

哈特開技術得分用在考核終點天氣預報

蔣志才

Heidke Skill Score used for the Terminal Weather Forecasting Verification

C. T. Chiang

Abstract

Verification of weather forecasts has been a controversial subject for many years and affected nearly the entire field of meteorology. A kind of the technique of weather forecasting verification should found out deficiency and reflected in the problem of a weather forecaster, and shown him which way should be taken to improve his weather forecasting technique.

In this report, Heidke Skill Score Method to evaluate the terminal weather forecasting was mentioned which has been used by the weather units of United States Air Force over ten years.

一、前言

自有人類就對天氣發生興趣，因為天氣的演變影響人類的生活，科學的倡明對天氣變化顯得更重要，其變化不但影響人們的生活，更會奪取人類的生命，故科學先進國家莫不在氣象方面投入大量資金，發展氣象事業，欲在天氣預報方面得到較佳之效果。可是大氣之演變是錯綜複雜，人類所知道實在太少，所以目前為止，世界上還無人能對某項天氣預報有百分之百的把握，只是在理論上或作業方面創新論述而已，各種所理論或新方法，其對天氣預報實質上所得效果如何？必需事後考核結果來證明。故預報考核工作也是天氣預報準確性之尺度，其尺度之寬狹也決定其考核成果之優劣。故天氣預報單位所訂定之天氣預考核辦法之寬嚴，也決定該單位或個人預報得分之多寡，有些好勝心切者為求進步爭取榮譽，甚至適時修訂預報考核辦法，以顯得預報準確率之提高，此種計分失却連貫性，也失去參考價值，更無促進改善之功能。

大凡，任何一種工作若有始無終，缺少連絡之幕僚考核工作，乃將無法知道該事務之完成與否及成效如何。天氣預報考核工作係氣象幕僚行政業務之一，若其有優良之考核規定，按時執行考核，其結果不但顯示某人或某單位天氣預報之準確性，認

別真才，同時有促進人人認真執行，自動不斷研究改進之功能。考核者更可藉其考核結果分析，發現某預報員（或單位）天氣預報之偏差原因，告其修正。反之，將形成預報員不關心天氣預報，是非不明，業務成為形式化。再者某單位若有考核規定，也按期執行考核，但考核辦法不完善，其考核結果也僅能表示某人或某單位在此期間天氣預報之準確率與有無進步而已，而不能藉其考核結果分析研究出其預報之缺點何在？應行改進方向為何？此即為本篇所討論者。

二、美國空軍飛行終點天氣預報之考核辦法

去（民64）年11月13日國立臺灣大學大氣科學系演講會，最後由陳泰然博士講機率預報（Probability forecasting）之考核部份，筆者曾參加聽講，也曾到美國堪薩斯城（Kansas city）特殊天氣預報中心參加值班工作，深深體會到其考核方法之優缺點，茲將筆者對該項考核方法之感受及其考核方法內容，姑以飛行天氣預報一項為例，作概略介紹，提供參考。實施此種考核方法，必先考慮所預報天氣那幾項天氣因子必需列入考核，並擬定該等因子之區分標準，以鑒別該等因子達到何標準則屬於何等級。航空器起飛降落，當以能見度與雲幕高兩項為最重要，故美國空軍將飛行終點天氣預

報之能見度與雲幕高兩項分爲以下五等級：

符 號	等 級 名 稱	一 般 標 準	備 考
G	GCA 標準以下	雲幕高 0-499 呎，能見度 1/2 哩以下	該兩項各基地有不同標準
I	儀器 IFR	雲幕高 500-1,499 呎，能見度 2.9 哩以下	
V _L	目視級 VFR	雲幕高 1,500-4,999 呎，能見度 3 哩以上	
V _s	高雲目視級	雲幕高 5,000-19,000 呎，能見度 3 哩以上	
V _o	良好目視級	雲幕高 20,000 呎以上，能見度 3 哩以上	

