مختلف، متفاوت هستند. در کنترل فراسنجهای دما و فشار، چهار مقدار حدی MAX۲، MAX۱، MIN۲، MIN۱ تعیین شده است. چنانچه کمیت‌گزارش شده بزرگ‌تر از MAX ۲ و یا کوچکتر از MIN۲ باشد، حتماً اشتباه بوده و حذف می‌شود. در صورتی‌که بین دو مقدار MAX۲ و MAX۱ و یا بین MIN۲ و MIN۱ باشد

1- Gross error limit checks
2- Internal consistency checks
3- Time consistency checks
4- Space/ Time consistency checks

مشکوک به اشتباه بوده و درستی یا نادرستی آن به مراحل بعدی موکول می‌گردد. (اصفهانیان، وحید، اشرفی، خسرو، قادر، سرمد، ۱۳۸۰).

کنترل سازگاری درونی داده‌ها

۱- سازگاری درونی داده‌های سطح زمین: در این مرحله فراسنجهای مختلف سطح زمین با یکدیگر مقایسه می‌شوند که عبارتند از:

الف- سمت و سرعت باد، dd و ff

ب- دید، VV و پدیده، ww

ج- دیدVV و اطلاعات ابر

د- نوع، ارتفاع ومقدار ابر

هـ - اطلاعات ابر و پدیده، ww

و- دما، T و پدیده، ww

ز- دما، T و دمای تر، T_d

ح- تغییرات فشار appp

ط- کنترل فشار QFF بر اساس فشار QFE

الف- کنترل داده‌های جوبالا: در این مرحله داده‌های جو بالا به چهار روش و به طور مجزا یا همزمان تحت کنترل قرار می‌گیرند که عبارتند از:

۱- سازگاری نمایه‌ی قایم دما با آهنگ کاهش دما با ارتفاع: در این نوع کنترل، نمایه‌ی قایم دما، لایه به لایه بررسی شده و لایه‌های با آهنگ کاهش ابر بی‌دررو[5] و وارونگی نامتعارف[6] مشخص می‌شوند. برای کنترل وارونگیهای نامتعارف اختلاف دمای یک تراز و تراز بالاتر $(T_{i+1} - T_i)$ در هر لایه محاسبه شده و چنانچه از یک مقدار حدی بیشتر باشد اشتباه بوده و حذف می‌شود. این مقدار حدی در فصول گرم و سرد سال و عرضهای جغرافیایی متفاوت و همچنین در سطوح مختلف جو متفاوت هستند که طی جداولی مشخص شده‌اند (اصفهانیان، وحید، اشرفی، خسرو، قادر، سرمد، ۱۳۸۰).

در کنترل آهنگ کاهش ابر بی‌درروی دما با ارتفاع، دمای T_i در سطح فشاری P_i برای محاسبه‌ی دمای $NT\ i_{+1}$ در سطح فشاری دیگر، P_{i+1} ، با استفاده از آهنگ کاهش بی‌درروی خشک دما محاسبه می‌شود.

$$NT_{i+1} = T_i \left(\frac{P_{i+1}}{P_i} \right) \mu \qquad (1)$$

که در آن $\mu = \frac{R}{C_p}$ و $P_i > P_{i+1}$ می‌باشد.

5 - Superadiabatic lapse rate
6- Unresonable inversion

اگر $NT_{i+1} - T_{i+1} < \varepsilon$ باشد، که در آن ε صفر یا عدد کوچک مثبت است، نمایه قایم لایه مذکور در وضعیت ابر بی‌درو قرار ندارد. اگر این اختلاف از یک مقدار حدی بزرگ‌تر باشد وضعیت ابر بی‌دررو حاکم است. برای یک گزارش همدیدی کامل با دماهای قابل ملاحظه، مقدار حدی نزدیک به صفر می‌باشد. حدود به صورت زیر در نظرگرفته می‌شوند:

۱) برای لایه‌های بالاتر از ۸۵۰ $P_i \leq 850$ ، مقدار حدی صفر در نظر گرفته می‌شود.

۲) برای لایه‌های پایین‌تر از ۸۵۰ $P_i > 850$ ، مقدار حدی با توجه به فصل، عرض جغرافیایی و ضخامت لایه تعیین می‌شود.

