

降雨、径流因子的初步研究

Ⅲ——土壤侵蚀量预测值评分

杨 艳 生

(中国科学院南京土壤研究所)

我国水土流失面积约150万平方公里, 平均每年流失土壤50亿吨。因此开展土壤侵蚀和水土保持研究, 对保护土壤资源、发展国民经济都有重大意义。在研究工作中, 需要对土壤的侵蚀量进行测定和预报。本文将讨论土壤侵蚀量真值估计值的求取和侵蚀量预测值的评分方法。

一、对几个基本概念的理解

目前, 确定土壤的侵蚀量有几种方法:

- 1、利用水文观测或径流小区观测, 根据测出的悬移质和推移质求出;
- 2、建立土壤流失通用预报方程, 利用此方程求出侵蚀量预测值;
- 3、根据各侵蚀因子, 建立求取土壤侵蚀量的回归方程, 求出土壤侵蚀量预测值;
- 4、利用模糊关系方程求出某区域土壤侵蚀量的数值区间。

由此可见, 利用前三种方法得出的侵蚀量或其预测值都是一个定值。不管用何种方法求得的侵蚀量或其预测值, 都不可能认为它是实际的侵蚀量值, 原因是影响侵蚀量的因子很复杂, 量测条件又千变万化, 因而各类方法产生误差的可能性是相同的, 也是不可能完全避免的。

(一) **土壤侵蚀量值的确定与不确定的模糊性。**这里说的模糊性是指一类对象缺乏明确的边界。客观的侵蚀量本身是无所谓清晰和模糊的, 其模糊性是人在测量过程中产生的。“人的认识不能洞悉事物的全部复杂性”, 模糊性往往是和复杂性紧紧相连的。假定有100人在同一地点, 在相同条件下进行同一侵蚀量的测定, 其测定值必然是多数值较集中于某一数值区间, 而某些少数值距多数值有更大差值, 这些数值会是呈现正态型分布。因此, 即使得到了一个较为准确的侵蚀量值, 它也只能是一个模糊数, 或称它是侵蚀量真值估计值。

(二) **侵蚀量真值估计值的求取。**过去对一个地区一次次土壤侵蚀量, 都以直接测出的侵蚀量作其精确值, 其实并非如此。可以设想, 如果某一数值等于或接近侵蚀量的真值(即精确值), 在同样误差条件下(比如同一人所测), 采用其它方法得到的侵蚀量值(包括预测值)也应该大致相近, 否则可以认为必定有一数值偏离真值大。当然, 如果采用多因子的侵蚀量预测, 还会带

土高原地区70个主要点(站)的ET。资料计算整理完毕, 并备有ET₀的软盘文件可供复制。使用者随时可以索取和应用这些系统的资料, 同时也可根据工作需要通过计算机输出或打印指定的具体内容。

有数学处理过程中的取舍误差，但是，在测试效果显著时，其结果与真值误差不会是很大的。采用多因子来预测侵蚀量时，由于一部分测定误差会相抵消，所以它的误差变幅要比单一侵蚀量产生的误差变幅要小。这可从表 1 中实测值与预测值的标准差值间接的证实，实测值的标准差为 6.448，而预测值的标准差仅为 5.888。所以不管实测值与预测值相差较大还是较小，取实测值与预测值的平均值作为侵蚀量的真值估计值是适宜的。

(三) 真值估计值的实际含义。如前所述，一次降雨产生的土壤侵蚀量的真值是无人可知的，所知的只是真值的估计值，而且这种估计值有时可与真值相差很大，如像实测值与预测值相差很大时可能出现的情况。但是长期的多次测定值或预测值又基本上与实际相符的，如表 1 中累计实测与预测侵蚀量分别为 226.370 和 226.380，其数值是相当接近的。正因为这样，才使得各项测定有实际的意义。但是作为预测土壤侵蚀量的数学公式，总是希望能与实际情况符合得更好，这既取决于各因子测定值的合理程度，还取决于数学处理方法本身。而测定值效果是以真值估计值来判断的，如果侵蚀量的实测值和预测值越接近，这两数值与它们的平均值即真值估计值之差就越小，其测定效果就很好。这里的测定效果不光指计算的预测效果，而且也包括实测值的效果，由于这两值产生误差的可能性是相同的，因此其效果也应该是一样。

