

# UNA COMPARACION DE LA EXACTITUD DE LOS ANALISIS OBJETIVOS

Por L. S. GANDIN y K. M. LUGINA

Se utilizan diferentes métodos para el análisis objetivo de los campos iniciales de las predicciones numéricas del tiempo operativas en los centros de predicción de varios países. El más común es el llamado método de correcciones sucesivas, que fue propuesto por primera vez por P. Bergthorsson y B. R. Döös (1955)\*. El método de Bergthorsson y Döös se utiliza en el Servicio Meteorológico Sueco.

El método de correcciones sucesivas, modificado en algunos puntos por los meteorólogos de los países que lo utilizan, se usa en los EE. UU. (Cressman, 1959), Japón (Masuda y Arakawa, 1962), Finlandia (Söderman y Rinne, 1967) y Noruega (Haug, 1959, 1960).

Estos métodos se diferencian en detalles más o menos importantes, pero el principio básico del algoritmo utilizado es el mismo. Primero se construye un determinado campo inicial, en el punto e instante dados sin utilizar los datos observados para el parámetro en cuestión. La información básica utilizada para este fin puede ser datos climatológicos (valores normales), los resultados de una predicción numérica para el instante en cuestión y valores observados a esa hora para otros parámetros meteorológicos. Luego, cuando se obtienen valores de observación, se utilizan para corregir el campo inicial. Las correcciones se obtienen mediante la extrapolación lineal desde la estación al punto situado en el retículo normal y se introducen con diferentes pesos, que dependen de la distancia entre la estación y el punto del retículo. Tales correcciones se hacen generalmente varias veces.

El método de interpolación polinomial (Gilchrist y Cressman, 1954) se basa en un principio completamente distinto. En este método se ajusta un polinomio a los valores observados en un área dada alrededor de cada punto de la red y a partir de esta aproximación se halla el valor desconocido en el punto de la red. Para calcular aproximadamente la altitud de una superficie isobárica, se usan observaciones de altitud junto con datos de viento (mediante la aproximación geostrofica), así como los resultados de la predicción numérica. La exactitud de la aproximación viene dada como función decreciente de la distancia del punto a la red. Este método se utiliza operativamente en el Reino Unido (Bushby y Huckle, 1957; Bull, 1966) y en Checoslovaquia (Skoda, 1967). Un método semejante, desarrollado por V. V. Bykov y G. P. Kurbatkin (1960, 1964), se utiliza con fines operativos en las URSS.

A juzgar por la comunicación de G. Dady (1965), los análisis objetivos se realizan en Francia mediante la aproximación del campo para toda el área del análisis con la ayuda de funciones esféricas de las coordenadas geográficas.

Finalmente, análisis objetivos operativos se efectúan por el Centro Hidrometeorológico de la URSS mediante el método de interpolación óptima (Gan-

\* Véase bibliografía en las págs. 108 y 109.

din, 1960, 1963; Cetverikov, 1962; Belousov, 1963; Maskovic, 1964). En este método los pesos de interpolación se determinan a partir de los datos de la función de autocorrelación del parámetro que se analiza, de forma que el error cuadrático medio del análisis sea mínimo desde el punto de vista estadístico.