اگر لایه در وضعیت ابر بی‌دررو یا وارونگی شدید قرار داشته باشد، دمای T_i یا T_{i+1} اشتباه هستند. مقایسه‌ی لایه‌های مجاور مشخص می‌کند که کدام یک از دماها اشتباه می‌باشند. دمای اشتباه را می‌توان با استفاده از رابطه آهنگ کاهش دما با ارتفاع، تصحیح کرد.

۲- سازگاری بین ترازهای قابل ملاحظه و ترازهای استاندارد: در کنترل فراسنجهای سطوح استاندارد، این فراسنجها با استفاده از داده‌های سطوح قابل ملاحظه و روابط فیزیکی مجدداً محاسبه شده و سپس با مقادیر واقعی سطوح استاندارد مقایسه می‌گردند. این محاسبه به روشهای زیر انجام می‌شود:

الف- دماهای تر و خشک با فرض تغییرات خطی با lnp ، بین سطوح قابل ملاحظه با استفاده از معادله (۲) درون‌یابی می‌شوند.

$$T_S = T_i + \frac{Ln(P_S) - P_i}{Ln(P_i+1) - Ln(P_i)}(T_{i+1} - T_i) \qquad ۲$$

s بیانگر سطح فشاری استاندارد، i و i+۱ بیانگر سطوح قابل‌ملاحظه در مجاورت سطح استاندارد می‌باشند.

در رابطه ۲ همواره شرط $P_{i+1} < P_S < P_i$ وجود دارد و ضخامت دو لایه مجاور P_s کمتر و یا مساوی یک حد معینی است که عبارتند از:

۱) ۱۵۰ hpa برای سطوح استاندارد ۷۰۰-۱۰۰۰ hpa

۲) ۱۰۰ hpa برای سطوح استاندارد ۳۰۰-۵۰۰ hpa

۳) ۷۵ hpa برای سطوح استاندارد ۱۰۰-۲۵۰ hpa

۴) ۲۰ hpa برای سطوح استاندارد ۳۰-۷۰ hpa

۵) ۱۰ hpa برای سطوح استاندارد ۱-۲۰ hpa

ب- ارتفاع سطوح استاندارد با انتگرال‌گیری معادله هیدرواستاتیک از سطح زمین تا سطح استاندارد بدست می‌آید. در صورت امکان، از دماهای مجازی، T_i^* در انتگرال‌گیری ارتفاع استفاده می‌شود.

$$Z_S = Z_{stn} + \sum_{i=1}^{N-1} \frac{Rd}{g} \frac{T_i^* + T_{i+1}^*}{2} Ln\left(\frac{P_i}{P_{i+1}}\right) + \frac{Rd}{g} \frac{T_N^* + T_S^*}{2} Ln\left(\frac{P_N}{P_S}\right) \qquad ۳$$

که در آن N تعداد سطوح قابل ملاحظه‌ای است که زیر سطح استاندارد قرار دارند (World Meteorological Organization, 2001).

ج- مؤلفه‌های باد (u و v) در سطوح استاندارد، با استفاده از داده‌های سطوح قابل ملاحظه، مشابه بند الف، با فرض تغییر خطی باد با LnP محاسبه می‌شوند.

داده‌های محاسبه شده برای سطوح استاندارد با داده‌های گزارش شده سطوح فوق مقایسه شده و چنانچه اختلاف ارتفاع برای سطوح مورد نظر زیر hpa ۴۰۰ بیشتر از gpm ۱۵ و برای سطوح بالای hpa ۴۰۰ بیشتر از gpm ۳۰ باشد در این صورت ارتفاع سطح استاندارد و یا سطوح قابل ملاحظه گزارش شده اشتباه می‌باشند. همین استنتاج برای دما نیز بکار می‌رود به طوری که اختلاف دما برای سطوح زیر hpa ۳۰۰ بیشتر از ۱/۵ ℃ سلسیوس و برای سطوح بالای hpa ۳۰۰ (یا بالاتر از تروپوپاز) بیشتر از ۳ ℃ سلسیوس باشد و چنانچه اختلاف دمای نقطه شبنم محاسبه شده و گزارش شده بیشتر از ۱/۵ ℃ باشد مشکوک به اشتباه می‌باشد. اگر اختلاف در سرعت باد بیشتر از $5\ ms^{-1}$ یا اختلاف در سمت باد بیش از ۱۰° باشد بادگزارش شده اشتباه می‌باشد.