二、侵蚀量测定效果评分

由于土壤侵蚀量的实测值、预测值和真值估计值都不是精确值，而只能用模糊数表示，所以在作测定效果评分时不能用处理精确值的方法，如绝对差值、相对差值等，而是引用模糊数学中模糊数 (Fuzzy number) 和贴适度概念，求出测定值的评分值。

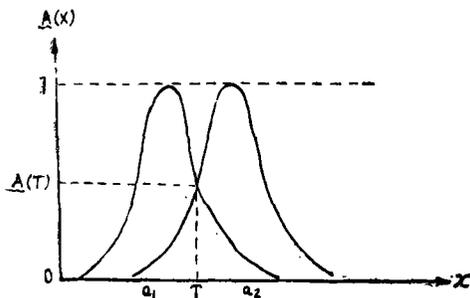
(一) 原理和方法。假定侵蚀量测定值的全体定为论域 U ， U 为一实数域。记 \underline{A} 为 U 上的一个正态型 Fuzzy 集合， x 为一测定值 (实测值或预测值)， x 对 \underline{A} 的隶属度可表示为：

$$\underline{A}(x) = e^{-\left(\frac{x-a}{b}\right)^2}, \quad (b > 0)$$

\underline{A} 也表示为模糊数。例如今有 $a \in \underline{A}$ 表示为某一侵蚀量真实估计值；当 $a = 10.1$ ， $x = 14.5$ ，让 $b = 10.1$ 时， $\underline{A}(14.5) = 0.83$ 。若用 a_1 表示真实估计值， a_2 表示预测值，由于它们都不是精确值，故可用模糊数表示为：

$$a_1 = A_1(x) = e^{-\left(\frac{x-a_1}{b_1}\right)^2}, \quad (b_1 > 0)$$

$$a_2 = A_2(x) = e^{-\left(\frac{x-a_2}{b_2}\right)^2}, \quad (b_2 > 0)$$



如果用图形表示如左图：

当 $a_1 = a_2$ 时，两曲线将完全重合，否则两曲线则有一交点，其相应于 $x = T$ ，隶属函数值为 $\underline{A}(T)$ 。

利用这一函数值来确定侵蚀量测定值评分。在上述情况下，有关文献中已证明其评分值可用下式表示：

$$S = \underset{\sim}{A} (T) \times 100 = e^{-\left(\frac{a_1 - a_2}{b}\right)^2} \times 100$$

其中b可为任意大于零的值。

(二) **预测评分的步骤。**在进行预报评分之前,已进行了实际侵蚀量的测定,同时也对各侵蚀因子进行了量测,并根据这些量测值建立了土壤侵蚀量预报方程。本计算是以本刊1984年第6期和1985年第3期刊登的本文第I、II部分的基本资料 and 结果为基础进行预测评分的,其步骤:

- 1、列出实测土壤侵蚀量;
- 2、计算出预测土壤侵蚀量;
- 3、求出实测和预测侵蚀量的平均值;
- 4、以平均侵蚀量作为侵蚀量真值的估计值,求出预测量与平均值之差值;
- 5、以预测量与平均值之差值被平均值除,得到商值平方后取负作为自然对数指数,此乘方值乘100即为得分值。

在求取预测得分值S的公式中, a_1 和b均取侵蚀量真值估计值, a_2 为预测值或实测值。所求取的预测得分值列于表1。从表中可见,得分值在90以上者有25次,占总预测次数的53%;80分以上者33次,占70%;70分以上者35次,占75%。从实测值或预测值与真值估计值的相对误差来看,得分值为100时,相对误差小于0.07;得分为90时,相对误差小于0.30;得分为80时,相对误差约小于0.43。就是说对所讨论的各观测试验值,有半数以上的相对误差小于1/3,有2/3以上的相对误差小于1/2。因此,可以认为该观测值是基本满意的