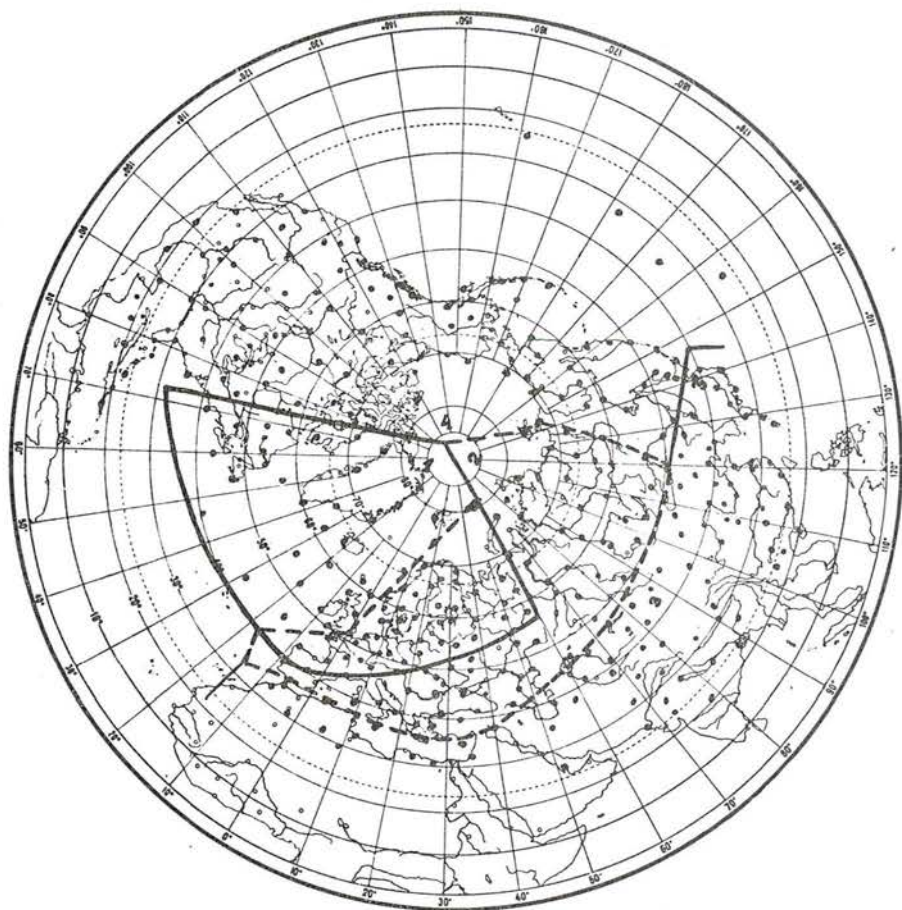


Figura 1.—Distribución de las estaciones y límites de regiones utilizadas como base comparativa de los análisis realizados en varios países. (Escala: 1 : 75.000.000; proyección homográfica de Lambert)

### Organización de las comparaciones

De acuerdo con la recomendación de 1964 del Grupo Mixto de Trabajo de Predicción Numérica del Tiempo, de las Comisiones de Aerología y Meteorología Sinóptica, se concertó el intercambio de resultados de los cálculos entre los principales centros de predicción, en fechas fijas (el 15 de cada mes). Estos intercambios se refieren no sólo a los mapas numéricos previstos, sino también a los mapas de análisis objetivo. Sobre la base de estos mapas se pueden deducir algunas conclusiones relativas a la exactitud de los análisis efectuados en diversos países. Tales mapas están disponibles fundamentalmente para el nivel de 500 mb, y por esta razón son los que en principio se han estudiado.



La tabla 1 da los resultados de una evaluación de los análisis objetivos operativos de los mapas de 500 mb, efectuados en diversos países en 1964-65. La evaluación se efectuó calculando las diferencias cuadráticas medias entre valores de altitud observados y valores interpolados en los mapas de análisis objetivo. Como las áreas cubiertas por los análisis objetivos difieren de un país a otro, las evaluaciones se efectuaron con respecto a 4 áreas (véase figura 1) para facilitar la comparación. (En esta figura se indican también las estaciones cuyos datos se utilizaron en la evaluación.) La última columna da una evaluación para el área total cubierta por cada análisis objetivo.

## Resultados de las comparaciones

Aparece claro en la tabla 1 que los análisis objetivos efectuados en la URSS, EE. UU., Suecia y Noruega son los más exactos. La diferencia entre las evaluaciones medias de estos análisis es pequeña y no puede considerarse como significativa. Por otra parte, una evaluación de los mapas para períodos determinados muestra que los análisis de la URSS son generalmente los mejores. Esto puede verse en la tabla 2 que da evaluaciones de los análisis de la URSS, EE. UU., Suecia y Noruega para el área 1 y para cada período. Naturalmente, las estadísticas disponibles en este caso son limitadas, pero sin embargo, puede sacarse la conclusión de que el método de análisis objetivo usado en la URSS asegura resultados ligeramente mejores que los métodos usados en EE. UU., Suecia y Noruega. Este hecho es tanto más digno de destacarse por cuanto fue mucha más la información utilizada por estos países en el cálculo de sus análisis que la usada en los soviéticos. Concretamente, el método de interpolación óptima utilizado en la URSS emplea datos de geopotencial, mientras que en los otros análisis se utilizan también las observaciones de viento.

La tabla 1 muestra también que en todos los análisis, excepto en el francés, los resultados son tanto peores cuanto más alejadas están las áreas del país en el que se hace el análisis. Esto se explica evidentemente por retrasos en la recepción de la información procedente de tan distantes áreas. Esta conclusión confirma la urgente necesidad de acelerar la transmisión de información meteorológica operativa.