۳- بررسی ترازمندی هیدرواستاتیکی بین ارتفاع ژئوپتانسیلی و دمای ترازهای استاندارد: معادله هیدرواستاتیک می‌تواند جهت کنترل سازگاری قائم بین دما و داده‌های ژئوپتانسیلی در سطوح استانداردی به‌کار رود. چندین الگوریتم بر این اساس تعریف و بسط داده شده است. الگوریتم زیر به‌وسیله هینکلمن (Hinkelman 1969) ابداع شده است. لایه بین دو سطح استاندارد متوالی P_i و P_{i+1} را در نظر بگیرید (شکل ۱).

اگر بخش A از گزارش جو بالا در دسترس باشد و جزییات نمایه‌ی قائم دما در لایه P_i تا P_{i+1} مشخص نباشد با فرض این‌که تغییرات دما با LnP در لایه مذکور به طور خطی است، محاسبه ضخامت تقریبی لایه D_i امکان‌پذیر خواهد بود و برای محاسبه آن در صورت امکان از دمای مجازی استفاده می‌شود.

$$D_i = \frac{Rd}{g} \frac{T_i^* + T_{i+1}^*}{2} Ln\left(\frac{P_i}{P_{i+1}}\right) \qquad ۴$$

اگر یک تروپوپاز بین لایه قرار داشته باشد، برای محاسبه ضخامت یک دمای تعدیل شده T'_{i+1} با استفاده از دمای تروپوپاز محاسبه می‌شود.

$$T_{\text{int}} = T_i + \frac{Ln(P_i) + Ln(P_{trop})}{Ln(P_i) - Ln(P_{i+1})} \qquad ۵$$

$$T'_{i+1} = T_{i+1} + T_{trop} - T_{\text{int}} \qquad ۶$$

که در آن T_{trop} و P_{trop} به ترتیب دما و فشار سطح تروپوپاز هستند. ضخامت محاسبه شده D_i، معمولاً با ضخامت گزارش شده $Z_{i+1} - Z_i$ متفاوت است و برای تعیین حدود مجاز این اختلاف بایستی دو مقدار حدی محاسبه شود.

D_a : فرض می‌شود در سطح فشاری P_i یک وارونگی وجود دارد و شرایط آهنگ کاهش بی‌دروی خشک حاکم است (شکل ۱، نمودار T_a).

$$D_a = \frac{R_d}{2g}\left\{1 + \left(\frac{P_{i+1}}{P_i}\right)^{R/C_p} T_i Ln\left(\frac{P_i}{P_{i+1}}\right)\right\} \qquad ۶$$

D_b : فرض می‌کنیم در سطح فشاری P_{i+1} یک وارونگی و همچنین شرایط آهنگ کاهش بی‌درروی خشک وجود دارد (شکل ۱، نمودار T_b).

$$D_b = \frac{R_d}{2g}\left\{1 + \left(\frac{P_i}{P_{i+1}}\right)^{R/C_p} T_{i+1} Ln\left(\frac{P_i}{P_{i+1}}\right)\right\} \qquad ۷$$

بیشینه‌ی اختلاف ضخامت محاسبه‌شده و دیده‌بانی‌شده یعنی $|Z_{i+1} - Z_i - D_i|$، برابر $\frac{1}{2}|D_a - D_b|$ می‌باشد و $\frac{3}{4}$ این مقدار به عنوان حد مجاز (TOL) در نظرگرفته می‌شود. کمینه مقدار TOL برابر ۲۰ gpm، و بیشینه آن برای سطح زیر ۴۰۰ hpa برابر۵۰gpm و برای سطوح بالاتر از آن برابر ۸۰ gpm در نظرگرفته می‌شود. اگر میزان اختلاف ازTOL بیشتر باشد حداقل یکی از مقادیر Z_i، T_i، Z_{i+1} یا T_{i+1} اشتباه بوده و برای تشخیص آن باید اطلاعات سطوح مجاور نیز استفاده شوند. با محاسبه $E_i = Z_{i+1} - Z_i - D_i$ و $F_i = \frac{E_i}{E_{i+1}}$ می‌توان F_i را در لایه‌های مختلف تعیین نمود تا مشخص شود کدام گزینه اشتباه می‌باشد.