表1 土壤侵蚀量实测值、预测值和得分值

代号	实测值 (y)	预测值 (\hat{y})	平均值 (\bar{y})	$\bar{y} - \hat{y}$	得分
1	0.573	6.019	3.296	-2.723	51
2	4.437	1.767	3.102	1.335	83
3	0.806	5.172	2.989	-2.183	59
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
44	5.559	4.982	5.271	0.289	100
45	4.270	0.451	2.361	1.910	52
46	1.060	2.182	1.621	-0.561	89
47	8.758	12.517	10.638	-1.880	97
Σ	226.370	226.380	226.570		

三、b 值的确定问题

从正态分布曲线的基本方程可知,正态曲线的形状与评分方程中的指数有关,当 a_1 和 a_2 值确定后,则取决于b值的大小,因此方程中b的取值则是评分合理与否的关键问题。

(一) **不同次量测中b的取值。**在有关文献所举的例子中,在作各次预测评分时, b 取恒定值,这在某些情况下也许是可行的。但是在一般情况下,对每次量测作出评分都是针对某一次的实际值与预测值的。如果各次量测中的 a_1 与 a_2 的差值有较大变化时,采用恒定b值的评分结果就

会出现显著的不合理性，也就失去实用意义。当然如果实测值与预测值相差较小，而且各次量测时实测值与预测值变化不大，这时取恒定 b 值，不致引起评分值的显著变化。因此 b 值应根据各次测情况具体确定。

(二) b 值的取值方法。由于实测值与预测值都存在相当的误差，因此无法得到实际的真值，而只能得到真值估计值，即期望值。期望值如何取得，可分三种情况来讨论：

1、实测值的可靠性大时，如实测值是经多次实测求得的，这时的实测值可近似作为期望值；

2、预测值可靠性大时，例如实测值与预测值都存在同样产生误差的可能性，但由于预测值是采用多因子确定的，正负误差相互抵消后，使得预测值有更大的可靠性，这时也可将预测值作为期望值；

3、当认为实测值与预测值产生误差的可能性相同，其可靠程度也认为相同时，期望值就取两值的平均值。

在上述情况下， b 值都取相应的期望值。这样做的结果，可以使评分值与相对误差一致起来。凡相对误差小者，得到较高的评分值，这是与通常人们的认识相一致的。而且得到的评分值较相对误差在数学处理上更加合理，也更合乎通用习惯，即量测准确度越高，得分值也越高。

四、结果讨论

侵蚀量预测评分是水土保持试验站径流观测中不可缺少的一项工作，通过这一工作可以逐步提高观测技术和资料处理水平，同时还可以从中发现存在问题，利于及时加以改进。

1、由于土壤侵蚀量实测值（侵蚀模数）是与降雨、径流有关的其它因子同时测出的，如果测得较准确，数据处理的效果又显著，实测值与预测值之差就小，评分值就高。评分值高也说明量测较准确和数据处理效果好。

2、确定某一区域的土壤侵蚀量，都是以一年或几年中测定各次降雨时的侵蚀量计算得到的。由于测定的次数多，各次测定中出现的正负误差会相互抵消，因而以年为单位的侵蚀量实测值和预测值相接近，亦能反映出实际的土壤侵蚀量。从表中算得的实测值、预测值和平均值总值分别为226.37、226.38和226.57。

3、通过评分如果出现各次量测中得分高的比例太小时，则应该检查整个量测方法、数据处理方法和量测过程，并应加以改进，以提高得高分的比例。

4、在评分前由于首先要求出侵蚀量的真值估计值，而这一数值又和各侵蚀因子测定资料的处理方法有关。所以上述评分方法必须是在数据处理效果显著时方能进行，否则就不能确定侵蚀量的真值估计值，也无法进行评分。