Por último, la tabla 1 muestra que el resultado menos exacto es el obtenido por el método usado en Francia. De ello se deduce que es muy poco conveniente, para los fines del análisis objetivo operativo, aproximar los campos en áreas de extensión comparable al hemisferio norte.

Además de estas evaluaciones de análisis objetivos, se calcularon las diferencias entre diversos pares de análisis objetivos y se examinaron las representaciones de determinadas peculiaridades de los campos analizados. Los resultados de estas comparaciones confirmaron las conclusiones expuestas más arriba.

## Conclusión

En resumen, puede afirmarse que las evaluaciones utilizadas no son completamente objetivas, porque llevan consigo la interpolación subjetiva en el fundamento de los mapas de análisis objetivo, y porque la comparación no

TABLA 1

Diferencias cuadráticas medias  $\sigma$  (m) entre los valores observados de las altitudes del nivel de 500 mb y los valores interpolados en los mapas de análisis objetivos efectuados en diferentes países

País	N.º de mapas	Área y n.º de estaciones ( )				Media para todas las estaciones dentro del área del análisis	
		1 (81) $\sigma$	2 (104) $\sigma$	3 (86) $\sigma$	4 (93) $\sigma$	N.º de estaciones	$\sigma$
Bélgica	15	39	36	65	43	365	46
Finlandia	10	33	33	—	—	181	33
Francia	16	53	46	42	49	370	47
Japón	24	51	46	36	46	327	45
Noruega	10	30	—	—	—	91	30
Suecia	7	26	25	—	33	273	28
EE. UU.	3	27	23	30	26	366	26
U. R. S. S.	14	25	24	—	—	188	25

TABLA 2

Diferencias cuadráticas medias para el área 1 entre los valores observados de las altitudes del nivel de 500 mb y los valores interpolados en los mapas de análisis objetivo de varios países

Fecha	1964				1965			
	U.R.S.S.	EE.UU.	Suecia	Noruega	U.R.S.S.	EE.UU.	Suecia	Noruega
15 enero	27	—	—	—	25	34	—	36
15 febrero	22	—	—	—	16	23	26	29
15 marzo	—	—	—	—	—	—	27	32
15 abril	29	—	—	—	19	—	23	27
15 mayo	—	—	—	—	29	—	29	28
15 junio	20	—	—	—	—	—	—	—
15 julio	18	—	—	—	25	—	—	23
15 agosto	20	23	—	—	28	—	22	27
15 septiembre	—	—	—	—	—	—	19	21
15 octubre	37	—	—	—	—	—	34	38
15 noviembre	31	—	—	—	—	—	—	—
15 diciembre	—	—	—	33	—	—	—	—
Media	25	23	—	33	24	28	26	29

se hace con datos independientes sino con observaciones procedentes de estaciones que se utilizan, aunque no totalmente, durante los procesos de análisis objetivo. Además, los análisis objetivos no son comparables entre sí, ya que el conjunto de estaciones cuyas observaciones se utilizan en ellos varía de un análisis a otro.

Con el fin de afinar las conclusiones obtenidas y presentarlas con mayor detalle, debería efectuarse una serie de análisis objetivos utilizando diferentes métodos con los datos de un mismo conjunto de estaciones. Además, las observaciones de cierto número de estaciones deberían omitirse de los datos básicos usados en el análisis, de forma que las comparaciones con ellos pudieran utilizarse para evaluar la exactitud de dichos análisis.

Al mismo tiempo, debería recomendarse que se hicieran predicciones numéricas por el mismo método y utilizando datos de diferentes análisis objetivos efectuados a partir de idéntica información básica y exactamente en el mismo punto de red normal. Una comparación de la exactitud de tales predicciones sería también útil para revelar las ventajas e inconvenientes de los diferentes métodos de análisis objetivo.

Los resultados preliminares de la comparación de esquemas de diversos análisis se dan en el informe periódico del Servicio Hidrometeorológico de la URSS para 1967, en un trabajo relacionado con los métodos de predicción numérica.

Los autores están en deuda de gratitud con S. L. Belousov que amablemente facilitó los mapas de los análisis objetivos obtenidos de diferentes países, así como a R. L. Kagan por sus valiosos consejos.