الف- $0/5 < F_i < 2/0$: احتمالاً T_{i+1} اشتباه است.

ب- $2/0 < F_i < -0/5$: احتمالاً Z_{i+1} اشتباه است.

ج- $F_i \geq 2/0$: Z در سطح $i+1$ و بالاتر از آن احتمالاً اشتباه می‌باشد.

د- $F \leq 0/5$: احتمالاً چندین مورد اشتباه وجود دارد.

برخی از داده‌هایی که طی فرایند کنترل کیفی حذف می‌شوند، را می‌توان با استفاده از داده‌های سطوح مجاور مجدداً محاسبه و پس از کنترل مجدد به عنوان داده‌های صحیح جایگزین نمود (اصفهانیان، وحید، اشرفی، خسرو، قادر، سرمد، ۱۳۸۰).

کنترل سازگاری زمانی

این نوع نظارت بر داده‌هایی اعمال می‌شود که به‌صورت مستمر از یک مکان خاص گزارش می‌شوند. برای این نوع داده‌ها، مانند فشار و نحوه تغییرات آن، کنترل سازگاری زمانی یک ابزار ساده اما مناسب، حتی برای مشخص‌کردن خطاهای دیده‌بانی کوچک است. این کنترل همچنین برای تأیید موقعیت کشتی‌ها و شناورهای هواشناسی که گزارش تهیه می‌کنند نیز مهم است. کنترل موقعیت هواپیمایی که در طول مسیر پرواز خود گزارش ارسال می‌کنند و همچنین ترتیب زمانی گزارشها در مسیر حرکت یک ماهواره نیز از جمله مواردی است که توسط این نوع نظارت قابل انجام است.

۱- کنترل بر داده‌های سطح زمین: در این مرحله تفاوت اندازه‌گیری دما با فشار میانگین سطح دریای آزاد و تغییرات فشاری مربوط به یک ایستگاه، نسبت به گزارش قبلی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر زمان دیده‌بانی t_o باشد و تفاوت زمانی آن با دیده‌بانی قبلی dt باشد آن‌گاه چنانچه $|T(t_o)-T(t_o-dt)|>TTOL(dt)$ باشد دما در لحظه‌ی t_o مشکوک خواهد بود. مقادیر TOL(dt) برای زمانهای متفاوت در جدول ۲ داده شده است.

برای **دمای نقطه** شبنم نیز همانند رابطه بالا داریم: $|T_d(t_o)-T_d(t_o-dt)|>T_d TOL(dt)$ و برای تغییر فشاری از روش زیر استفاده می‌شود:

اگر $5\le a(t_O)\le 8$ آنگاه $Ptend(t_O)=-PP(t_O)$

اگر $0\le a(t_o)\le 4$ آنگاه $Ptend(t_O)=PP(t_O)$

که در آن $PP(t_o)$ فشار، $Ptend$ تغییرات فشار و $a(t_o)$ نحوه تغییر آن می‌باشد. چنانچه تغییرات فشاری در زمان t_o و (t_o-dt) از رابطه زیر تبعیت کند مشکوک به اشتباه خواهد بود.

$$|Ptend(t_O)-Ptend(t_O-dt)|>pptol(dt) \qquad ۸$$

کنترل فشار از طریق تغییرات آن به شرح زیر انجام می شود:

مقادیر فشار، بر حسب هکتوپاسکال، در زمان t_o و (t_o-dt) همراه با تغییرات فشاری در زمان t_o در دو حالت زیر مشکوک خواهند بود:

الف- اگر در یک فاصله زمانی dt = ۳ ساعت داشته باشیم:

$$\left|P(t_O) - P(t_O - dt) - P_{tend}(t_O)\right| > 1/5hpa \qquad ۹$$

ب- اگر در یک فاصله زمانی dt = ۶ ساعت داشته باشیم:

$$\left|P(t_O) - P(t_O - dt) - 0/5P_{tend}(t_O - dt) - 1/5P_{tend}(t_O)\right| > 2/5hpa \qquad ۱۰$$

در حالت ب تغییرات غیرخطی محتمل برای P در نظرگرفته شده است.