預報天氣之考核也以此五級爲考核標準，例如有一次預報在 00-03Z 這段時間內雲幕高 1000 呎，能見度 2 哩，則屬儀器級 (IFR)，若考核基準時間 03Z 出現實際天氣爲雲幕高 700 呎，能見度 2.5 哩，計預測命中一次，因其預報是在其等級 I 範圍之內；若 03Z 出現雲幕高 30,000 呎，能見度 5 哩，屬良好目視級 (V_o)，則預報天氣與實際出

現天氣差三級之多。

預報員預報某地天氣變化，必需以時間分段預報，因係分段預報，故實際考核工作就較繁雜，考核單位應印備考核校驗表，記載每位預報員或某單位每次預報之天氣等級與實際出現之天氣等級，及預報開始之實際天氣等級，三者分時間個別以符號填入校驗表中。

終點預報校驗表

BLOCK: III		TERMINAL FORECAST VERIFICATION												DATE (Mo and Yr) APR 1963												
DATE	FCST TIME Z	SHIFT	STATION GTF				SHIFT	STATION BAF				SHIFT	STATION CTS				SHIFT	STATION KSP				SHIFT	STATION HMM			
			HOURS AFTER FORECAST					HOURS AFTER FORECAST					HOURS AFTER FORECAST					HOURS AFTER FORECAST								
			3	8	12	18		3	8	12	18		3	8	12	18		3	8	12	18		3	8	12	18
10	08		L05	L05	L05	009		I	I	L	5		0	0												
	20																									
11	08																									
	20																									
12	08																									
	20																									
13	08																									
	20																									
14	08																									
	20																									
15	08																									
	20																									
16	08																									
	20																									
17	08																									
	20																									
18	08																									
	20																									

該表係堪薩斯城美空軍天氣預報中心所用，若其他單位實施該項考核辦法，當應依照該單位業務範圍與預報員人數再設計，至于本表填寫方法，照表例概述如下：

Block 爲區域代號

Date 日期

FCST Time Z 預報開始時之世界標準時，每天 08 與 20Z 兩次。

Shift 預報班次

FCSTR 預報員姓名

Station 站名簡字

Hours After Forecast 預報以後之時數 (

3、8、12、18)。該項下每空格

內應填三個字，第一個字代表預報之天氣等級；第二字代表預報開始之天氣等級；第三個字爲實際出現之天氣等級，例如測站 GTF 項下第一格所填「L05」三個字，「L」表示預報三小時後天氣爲 V_L 級，「0」字表示預報開始時天氣爲 V_o 級，「5」字代表實際出現天氣爲 V_s 級，又如該站項下第三格 (12 項) 填「5^L0I」三字，「5^L」代表預報 12 小時後天氣爲 V_s 級，但偶有 V_L 級天氣出現，「O」表示預報開始時天氣爲 V_o 級，「

I」字代表 12 小時後實際出現天氣爲 I 級，其他各空格均按紀錄照此法填寫，以此類推。但需注意者，有些預報員之天氣預報，往往有「V 轉變」、「OCNL 偶有」、「TEMPO 短暫」、「INTER 間歇性」等滑頭字夾在其間，考核時應不予考慮，間歇性上例中有 (5^L) 字樣，其原意爲預報 12 小時左右這段時間內，應出現 V_s 級天氣，但也可能有短暫之 V_L 級天氣出現，考核時則僅以 V_s 級天氣爲考核標準，不論是否曾有 V_L 級天氣出現，僅以出現 V_s 級天氣爲命中，即使出現 V_L 級天氣也計報差一級 (因爲 V_L—V_s 之間有一級之差)。

預報員預報天氣，爲欲符合實際天氣變化，必須以時間分段作預報，就因爲是分段預報考核工作就較繁雜。考核單位應印備另一種預報校驗統計表，表例如下：

×××××天氣預報校驗統計表

實 際	預 報					小 計
	G	I	V-L	V-s	V-o	
G	1	1	0	0	0	2
I	0	9	1	0	0	10
V-L	0	1	7	2	0	8
V-s	0	1	0	7	0	32
V-o	0	0	2	1	29	62
小計	1	12	10	10	29	