## BIBLIOGRAFIA

- BELOUSOV, S. L. (1963): *Scheme for a programme of operational analysis and for forecasting the geopotential fields of three atmospheric levels*. De *Scetnye masiny v meteorologii* (Calculadoras en Meteorología), por M. V. Zavarina y M. I. Yudin. Gidrometeoizdat, Leningrado, pág. 239.
- BERGTHORSSON, P. y DÖÖS, B. R. (1955): *Numerical weather map analysis*. *Tellus*, 7, 3, pág. 329.
- BYKOV, V. V. y KURBATKIN, G. P. (1960): *Analysis of meteorological and aeronautical data using electronic computers*. *Ac. Sci. U. R. S. S., Doklady*, 134, 5, págs. 1065-1068.
- BYKOV, V. V., KURBATKIN, G. P. y GORELISEVA, I. V. (1964): *Experience with the construction of a multi-level scheme for the numerical analysis of meteorological data*. MMC, Leningrado, *Trudy*, 4, pág. 56.
- BULL, G. A. (1966): *Objective analysis in the numerical weather forecasting system*. Meteorological Office, Bracknell, Forecasting Techniques Branch Memorandum N.º 10.
- BUSHBY, F. H. y HUCKLE, V. M. (1957): *Objective analysis in numerical forecasting*. *Quart. Journ. Roy. Met. Soc.* 83, 356, pág. 232.

- CETVERIKOV, I. A. (1962): *Scheme for an objective analysis of contour charts by the optimal interpolation method*. Moscú, Central Forecasting Inst., Trudy, 102, págs. 3-12.
- CRESSMAN, G. P. (1959): *An operational objective analysis system*. Mon. Weath. Rev. 87, 10, pág. 367.
- DADY, G. (1965): Comunicación, no publicada, al Seminario Regional de Capacitación de la OMM sobre Predicción Numérica del Tiempo, Moscú.
- GANDIN, L. S. (1960): *The optimum interpolation and extrapolation of meteorological fields*. Glavnaia Geofiz. Obs., Trudy, 114, págs. 75-89.
- GANDIN, L. S. (1963): *The objective analysis of meteorological fields*. Leningrado, Gidrometeoizdat.
- GILCHRIST, B. y CRESSMAN, G. P. (1954): *An experiment in objective analysis*. Tellus, 6, 4, pág. 309.
- HAUG, O. (1959): *A method for numerical weather map analysis*. Det Norske Meteor. Inst., Sci. Rep. N.º 5.
- HAUG, O. (1962): *On the optimum use for available observations in numerical map analysis*. Tokio, Proc. Int. Symp. Num. Weath. Pred., Japan Met. Agency Tech. Rep. N.º 14, pág. 67.
- SERVICIO HIDROMETEOROLÓGICO DE LA URSS. (1968): *Progress report on numerical weather prediction methods in the U. R. S. S. for 1967*. Moscú.
- MASKOVIC, S. A. (1964): *The objective analysis of contour charts for the northern hemisphere*. Leningrado, MMC, Trudy, 4, págs. 3-16.
- MASUDA, Y. y ARAKAWA, A. (1962): *On the objective analysis for surface and upper-level maps*. Tokio, Proc. Int. Symp. Num. Weath. Pred., Japan Met. Agency Tech. Rep. N.º 14, pág. 55.
- SKODA, M. (1967): *Objective analysis by means of the optimum interpolation and automatic data processing of aerological reports*. Studia. Geophys. et Geodet, 11, 1, pág. 80.
- SÖDERMAN, D. y RINNE, T. (1967): *Numerical weather prediction in Finland during 1966*. Helsinki.

## LA METEOROLOGIA AERONAUTICA Y SUS NECESIDADES 1970-1980

Por N. A. LIEURANCE

Existe una gama completa de problemas meteorológicos y de control del tráfico aéreo en relación con las operaciones aeronáuticas que tendrán que resolverse a corto plazo si se quiere que continúe la excelente seguridad del vuelo alcanzada. Con la llegada de los aviones de gran velocidad, la generalización de los vuelos deportivos y comerciales, de los grandes reactores con capacidad de hasta 500 pasajeros, de los aviones de despegue y aterrizaje vertical (V/STOL) y de los aviones supersónicos de transporte (SST), todo lo que se hace hoy debe ser perfeccionado mañana. Pero el tiempo de enmienda es breve.

---

NOTA: El señor Lieurance es presidente de la Comisión de Meteorología Aeronáutica.