فشار سطح ایستگاه نیز به همین روش قابل کنترل است اما حدود تغییرات آن کوچک‌تر بوده و برای $dt = 3$ ساعت ۰/۵ و برای شش ساعت ۱/۵ هکتوپاسکال می‌باشد. در هنگام کنترل فشار و تغییرات فشار بایستی تغییرات شبانه‌روزی فشار را نیز در نظرگرفت. مقادیر دیده‌بانی شده بارش را می‌توان با رمزWW مربوط به فاصله زمانی قبلی، کنترل کرد. چنانچه مقدار بارش‌گزارش نشده باشد اما در رمز مذکور پدیده بارش‌گزارش شده باشد، هر دو مقدار بارش و رمزWW بایستی مشکوک در نظرگرفته شود. این نظارت را می‌شود با هوای گذشتهٔ W_2 و W_1 نیز انجام داد (World Meteorological Organization, 2001).

۲- کنترل با استفاده از پیش‌بینی‌های عددی: در سیستمهای جدید شبیه‌سازی داده‌ها که پیش‌بینی حدس اولیه در دسترس می‌باشد، مقایسه داده‌های دیده‌بانی با پیش‌بینی برای یک زمان مشخص ابزاری است که می‌توان با آن صحت داده‌های دیده‌بانی را نظارت کرد. روشهای متعددی برای این‌کار وجود دارد که در زیر به توضیح روش مرسوم درECMWF پرداخته می‌شود.

داده‌های دیده‌بانی مانند ارتفاع ژئوپتانسیلی، دما، باد و فشار سطح زمین که با نماد A^O مشخص می‌شود. با مقدار درون‌یابی شده آن A^P در نقطه دیده‌بانی مقایسه شده و پس از تعیین انحراف آن، توسط رابطه زیر بهنجار می‌شود.

$$\delta^O = (A^O - A^P)/E^P \qquad ۱۱$$

که در آن E^P ضریب صحت تخمین داده‌های پیش‌بینی شده حدس اولیه است. از آنجایی‌که ممکن است پیش‌بینی حدس اولیه به سبب کمبود داده‌های دیده‌بانی در منطقه، مانند اقیانوسها، از صحت کمی برخوردار باشد مقایسه داده‌های دیده‌بانی با آنها، به سبب غیرقابل اطمینان بودن پیش‌بینی، نمی‌تواند صحت و سقم آنها را مشخص‌کند لذا ضروری است تا بهنجارسازی فوق انجام شود. هر داده دیده‌بانی همچنین دارای خطای تخمینی خود، E^o، است که به روش زیر بهنجار می‌شود.

$$\varepsilon^o = E^o / E^p \qquad ۱۲$$

اکنون انحرافات دیده‌بانی با مقادیری که قبلاً تعیین شده‌اند، ERRLIM، مقایسه می‌شوند، بنابراین اگر $\delta^{o^2} > (1+\varepsilon^{o^2})ERRLIM^2$ باشد داده دیده‌بانی شده مشکوک خواهد بود.

مؤلفه‌های باد بایستی با هم کنترل شوند. اگر

$$\frac{1}{2}(\delta_U^{o^2}+\delta_V^{o^2}) > \left(1+\frac{1}{2}(\varepsilon_u^{o^2}+\varepsilon_v^{o^2})\right)ERRLIM^2 \qquad ۱۳$$

باشد مقدار هر دو مؤلفه باد مشکوک خواهد بود.

دسته‌بندی کردن انحرافات بر اساس بزرگی آنها و با استفاده از حدود خطا $ERRLIM_j$ مفید خواهد بود بدین ترتیب مقادیر دیده‌بانی شده توسط یک نشان کیفیت، j، به روش زیر مشخص خواهند شد:

$$\delta^{o^2} > (1+\varepsilon^{o^2})ERRLIM_j^2 \qquad ۱۴$$

در نتیجه در ادامه پردازش داده‌های دیده‌بانی می‌توان بر اساس نشانهای کیفیتی با آنها رفتار کرد. جدول ۳ یک مثال از این نوع سیستم نشان‌گذاری است(Gandin, L.S, 1965).

