

苏联关于公路运输中气象保障 效用评价的一些研究

张 之 锜

(气象科学研究院气象科技情报研究所)

一、前 言

近一个世纪以来,人们为了提高天气预报的准确率,曾作过艰辛的努力。但是,由于影响天气预报准确率的因素很多,所以到目前为止,天气预报仍具有不确定性;而且要使天气预报达到“完善”的程度,看来仍要经历漫长的路程。因此,从第二次世界大战结束以来,人们在继续致力于提高天气预报质量的同时,开始探索如何在现有预报水平下把业务预报使用得更好一些,以便得到更多的经济和社会利益。

公路运输是气象服务对象之一,气象服务的质

量对公路运输的收入和安全都有一定的影响。在六十年代后期到七十年代初,有些苏联气象学者研究了这方面的问题。苏联的公路运输,是由中央到地方的公路运输部门管理和调度的,而气象情报也主要是向他们提供。这方面与我国情况相近。因此,本文中综合介绍了苏联在这方面的一些研究结果,希望能对我国今后的研究有所裨益。

一般说来,气象服务的效用的提高,既与天气预报的质量(准确程度、适用性、及时性等)有关,也与使用预报者的决策水平有关。本文侧重于前者,主要是从探讨如何改善气象服务出发,介绍了公路运输与气象条件的关系和气象服务对公路运输的

效用及其评价方法。其中某些原则和方法对于其他使用两分类预报的领域也应是适用的。

二、气象条件对公路运输的影响

公路运输是露天进行的。天气对道路状况、车辆行驶和汽车维修等各个方面都有很大影响。

在苏联,土壤开始解冻时期的道路泛浆,夏季的大雨和暴雨,秋季的连阴雨都会使行车困难。冬季的大雪和雪暴则会使公路堆雪,交通中断。

大风和低能见度一年四季都是公路运输中的危险天气现象。

道路结冰对汽车运输的影响很大,据苏联统计,有50.6%的公路运输事故与此有关。

温度由0℃以上骤降至0℃以下,对汽车机件的维护有影响。

高山地区的汽车运输,还有一些特殊的危险天气现象。例如,在某些地段由于特殊的地形而特别容易堆雪,大雨会造成滑坡,大风会使山石崩坍。有些路段会发生雪崩或泥石流。所有这些,都需要有专门的气象保障。

因此,公路运输需要专业化的气象服务。他们最需要的是汽车各个行驶方向的“线路天气预报”和危险天气警报。目前在苏联已有一些气象机构发布这样的预报和警报。有一些气象机构暂时还无法制作线路预报,则除提供本地区的天气预报外,还提供相邻地区的天气预报。

对公路运输有重要影响的天气,在不同地区和

表 1 危险和特别危险天气现象的基本分类

实际天气 φ_i	预报的天气 π_i	危险和特别危险天气现象
φ_1	π_1	12小时内降水量5毫米以上的雪(暴雪、大雪、大阵雪)
φ_2	π_2	风速15米/秒的中吹雪和强吹雪持续12小时,且能见度低至1000米
φ_3	π_3	风速 ≥ 25 米/秒的风
φ_4	π_4	伴有强吹雪的暴雪,风速 ≥ 15 米/秒,持续时间 ≥ 12 小时,能见度 ≤ 50 米达3小时
φ_5	π_5	道路结冰
φ_6	π_6	空气霜冻和地面霜冻(温度从0℃以上降至0℃以下)
φ_7	π_7	严寒($T \leq -30^\circ\text{C}$)
φ_8	π_8	雾(能见度50—1000米者为中雾, ≤ 50 米者为大雾)
φ_9	π_9	没有出现危险和特别危险天气现象(没有预报这些现象)