命中數：1+9+7+7+29=53

本表內之數字係根據每位預報員 (或單位) 所預報之次數而查填之，且每次考核必需使用本表最少十張，故印備本表時可在一張上同時印十表，使用時註明被考核人 (或單位) 及其考核期限。每個表首 ×××× 位置可改寫爲：3 小時、8 小時、12 小時、18 小時或全部。其他五表也改填寫持續 3 小時、持續 8 小時、持續 12 小時、持續 18 小時及全部持續性等字樣，以便根據預報時間之長短個別分統計。若係統計持續性天氣次數，則僅將表中「預報」二字改爲「持續天氣」即可，故本表有多種用途。

填表舉例：若上表係某預報員一個月計 62 次預報之全數統計，乃表列數字表示：

預報 G 級天氣，出現也是 G 級天氣者 1 次
預報 I 級天氣，出現實際天氣 G 級者 1 次
預報 I 級天氣，出現也是 I 級天氣者 9 次
預報 V_L 級天氣，出現實際天氣 I 級者 1 次
預報 V_L 級天氣，出現也是 V_L 級天氣者 7 次

預報 V_s 級天氣，出現實際天氣 V_L 級者 2 次
預報 V_s 級天氣，出現也是 V_s 級天氣者 7 次
預報 V_L 級天氣，出現實際天氣 V_o 級者 2 次
預報總次數 62 次，斜線內命中數計 53 次。

每一被考核單位，應依照以上統計方法將持續性天氣 (即預報開始時之實際天氣)，分 3、8、12、18 時及全部分開作同樣考核統計，以便與所預報天氣命中之次數相比較，並求持續性預報指數 (Persistence Forecast Index 簡寫 PFI)：

PFI = 預報命中數 ÷ 持續天氣命中數
持續天氣命中數大，表示該地天氣容易預報，依照當時實際天氣外推，即有很大之命中率。至于預報命中數當然愈多愈好，兩者相減所得 PFI，即可大約知悉，該預報員或單位之天氣預報能力若何。

三、考核績分分析

根據上述所查驗得之各種檢驗統計表資料，可進而作預報員或單位之性向與預報能力分析。若所附統計表係指 3 小時天氣預報者，計 62 次預報就

三小時天氣預報校驗統計表

實 際 天 氣	預 報					小 計
	G	I	V-L	V-s	V-o	
G	1	1	0	0	0	2
I	0	9	1	0	0	10
V-L	0	1	7	2	0	8
V-s	0	1	0	7	0	32
V-o	0	0	2	1	29	62
小計	1	12	10	10	29	

命中 53 次，命中率可說相當高，若以後各次 (8、12、18 小時者) 天氣預報命中數，依時間之延長而減少，此表示該員係依據當時天氣僅作外推式之推測，對天氣的變化不能把握趨向，預報能力太差；又若該統計表係指全部天氣預報者，則可作多種統計，求得其實際之準確性與性向之偏差，而通知其今後作彌補糾正。分析工作應計算以下各項數值，根據各項數值再分析其預報之優劣點：

1. 每等級命中數被右邊小計數除所得之百分率 (Prefigurance percent)：50、90、70、87.5、90.6% 該五項百分率愈大愈好，表示預報準確性高，反之則差。若該五項百分率前者大，後者逐漸減少，表示該員善於預報壞天氣，對天氣轉佳無把握。又若五項百分率數值平平，而無規律可循，表示預報能力平平，而無偏差之性向。

2.每等級命中數被下面小計數除得之百分率 (Postagement percent): 100、75、70、70、100% 該五項百分率愈大愈好,其道理與上項相同。

3.超出中斜線右上方多四、三、二、一位之數字被總數除所得百分率 (Percent missed by plus 4、3、2、1 categories): 0、0、0、6.5%

超出中斜線左下方多四、三、二、一位之數字,被總數除所得百分率: 0、0、4.8、3.2%

該超出中線右上方抑或左下方之數值,愈小愈好,表示預報準確性高。若超出中線右上方之百分率均大,表示預報員性向過份樂觀,天氣預報常趨向良好天氣這面。反之,超出中斜線左下方之百分率均大,表示預報員性向悲觀,天氣預報常趨向惡劣天氣這面。由此兩者之比較,可發覺預報員之性向偏差,而通知其今後天氣預報時修正之。如表列數值所得百分率,超出中斜線右上方者計 6.5%,左下方者計 4.8+3.2=8.0%,所佔比率不算多,兩者相差僅 1.5%而已。同時所預報天氣超出三、四等級均為 0,可見該員性向無甚偏向,預報能力也不弱。

4.命中百分率,即由命中數被預報總次數除得 85.5%,命中率高當然為好現象,然也不能完全代表該預報員之技術水準,因天氣預報次數少的人,往往碰巧命中而獲得高命中率,實欠公平,應以哈特開技術積分來區分。

5.哈特開技術積分 (Heidke skill score) 之計算:

A=觀測實際出現 G 級天氣次數	2
B=觀測實際出現 I 級天氣次數	10
C=觀測實際出現 V _L 級天氣次數	10
D=觀測實際出現 V _S 級天氣次數	8
E=觀測實際出現 V _O 級天氣次數	32
A'=預測 G 級天氣次數	1
B'=預測 I 級天氣次數	12
C'=預測 V _L 級天氣次數	10
D'=預測 V _S 級天氣次數	10
E'=預測 V _O 級天氣次數	29

$$X = AA' + BB' + CC' + DD' + EE' = 2 \times 1 + 10 \times 12 + 10 \times 10 + 8 \times 10 + 32 \times 29 = 1230$$

$$\text{命中次數 } H = 53 \quad \text{預報總數 } T = 62$$

$$\text{技術積分} = \frac{H - \frac{X}{T}}{T - \frac{X}{T}} = \frac{H \cdot T - X}{T^2 - X}$$

$$= \frac{H \cdot T - X}{T^2 - X} = \frac{53 \times 62 - 1230}{62^2 - 1230} = \frac{2056}{2614} = 0.786$$

技術積分為 0.786,然命中率為 85.5% 比較就顯得有別。可是技術積分也可用百分率代表為 78.6%,因為照該式計算若預報 100次,也命中 100次,其技術積分也為 1,但若某人本月份僅作過一次預報,僥倖全命中,依照命中率計算為 100%,依照技術積分式計算為 0,不該列入比較,此為其辨別真偽優點之一;又若某地係沙漠地區,天氣終月少變化,如用命中率計算可能接近滿分,人人可得優良預報員之榮冠,可是技術積分不會讓你得到,因為天氣少變化容易預報,其技術積分式中 X 值,必因某項等級天氣數之乘積值特大,使 X 值增大,而積分減少。舉以上計算為例:預測次數 62,命中次數同樣為 53 次,惟該 53 次均同係 V_O 級良好天氣所預報命中,或是最壞 G 級天氣所命中,乃 X 值必因一項 AA' 或 EE' 乘積 (53×53),而大為增加。X 值必在 53×53=2709 之上,姑且以 X=2709 代入積分式試算:

$$\text{技術積分} = \frac{62 \times 53 - 2709}{62^2 - 2709} = \frac{3286 - 2709}{3844 - 2709} = \frac{577}{1135} = 0.508$$

由該項積分 0.508 (實際應該更小) 與前例得分 0.786 相差懸殊,而預報次數與命中次數均相同,就因天氣容易預報與難預報,藉此分出高低,此為其優點之二。

再者本式積分,按月考核計算比較,可藉悉某預報員或單位技術有無進步,也代表其平時實際工作之績效,是真功夫,不是假慫動混得之考分,具有榮譽感,無形中有促使人人不斷求進步之心理,為其優點之三。