کنترل سازگاری مکانی - زمانی

روشهایی‌که در این مرحله از نظارت بر روی داده‌ها اعمال می‌شود همانند روشهای تحلیل عینی است، همان‌طورکه در بخش ۲-۴ توضیح داده شد. در نظارت سازگاری مکانی، هر جفت از داده‌های همسایه با هم مقایسه می‌شوند چنانچه بین آنها همخوانی وجود داشت آن دو غلط یا صحیح هستند و چنانچه این همخوانی دیده نشد احتمالاً یکی درست و یکی غلط خواهد بود. این روشی است که درECMWF به‌کار می‌رود. کنترل بر روی انحراف مقدار دیده‌بانی شده فراسنج مورد نظر از مقدار پیش‌یابی شده آن به عنوان حدس اولیه اعمال می‌شود یعنی:

$$\delta_i^o = (A_i^o - A_j^o)/E_i^p \qquad ۱۵$$

رابطه مشابهی برای δ_j^o در نقطه دیده‌بانی j بدست می‌آید. اختلاف واریانس دو انحراف δ_i^o و δ_j^o، با توجه به خطاهای دیده‌بانی و همبستگی زمانی و مکانی خطا محاسبه و رابطه زیر به عنوان معیار داده‌های صحیح در نظر گرفته می‌شود.

$$(\delta_i^o - \delta_j^o)^2 > LIM \times (\varepsilon_i^{o^2}+\varepsilon_j^{o^2}+r_{ij}^2/b^2+t_{ij}^2/c^2) \qquad ۱۶$$

که در آن LIM یک مقدار حدی، ε_i^o و ε_j^o خطاهای دیده‌بانی بهنجار شده، r_{ij} و t_{ij} به ترتیب فاصله زمانی و مکانی بین دیده‌بانی i ام و j ام و b و c برآوردهایی از همبستگیهای زمانی و مکانی خطای پیش‌بینی می‌باشند(Gandin, L.S, 1965).

۱- مقایسه با تحلیلها: در روشهای درون‌یابی این امکان وجود دارد که در یک ناحیه‌ی محلی همه‌ی مشاهدات را با درون‌یابی نیز محاسبه نمود. بنابراین ابتدا یک مقدار مشاهده شده کنارگذاشته شده و یک مقدار دورن‌یابی شده اولیه محاسبه می‌شود. رابطه‌ی زیر برای مقایسه به‌کار می‌رود.

$$(\delta_i^o - \delta_i^i)^2 / \varepsilon_i^2 > ALIM^2 \qquad ۱۷$$

که در آن δ_i^o انحراف مقدار دیده‌بانی شده از حدس اولیه و δ_i^i انحراف درون‌یابی اولیه در نقطه‌ی i از حدس اولیه می‌باشد. ε_i خطای درون‌یابی می‌باشدکه در فرایند درون‌یابی محاسبه می‌شود.

برنامه رایانه‌ای

برنامه رایانه‌ای کنترل کیفی داده‌ها (Qc.f۹۰) به زبان فرترن ۹۰ نوشته شده است (Nyhoff, N.& lesstma, S, 1997). در این برنامه ابتدا پرونده‌ی Qc.cmd خوانده می‌شود که نشانی و مسیر پرونده‌های ورودی مورد نیاز و همچنین نشانی و مسیر پرونده‌های خروجی و پیغامهای برنامه در آن قرار دارد. درصورت لزوم می‌توان با نوشتن نام و نشانی پرونده‌های ورودی حاوی داده‌های کنترل نشده، آنها را از هر مسیری خواند و کنترل نمود. پرونده‌های مورد نیاز برنامه، داده‌های مربوط به دیده‌بانی سطح زمین و جو بالا می‌باشند که توسط یک برنامه رایانه‌ای کشف رمز شده و براساس تاریخ نامگذاری می‌شوند. پس از اعمال کنترل کیفی، پرونده‌هایی برای داده‌های کنترل شده و پیغامها به‌ترتیب با پسوندهای ??Q. و ?? M. ساخته می‌شوند که در آنها ?? با دو حرف تراز مربوطه را به صورت مخفف مشخص می‌کند. یک نمونه از پیغامهای خطا مربوط به داده‌های سطح زمین ساعت ۰۰ روز دوم سپتامبر سال ۲۰۰۲ به صورت زیراست:

```
========(( ff [MPS] ,DD)) Wind ========================================
ROW= 338 STATION= 06456     ff = 70    SUSPECT DATA
ROW= 612 STATION= 10435     ff = 0  DD= 220
ROW= 1550 STATION= 30669    ff = 94    ERRONEOUS DATA
ROW= 1847 STATION= 40009    ff = 22  DD= 0
, ....
=========================================================================
 =========(( Surface TTT, Tmax, Tmin )) ================================
ROW= 663 STATION= 10609     Tmin= -51.8 ERRONEOUS DATA
ROW= 4092 STATION= 89022    Tmax= -35.2  SUSPECT DATA
ROW= 1586 STATION= 30978    TTT= 10.0  WW= 87    SUSPECT DATA
ROW= 2293 STATION= 48035    TTT= 23.3  Td= 28.5 ERRONEOUS DATA
, ....
```