不同季节会有些差别。因此,确定出对公路运输有危险的天气的类别和标准,有利于作好气象服务。作为一个例子,表1列出了Г. А. 卡尔别耶夫根据苏联情况提出的冬半年危险天气现象和特别危险天气现象的分类标准^[1]。所谓危险天气现象,指的是足以使汽车在公路上行驶发生困难或不得不短时停歇的天气现象;特别危险天气现象,指的是足以使运输中断的那些现象。表1中 φ_i 表示实际天气达此标准, π_i 表示预报了该种天气。每一天的天气都应当属于该表中 φ_i 的一种,这样作出的预报和发布的警报就比较有针对性。

三、气象为公路运输服务的效用

公路运输中气象服务的效用主要表现在两方面,一是帮助汽车运输减少损失,增加经济收入;一是帮助安全行车,减少运输事故。

一个汽车运输企业的经济收入要靠正常行车来挣得。凡是出车延误、车辆停歇都会造成汽车运输的经济损失,其中一部分是由不利的天气造成的;而如果因使用气象情报缩短了延误、停歇的时间,那么所减少的损失即气象情报的经济效益。下面以道路堆雪为例来说明这种经济效益的计算方法。

一次暴风雪可使道路堆雪,几百辆车停歇途中。如果事先得到准确的预报和警报,公路部门就能事先在最易堆雪的路段集中除雪的设备 and 人力,以减少交通中断的时间。

设 τ 为交通中断时间(图1中横坐标), N 为因道路阻塞而停歇途中的车数(图1中纵坐标),并假定各时的车流量相等,则 N 与 τ 之间呈直线关系,而其角系数即为公路车流量(H ,车/时)。当交通中断时间等于 AC 时,车辆停歇时间(车·时)可用图1中的 $\triangle ABC$ 表示;在交通中断时间等于 AE 时,车辆停歇时间等于 $\triangle ADE$ 。令 $AC =$

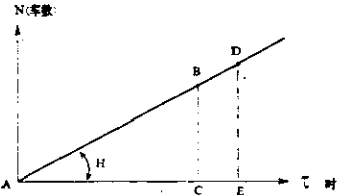


图 1

$\tau_1, AE = \tau_2$,则前一种情况下车辆停歇时间为:

$$F_1 = \frac{N_1 \tau_1}{2} \tag{1}$$

因为 $N_1 = H \tau_1$,故上式可写为

$$F_1 = \frac{H}{2} \tau_1^2 \quad (2)$$

同理，在后一种情况下为：

$$F_2 = \frac{H}{2} \tau_2^2 \quad (3)$$

如果利用气象情报使交通中断时间由 τ_2 减少到 τ_1 ，则其经济效益为：

$$G = \frac{Hv}{2} (\tau_2^2 - \tau_1^2) \quad (4)$$

上式中 v 为一小时工作的平均进款额。

由此可见，经济效益的大小不仅决定于缩短了多少交通中断时间，而且决定于交通中断时间的总长度。这是因为交通中断时间越长，则停在路上的车越多，从而每缩短 1 小时的交通中断时间的经济效益就越大。

交通中断 τ 小时所造成的经济损失按下式计算：

$$L = \frac{Hv}{2} \tau^2 \quad (5)$$

Э. И. 莫诺克罗维奇^[13]用苏联哈萨克共和国的资料根据上式建立了 H 分别为 100、200、300、400 车/时时因公路交通中断而造成的经济损失图解(图 2)。从图中大致可以看出运输管理人员使用天气预报的效用。例如，某段 $H=300$ 车/小时的公路有 6 小时不能通行，而据运输部门领导人的估计，由于使用天气预报而缩短交通中断时间 1 小时，则从图 2 可以看出，经济损失由 17,300 卢布减少到 9,700 卢布；也就是说，可以得到 7,600 卢布的经济利益。不过，由于公路车流量 H 要受许多非气象因子的

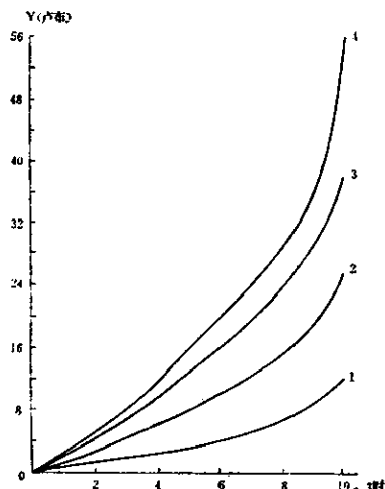


图 2

影响，所以在实际计算时还要根据昼夜、星期几及哪些旬、月、季等来修订车流量 H 值。

对于汽车运输来说，还有一些较小规模的出车延误现象。例如在气温剧降时，由于引擎未保护好而延误了出车时间。对于一个大的汽车运输公司来说，即使延误半小时，也会带来明显的损失。如能及时得到降温警报，就能采取防寒增温措施而不致延误出车。这种预报和警报的经济效益可用下式计算：

$$G = Nftv \quad (6)$$

上式中 N 为每天出车的汽车数， f 为出车延误的汽车占总车数的几分之一（据经验估计）， t 为汽车滞留的平均时间， v 为一小时工作的平均进款额。

当运输部门依据预报需要采取防御措施时，则计算气象服务的经济效益时应当扣除采取这些措施所花的钱数。下面以评价苏联吉尔吉斯共和国雪崩预报服务的经济效益为例来说明这种作法。

吉尔吉斯的高山公路上，常会发生雪崩，有时会造成伤亡事故，并使大量汽车停顿。因此，公路运输部门收到雪崩预报后就在有关路段人工雪崩，然后清扫残雪，保证公路畅通。Ю. П. 巴尔巴特和 Н. В. 马克西莫夫考虑了各有关因素，提出了一个评价雪崩预报服务的经济效益的公式。他设 F 为路面因雪崩受阻时汽车运输停顿的时间（车·时）； v_1 为由于使用预报而能使 1 车·时的停顿所造成的损失减少多少（卢布）； t_1 为根据雪崩预报可以准许行车的时间（两次使交通中断 6 小时以上的雪崩之间的时段），单位小时； A 是公路货运量（吨/小时）； S 是有雪崩危险的路段长度（公里）； v_2 是 1 吨/公里的运费（卢布）； $P_{\text{准}}$ 为雪崩预报的平均准确率（%），用它们求出所得的经济利益。再设 t_2 为清除雪崩残雪所用的时间（小时）， v_3 为清除残雪 1 小时的费用（卢布）， V 为预先排除雪崩所用炸药的数量（吨）， v_4 是一吨炸药的价格（卢布），用以计算人工雪崩的费用。然后把它们相减，得出计算雪崩预报服务的经济效益的公式^[14]，

$$G = (Fv_1 + t_1 ASv_2) P_{\text{准}} - (t_2 v_3 + Vv_4) \quad (7)$$

上式中各项参数均需调查统计求出。其中汽车停顿时间 F 决定于公路车流量（ H ，车数/小时）和雪崩造成的公路阻塞时间的长短（ τ ，小时）。设有一些汽车在驶近雪堆时被迫停顿以等待清扫雪堆。当 τ 为已知且 H 为常数时，在道路阻塞后第 1 个小时驶近雪堆的汽车所停顿的时间为 $H\tau$ ，第 2 个小时驶进雪堆的汽车所停顿的时间为 $H(\tau-1)$ ，其他类推。因

此,在本例中,

$$F = \frac{(N_1 + N_r)\tau}{2} \quad (8)$$

上式中 $N_1 = H\tau, N_r = H$, 故:

$$F = \frac{(H\tau + H)\tau}{2} = \frac{H}{2}(1 + \tau) \quad (9)$$

将式(9)代入式(7),得:

$$G = \left[\frac{H}{2}(1 + \tau) \tau v_1 + t_1 A S v_2 \right] P_{\text{准}} - (t_2 v_3 + V v_4) \quad (10)$$

在实际工作中即可用式(10)计算雪崩预报服务的经济效益。各有关参数均需依据服务对象的实际资料求出。Ю. П. 巴尔巴特等求出用于伏龙芝—奥什公路的有关参数如表2所示。

气象为公路运输服务的另一重要作用是保障行车安全。但是这一作用发挥得如何,却很难定出一个绝对的量度。人们曾提出用某种相对量度来评价气象服务这一效用的办法。关于这种方法,下一节将一并提到,并在第五节给出一个研究实例。

表 2

参数	H	V_1	A	S	V_2	V_3	V_4
数值	3.4	3	11.5	220	0.104	30	350

四、评价短期预报对公路运输服务的效用的一种方法

关于评价预报的效用,已有不少研究结果^[4-6]。Г. А. 卡尔别耶夫依据已有的成果提出了一种利用理想预报、业务预报和惯性预报的对比所求出的相对效益量度来评价短期业务预报效用的办法^[7]。本文所谓理想预报,指的是全部正确或基本全对的预报;所谓惯性预报,则是把今天的天气实况作为明天的天气预报。在生产活动中,在不收听业务预报的情况下,人们常常依据当天的天气去推测明天的天气以决定自己的行动;因此,用它作为对比的基准是有一定理由的。

卡尔别耶夫把短期预报及危险和特别危险天气现象警报作为一个整体,用 φ_i 表示实际天气 ($i = \overline{1, n}$), π_j 表示预报的天气 ($j = \overline{1, n}$),如表1所示。事件 φ_{ij} ($i, j = \overline{1, n}$) 则表示 φ_i 和 π_j 同时出现 ($\varphi_i \cap \pi_j$)。事件 φ_i 、 π_j 和 φ_{ij} 的概率则分别为 $P_{i0} = p(\varphi_i)$, $P_{0j} = p(\pi_j)$, $p_{ij} = p(\varphi_{ij})$ 。

每一事件 φ_{ij} 都对应着用户所采取的某种策略行动的后果。用两个数值作为这些行动后果的量度:

一个是每一事件 φ_{ij} 的平均一日利润 g_{ij} , 另一个是平均一日运输事故量 C_{ij} 。当然,在研究不同运输工作的情况时,还可以采用另外一些指标,如客运量、货运量、平均货运距离、平均客运距离、出车系数等。下面介绍经济效益指标和减少运输事故指标的求法。

(一) 预报的经济效益指标 G 的确定: 先求出业务预报中事件 φ_{ij} 实现的概率 p_{ij} 的矩阵 ($i, j = \overline{1, n}$), 惯性预报中事件 φ_{ij} 实现的概率 $p_{ij}^{(1)}$ 和理想预报中事件 φ_{ij} 实现的概率 $p_{ij}^{(0)}$ 的矩阵 (参见表4—6)。再求出事件 φ_{ij} 实现时所得的平均一日利润 g_{ij} 的矩阵。则一次业务预报的平均利润 (G_1) 为:

$$G_1 = \sum_{i,j=1}^n g_{ij} P_{ij} \quad (11)$$

另设 G_2 为某一使用惯性预报的用户所能得到的平均利润, 则:

$$G_2 = \sum_{i,j=1}^n g_{ij} p_{ij}^{(1)} \quad (12)$$

由此可以得出使用业务预报的经济效益为:

$$G = G_1 - G_2 = \sum_{i,j=1}^n g_{ij} (P_{ij} - p_{ij}^{(1)}) \quad (13)$$

由式(11)—(13)可见,各式中利润项都是一样的 (g_{ij}), 差别在于各种预报实现的概率项不同。业务预报的经济效益表现为它与惯性预报实现的概率之差同平均利润乘积的总和。由此很容易看出,预报越准确,则经济效益越高。在这里,没有考虑用户策略选择的差别。原因是—一个气象单位的业务预报是向整个社会发布的,而各个用户所采取的策略是各种各样的,所以在评价预报的效用时不得不假定用户都完全信任预报。

最好的预报是理想预报,它可以给用户带来的利润为:

$$G_0 = \sum_{i,j=1}^n g_{ij} p_{ij}^{(0)} \quad (14)$$

其经济效益指标为:

$$G^0 = G_0 - G_1 = \sum_{i,j=1}^n g_{ij} (P_{ij}^{(0)} - p_{ij}^{(1)}) \quad (15)$$

由式(13)和(15)可知, G 和 G^0 的差别,即业务预报与理想预报的差距。

在评价 n 次预报的经济效益时,只要将式(13)和(15)得出的结果乘以 n ,即可求出。

为了比较用式(15)算出的不同用户使用预报所得的效益,或是比较为不同路线(或区段)服务的效益,需要把它们标准化。一种办法是把它折合为单位运输工具的正效益值,另一种办法是用业务预报和理想预报之比(G^0)作为量度,即:

$$G_s^0 = G/G^0 \quad (16)$$

(二) 怎样确定减小汽车运输事故率的指标: 评价气象服务对提高行车安全性的效用的方法与评价经济效益的方法相似。不同处在于此时不去计算 g_{ij} , 而是要依据实际资料先统计出事件 φ_{ij} 实现时的平均一天运输事故数 C_{ij} , 并列其矩阵(参见表7)。如果运输单位使用业务预报, 则就全部 φ_{ij} 事件而言的平均日行车事故量按下式确定:

$$Z_1 = \sum_{i,j=1}^n C_{ij} P_{ij} \quad (17)$$

如果只是使用惯性预报, 则此值为:

$$Z_2 = \sum_{i,j=1}^n C_{ij} P_{ij}^{(1)} \quad (18)$$

因此, 降低行车事故率的指标可用下式确定:

$$Z = Z_2 - Z_1 = \sum_{i,j=1}^n C_{ij} (P_{ij}^{(1)} - P_{ij}) \quad (19)$$

这就是说, 只有在 $Z > 0$ 的情况下, 利用业务预报和警报才能使公路运输事故减少。

运输事故的减少, 也可以用相对降低率来表示:

$$Z^0 = Z/Z^0 \quad (20)$$

上式中的 Z^0 是使用理想预报时表示事故降低率的指标, 按下式确定:

$$Z^0 = \sum_{i,j=1}^n C_{ij} (P_{ij}^{(1)} - P_{ij}^{(0)}) \quad (21)$$

另外, 为了便于比较, C_{ij} 的矩阵也应作相应的标准化。譬如, 用平均日行车数 n_0 去除上述矩阵, 则得以下矩阵:

$$C^{(1)} = \frac{1}{n_0} [C_{ij}]_{n,n} = [C_{ij}^{(1)}]_{n,n} \quad (22)$$

上式中的矩阵元素 $C_{ij}^{(1)}$ 就是发生事故的平均条件概率。在这种情况下, 式(17)~(21)可以改写为:

$$\begin{aligned} Z_1 &= n_0 P_1, \quad Z_2 = n_0 P_2 \\ Z &= n_0 (P_2 - P_1), \quad Z^0 = n_0 (P_2 - P_1) \\ Z^0 &= \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_0} \end{aligned} \quad (23)$$

上式中, P_0 、 P_1 、 P_2 分别是使用理想预报、业务预报和惯性预报时发生运输事故的概率。

(三) 资料较少时的评价方法: 如果实际资料不多, 就不能用以上办法来评价预报的效用, 而只能作比较简单的评价。此时, 要分析以下事件:

ϕ_{11} ——出现了某一危险天气现象, 且已预报出来;

ϕ_{12} ——出现了某一危险天气现象, 但原预报不出现, 或预报了另一种危险天气现象(亦即所有未报出该危险天气现象的情况均属于此类);

ϕ_{21} ——预报了某种危险天气现象, 实际上未出现;

ϕ_{22} ——未预报危险天气现象, 也未出现。

就业务预报来说, 这些事件的概率矩阵如下:

$$P^* = \begin{pmatrix} P_{11}^* & P_{12}^* \\ P_{21}^* & P_{22}^* \end{pmatrix} \quad (24)$$

利润矩阵如下:

$$g^* = \begin{pmatrix} g_{11}^* & g_{12}^* \\ g_{21}^* & g_{22}^* \end{pmatrix} \quad (25)$$

运输事故矩阵如下:

$$C^* = \begin{pmatrix} C_{11}^* & C_{12}^* \\ C_{21}^* & C_{22}^* \end{pmatrix} \quad (26)$$

以上矩阵中的概率 P_{ij}^* 按以下各式确定:

$$P_{11}^* = \sum_{i=1}^{n-1} P_{i1}, \quad P_{12}^* = \sum_{i \neq j=1}^{n-1} P_{ij} + \sum_{i=1}^{n-1} P_{in},$$

$$P_{21}^* = \sum_{i=1}^{n-1} P_{ni}, \quad P_{22}^* = P_{nn};$$

g_{ij}^* 和 C_{ij}^* 则是相应的平均值, 对于 g_{ij}^* 有:

$$g_{11}^* = \left(\sum_{i=1}^{n-1} g_{i1} P_{i1} \right) (P_{11}^*)^{-1},$$

$$g_{12}^* = \left(\sum_{i \neq j=1}^{n-1} g_{ij} P_{ij} + \sum_{i=1}^{n-1} g_{in} P_{in} \right) (P_{12}^*)^{-1},$$

$$g_{21}^* = \left(\sum_{i=1}^{n-1} g_{ni} P_{ni} \right) (P_{21}^*)^{-1},$$

$$g_{22}^* = g_{nn}.$$

就惯性预报和理想预报来说, 则需要求出矩阵 $P^{*(1)}$ 、 $g^{*(1)}$ 、 $C^{*(1)}$ 、 P^{**} 、 g^{**} 和 C^{**} , 其计算方法与式(24)~(26)相似。

在实际工作中, 当 g^* 和 $g^{*(1)}$ 、 C^* 和 $C^{*(1)}$ 等矩阵的区别以及其对角元素与矩阵 g^{**} 和 C^{**} 的对角元素之间的区别很小而可以忽略不计时, 即可以用以下各种指标来评价效益:

$$G^* = \sum_{i,j=1}^2 g_{ij}^* (P_{ij}^* - P_{ij}^{(1)}),$$

$$Z^* = \sum_{i,j=1}^2 C_{ij}^* (P_{ij}^{(1)} - P_{ij}^*),$$

$$G_0^* = \frac{\sum_{i,j=1}^2 g_{ij}^* (P_{ij}^* - P_{ij}^{(1)})}{\sum_{i,j=1}^2 g_{ij}^* (P_{ij}^{(1)} - P_{ij}^*)},$$

$$Z_0^* = \frac{\sum_{i,j=1}^2 C_{ij}^* (P_{ij}^{(1)} - P_{ij}^*)}{\sum_{i,j=1}^2 C_{ij}^* (P_{ij}^{(1)} - P_{ij}^*)} \quad (27)$$

在一般情況下， G 和 G^* 、 G_0^* 和 G_0^{**} 、 Z 和 Z^* 、 Z_0^* 和 Z_0^{**} 之值是不同的。但是在樣本小的時候用 (27) 式比較合理，因為這時無法作更嚴格的评价。

以上所述，屬於一般情況下的計算方法。但是在實際工作中由於所能取得的資料多少和特點不同，所以可以用不同的方法來估算概率矩陣和權矩陣。例如，假如在 n 天中氣候條件相同、用戶的生產指標相同而樣本容量又足夠大時，就可以使用抽樣估算概率和權系數的辦法。另如在資料浩繁而難於逐日統計時，則可以用經濟部門的綜合定量指標（如

月指標、季指標）來评价預報的效用。所有這些，都要設計一些專門的算法，此處不再贅述。

五、定量评价天气预报对保障安全的效用的一个研究实例

下面介紹一個使用以上方法评价天气預報對提高行車安全性的效用的一个实例。選擇这样一个例子，是因為這類工作較少，而评价经济效益的方法也与之相似。

Ф. С. 薩維諾娃^[9]研究了蘇聯莫斯科州 1970/71 年冷半年（10 月 15 日—4 月 15 日）公路運輸事故的資料，共分析了 2,235 件運輸事故。分析結果表明，在不利的氣象條件下出現的事故有 833 起，占總數的 37%。這些事故的數量、性質和出現在什麼天氣條件下均見表 3（表 3 中 φ_i 的含義與表 1 同）。

用 π_i 表示各種天氣現象的預報（參見表 1），統計 $\varphi_i \pi_i$ 同時出現的頻率，可求出 $\varphi_i \pi_i$ 的概率，即 $P_{ij} = P(\varphi_i \pi_j)$ 。顯然，此時：

$$\sum_{i,j} P_{ij} = 1 \quad (29)$$

用上述 1970/71 年資料計算的業務預報和警報的概率 P_{ij} ，如表 4 所示。表中橫行的 $P_{i0} = P(\varphi_i)$ 是各類 φ_i 出現的頻率，縱行的 $P_{0j} = P(\pi_j)$ 表示的則是

表 3 公路運輸事故數統計

記錄時期	總數		各種危險和特別危險天氣下的事故數									
	數量	%	數量	%	φ_1	φ_2	φ_3	φ_4	φ_5	φ_6	φ_7	φ_8
1970年10月15日 至 1971年4月15日	2,235	100	833	37	369	—	42	82	149	—	—	164
					18%	—	2.2%	3.6%	6.9%	—	—	7.3%
												62%

表 4 業務預報和警報的 P_{ij} 概率矩陣

	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	P_{i0}
φ_1	0.165	0	0	0	0	0	0	0	0.014	0.179
φ_2	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01
φ_3	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0.02
φ_4	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04
φ_5	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0.07
φ_6	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01
φ_7	0	0	0	0	0	0	0.014	0	0	0.014
φ_8	0	0	0	0	0	0	0	0.073	0	0.073
φ_9	0.031	0.001	0.01	0.008	0	0	0.003	0.014	0.51	0.577
φ_{0j}	0.196	0.011	0.03	0.048	0.07	0.01	0.017	0.087	0.524	1

预报与表 1 中相应的标准符合的频率。显然,

$$\sum_i P_{i0} = \sum_j P_{0j} = 1 \quad (30)$$

惯性预报的概率值 $P_{ij}^{(1)}$ 和理想预报的概率值

$P_{ij}^{(0)}$ 见表 5—6。

公路运输事故平均数的矩阵见表 7。编制此表

表 5 惯性预报的概率 $P_{ij}^{(1)}$ 的矩阵

	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	$P_{i0}^{(1)}$
φ_1	0.016	0	0	0.011	0.011	0	0	0.011	0.083	0.132
φ_2	0	0.011	0	0	0	0	0	0	0	0.011
φ_3	0.005	0	0.005	0.005	0	0	0	0	0.005	0.02
φ_4	0.016	0	0	0.011	0.001	0	0	0	0	0.028
φ_5	0.005	0	0.005	0.005	0.005	0	0	0.011	0.016	0.047
φ_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
φ_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
φ_8	0.005	0	0.005	0	0.005	0	0	0.033	0.033	0.081
φ_9	0.1	0	0.011	0.005	0.016	0	0	0.04	0.5	0.681
$P_{0i}^{(1)}$	0.147	0.011	0.026	0.037	0.038	0	0	0.095	0.637	1

表 6 理想预报的概率 $P_{ij}^{(0)}$ 矩阵

	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	$P_{i0}^{(0)}$
φ_1	0.179	0	0	0	0	0	0	0	0	0.179
φ_2	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01
φ_3	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0.02
φ_4	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04
φ_5	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0.07
φ_6	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01
φ_7	0	0	0	0	0	0	0.014	0	0	0.014
φ_8	0	0	0	0	0	0	0	0.073	0	0.073
φ_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.51	0.51
$P_{0i}^{(0)}$	0.179	0.01	0.02	0.04	0.07	0.01	0.014	0.073	0.51	1

表 7 公路运输事故数平均值 C_{ij} 矩阵

	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9
φ_1	14.2	16	16	16	16	16	16	16	16
φ_2	14	6	16	16	16	16	16	16	16
φ_3	14	0	10.5	16	16	16	16	16	16
φ_4	14	0	7	16	16	16	16	16	16
φ_5	14	0	7	16	13.5	16	16	16	16
φ_6	14	0	7	16	0	6	16	16	16
φ_7	14	0	7	16	0	0	6	16	16
φ_8	14	0	7	16	0	0	6	9	16
φ_9	14	0	7	16	0	0	6	11	12

时先从冷半年运输事故总数中选出各种事件 φ_i 和 π_j 组合的个例。然后分别统计每种天气现象下的运输事故数,再用每种天气现象的总次数去除。这

样就得出矩阵对角线上的 8 个数值, C_{11} 、 C_{22} 、 C_{33} 、 C_{44} 、 C_{55} 、 C_{66} 、 C_{77} 、 C_{88} 。而矩阵元素 $\varphi_i \pi_j$, 则属于最佳工作条件个例(即没有出现危险和特别危险天气现象,也没有发布警报)。

选各种可能中最坏的一种情况($\varphi_i \pi_i$)作为运输事故平均出现次数(即每昼夜出现 16 次),则由于使用业务预报和警报 $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_9$ 服务的结果,公路运输事故可分别减少到 14.2, 6, 10.5, $\dots$ 12.0。它所表示的就是业务预报和警报的可靠程度。

利用式(19)——(21)分别计算出使用业务预报的安全行车系数 Z 、理想预报的安全行车系数 Z^0 和相对安全系数 Z^0_i , 如表 8 所示。

从表 8 可见,使用业务预报及危险和特别危险天气警报,汽车运输企业可在每年冷半年防止 182 起运输事故;如果能有理想的预报和警报,则可防止:

表 8

Z	Z^0	$Z\%$
182	313	0.58

313 起。

由此可见,天气预报和警报的效用,是可以定量地表示出来的。

参 考 文 献

- [1] Г. А. Карпеев, Об одном способе оценки эффективности обслуживания автотранспорта краткосрочными прогнозами погоды, Тр. Гидрометцентра СССР, вып. 142, 1974.
- [2] Э. И. Монокрович, Роль гидрометеорологической информации в повышении экономичности и безопасности работы автомобильного транспорта, Тр. Казахского Регионального Научно-исследовательского Института, вып. 74, 1981.
- [3] Ю. П. Барбат, Н. В. Максимов. Об экономической эффективности противалавнинного

обслуживания автомобильных дорог Киргизии, Гидрометеорология и Народное Хозяйство, Гидрометеопиздат, М. 1976, 231—235 с.

- [4] Баргоров Н. А., Об экономической полезности прогнозов, Метеорология и Гидрология, 1966, No. 2, с. 3—12.
- [5] Груза Г. В., Ранькова Э. Я., Об оценке качества вероятностных прогнозов погоды, Тр. САНИГМИ, 1970, вып. 47(62), с. 3—9.
- [6] Карпеев Г. А., О критериях успешности альтернативных прогнозов, Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана, 1966, Т. 2, No. 8, с. 777—785.
- [7] Монин А. С., Об использовании ненадежных прогнозов, Изв. АН СССР, сер. геофизич., 1962, No. 2, с. 218—228.
- [8] Обухов А. М., К вопросу об оценке успешности альтернативных прогнозов, Изв. АН СССР, сер. геофизич., 1955, No. 4, с. 339—349.
- [9] Ф. С. Савинова, Количественная оценка безопасности движения автотранспорта в зависимости от условий погоды, Тр. Гидрометцентра СССР, вып. 142, 1974.