四、結 論

天氣預報考核辦法釐定完善與否,及執行是否確實,不僅關係到考核準確率的正確性,而且關係對該項業務將後推行有無進展,因為考核項目之多寡與釐定計分標準之寬嚴,以及其計算分析方法等,均將決定有無推動改進預報之功能,考核辦法完善而執行認真者,有種自然趨勢的力量,推動預報人員自動的不斷研究求進。反之,則將形成一塘死水平靜如常,每天之天氣預報照例不外乎「晴時多雲偶陣雨」,永遠無對與錯之分,也無是非之別,

更不易識別真才,此種預報考核不但得不到考核的效果,徒然增加作業手續與增添人事方面之摩擦而已,而得不到效益的。

我國空軍以往各項天氣預報即有考核辦法,並不不斷的嚴格執行,故預報員之天氣預報技術,不致因人事不斷的汰舊換新,而有所遜色,此為其功效也。本文介紹美軍終點天氣預報考核辦法,僅提供將後修訂考核辦法之參考而已,如能取其長而補己

之短,此乃為錦上添花之事。不過該項哈特開技術計分法,不僅限用于終點天氣預報考核方面,一般天氣等預報照樣可使用,僅在天氣因子方面依照其重要性選擇之,並予以區分標準與分等級,作上述同樣的考核也可得同樣的效果。

本文係筆者參加實際工作後記憶,也未參考任何書籍,遺漏或陳述不詳之處,在所難免,尚請各先進不吝指正為盼。

新 知 介 紹 彩色雷達之氣象應用

沈 鵬 (摘譯)

美國國家大氣研究中心最近發表,以彩色氣象雷達幕上之影像,作為風暴強度之判斷、追蹤與分析。在正確時間內,以彩色雷達幕作各種風暴圖像之顯影,供氣象應用,實是有史以來第一次實現。

這種雷達幕上之彩色影,已成了迅速鑑定灰暗色(黑白間之十六分色)之電子回波反映資料之一項權威性工具,在此方面美國最近有很大的進步,已開始以半導體電晶體,用在技術上,可以創造價廉物美的方格真正時間彩色(或假色彩),以顯示各影像圖,展示氣象雷達之電波資料。藉反射率及徒不勒速度(即往返之意),再以各種放大倍數,可供雷達涵蓋範圍內任何選擇區之詳細分析,例如紅橙黃色為活躍區,綠青藍色為衰退區。

其影像要點,全賴於雷達愛司波段之往返反射器之處理,基本用於氣象分析,鑑定風暴強度之顯示,以示範出各種大規模重要的大氣現象,這也是確實地在時間上依次將所有觀測的連續影像,以彩色圖片表示出來,包括各區內輻合之擾動,主要各

區內氣流之進出,以及亂流等等。最重要的是顯示上升氣流之中心區,可以分別別斷來自動力輸送的空氣,(最活躍區呈紅橙色)。較低的下層空氣奔向於較高的上層,(次活躍區呈橙黃色)。由於風暴系統之緩慢移動,此大幅度的往返電波,風之分力發現在高層回波之前方頂端,而且空氣蒸發特別迅速,此空氣進入晴朗乾燥之環境中,(衰退區呈綠色),由蒸發而冷卻,即代表了此區內有下降氣流(即消失區呈青藍色),在許多真正時間應用上,彩色電波往返顯像,或是重要的,乃是人工推算對流在風暴中之作用,其主要原因是在進入之各上升區(即擾動區呈紫色),這也是種雲之交點區所在。用彩色顯示圖像有時亦可使暴風回波信號,從地表之障礙受到阻撓,同樣使用這種方法,可以分析龍捲風、氣旋及颱風等,以鑑定時間之運動及影像之重疊,作為本身實例之驗證。

註:本篇摘自美國氣象學會刊第56期 6 卷
於一九七五年六月出版