جدول ۱ حدود برخی کمیتهای داخلی در گزارش همدیدی سطح زمین

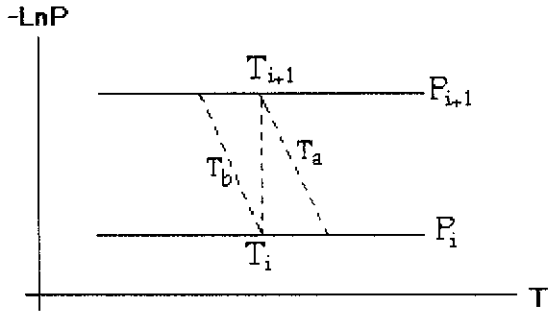
$0 \le h \le ۹$	$0 \le C_l \le ۹$	$0 \le e \le ۹$
$0 \le VV \le ۵۰$	$0 \le C_m \le ۹$	$0 \le S \le ۹$
$0 \le VV \le ۹۹$	$0 \le C_h \le ۹$	$0 \le Ns \le ۹$
$0 \le N \le ۹$	$00 \le hh \le ۵۰$	$0 \le C \le ۹$
$0 \le a \le ۸$	$0 \le hh \le ۹۹$	$۰۰ \le h_s h_s \le ۵۵$
$0 \le ww \le ۹۹$	$00 \le P_w P_w \le ۹۹$	$۵۶ \le h_s h_s \le ۹۹$
$0 \le w_1 \le ۹$	$00 \le H_w H_w \le ۹۹$	$0 \le d_s \le ۹۹$و۳۶
$0 \le w_2 \le ۹$	$00 \le d_w d_w \le ۳۶, ۹۹$	$00 \le V_s \le ۹$
$0 \le N_h \le ۹$	$0 \le E \le ۹$	

جدول ۲ حدود پیشنهاد شده برای دماها (درجه سلسیوس) و تغییرات فشاری به عنوان تابعی از فاصله زمانی (ساعت) بین گزارشهای متوالی

فراسنج	dt = ۱	dt = ۲	dt = ۳	dt = ۶	dt = ۶
T TOL	۴	۷	۹	۱۵	۲۵
T_d TOL	۴	۶	۸	۱۲	۲۰
PP TOL	۲	۶	۹	۱۸	۳۶

جدول ۳ نمونه‌ای از یک سیستم نشان‌گذاری

نشان (j)	$ERRLIM_j$	کیفیت دیده‌بانی
۱		صحیح
۲	۴	احتمالاً صحیح
۳	۶	احتمالاً نادرست
۴	۸	نادرست



شکل ۱ طرح نمودار کنترل T_i و T_{i+1}

منابع و مآخذ

۱- آذری، فیروز: ۱۳۶۳، کدها و روشهای دیدبانی، مرکز آموزش سازمان هواشناسی کشور.

۲- اصفهانیان وحید، اشرفی خسرو، قادر سرمد: ۱۳۸۰، خواندن و رمزگشایی داده‌های سطح زمین و جو بالا، گزارش نهایی (موجود در معاونت پژوهشی و آموزشی سازمان هواشناسی کشور).

3-Nyhoff, N. & lesstma, S: 1997, Fortran 90 for Enginears and Scientists, Prentice -Hall International, Inc.,Upper Saddle River, New Jersy 07458.

4- Gandin, L.S: 1965, Objective analysis of meteorological fields, Asrael program for scientific translations.

5- World Meteorological Organization: 1995, Manual on cods, international cods, Volume 1, Part A-Alphanumeric cods No.306, suppl. No.4, (VIII 2003), edition.

6-World Meteorological Organization: June 2001, Guide on the Global Data Processing System, WMO-No. 305, Supplement No. 3.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی