Aplikace matematiky

Vladimír Malý

Srovnávání spolehlivosti metod pro zjišťování přítomnosti mikrobů

Aplikace matematiky, Vol. 5 (1960), No. 4, 272–281

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/102714

SROVNÁVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI METOD PRO ZJIŠŤOVÁNÍ PŘÍTOMNOSTI MIKROBŮ

VLADIMÍR MALÝ

(Došlo dne 21. října 1959.)

Práce se zabývá statistickou analysou údajů o přítomnosti určitého znaku A (dichotomické třídění) u prvků výběru.

0. Tato práce podává zobecnění problému srovnání účinnosti dvou metod užívaných v mikrobiologii k stanovení přítomnosti zárodků [1]. Zobecnění je provedeno pro čtyři metody; srovnání pěti, příp. více metod se v praxi vyskytne zřídka, avšak výsledky a výpočty v této práci uvedené je možno snadno zobecnit pro libovolný počet metod.

Matematická odvození jsou ovšem nezávislá na námětu, jenž byl (v analogii s prací [1]) vybrán z mediciny. Metoda je stejně použitelná např. v chemii při zjišťování přítomnosti prvků nebo sloučenin dvěma nebo více metodami, v zemědělství (např. přítomnost určitého biogenního prvku v zemi) a pod. Autor se přirozeně při stanovení podmínek použitelnosti metody a při interpretaci výsledků držel námětu mikrobiologického.

1. Při některých mikrobiologických vyšetřeních je třeba stanovit, zda určitý druh mikrobů je nebo není přítomen v určitém prostředí. K tomu účelu se provede řada odběrů (výtěry, vyjmutí části tkáně apod.), jež budeme v dalším nazývati „případy". U každého případu provádíme zjišťování přítomnosti mikroba čtyřmi metodami, jež nazveme M_1 až M_4. Zkoumání provádíme u N případů, jež představují výběr z populace, v níž relativní četnost positivních případů je p; pro těchto N případů máme $4N$ výsledků, po N od každé metody. Prošetřené případy tvoří homogenní skupinu (jde např. o odběry provedené pacientům, u nichž byla klinicky diagnostikována určitá choroba), o níž můžeme předpokládat, že je náhodným výběrem ze souboru výše zmíněného.

Je zřejmé, že každý případ, v němž alespoň jedna metoda dala positivní výsledek, nutně musí být positivní; je-li případ negativní, žádná z metod nemůže poskytnout positivní výsledek.

Přitom předpokládáme, že zkoumaný mikrobiologický materiál je homogenní vzhledem k metodám, tj. při přidělování materiálu (např. naočkování na živnou půdu) nemůže např. jedna plotna, připravená metodou M_1, dostat materiál bez mikrobů a druhá, připravená metodou M_2, dostat materiál s mikroby. Rovněž odběry nemusí být od různých osob (může být např. několik výtěrů od jedné osoby), neboť — z mikrobiologického stanoviska — nelze předpokládat, že by u určité osoby některá z metod měla selhávat častěji než jiná.

Uvedené předpoklady jsou prakticky ve všech případech, kdy se mikrobiolog setká s uvedeným problémem, splněny.

Úkolem je z uvedených N případů stanovit odhad pravděpodobnosti p_i, že přítomnost daného mikroba bude prokázána metodou M_i, a současně odhadnout hodnotu p; tyto odhady budeme značit $\hat{p}_i$ resp. $\hat{p}$.

2. Z celkového počtu N případů označíme r počet těch případů, u nichž všechny čtyři metody daly negativní výsledek; z nich m je počet skutečně negativních případů a n počet případů positivních, u nichž všechny čtyři metody selhaly a ani jedna z nich přítomnost mikroba neprokázala.

Celkem se nám případy rozpadají do $17 = 2^4 + 1$ skupin; četnosti a pravděpodobnosti výskytu příslušného případu jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1. Četnost a pravděpodobnost výsledků.

Výsledek metody:					Četnost:	Pravděpodobnost:
M_1	M_2	M_3	M_4			
+	+	+	+		a	$pp_1p_2p_3p_4$
—	+	+	+		b_1	$p(1-p_1)\,p_2p_3p_4$
+	—	+	+		b_2	$pp_1(1-p_2)\,p_3p_4$
+	+	—	+		b_3	$pp_1p_2(1-p_3)\,p_4$
+	+	+	—		b_4	$pp_1p_2p_3(1-p_4)$
+	+	—	—		c_{12}	$pp_1p_2(1-p_3)(1-p_4)$
+	—	+	—		c_{13}	$pp_1(1-p_2)\,p_3(1-p_4)$
+	—	—	+		c_{14}	$pp_1(1-p_2)(1-p_3)\,p_4$
—	+	+	—		c_{23}	$p(1-p_1)\,p_2p_3(1-p_4)$
—	+	—	+		c_{24}	$p(1-p_1)\,p_2(1-p_3)\,p_4$
—	—	+	+		c_{34}	$p(1-p_1)(1-p_2)\,p_3p_4$
+	—	—	—		d_1	$pp_1(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)$
—	+	—	—		d_2	$p(1-p_1)\,p_2(1-p_3)(1-p_4)$
—	—	+	—		d_3	$p(1-p_1)(1-p_2)\,p_3(1-p_4)$
—	—	—	+		d_4	$p(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)\,p_4$
—	—	—	—	(+)	$\left.\begin{matrix} n \\ m \end{matrix}\right\} r$	$p(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)(1-p_4)$
—	—	—	—	(—)		$1-p$
					N	1

Odhady p a p_i stanovíme z věrohodností funkce L, jež je — až na multiplikační konstantu — rovna součinu pravděpodobností uvedených v posledním sloupci tab. 1 umocněných příslušnou četností. Z derivací

$$\frac{\partial \log L}{\partial p_i} = 0\,, \quad i = 1, 2, 3, 4\,,$$

plyne

$$\frac{1 - p_i}{p_i} S_{i+} - S_{i-} = K\,, \quad i = 1, 2, 3, 4\,, \tag{1}$$

kde S_{i+} je počet případů, u kterých M_i ukázala přítomnost mikroba a S_{i-} počet prokázaně kladných případů, kde M_i selhala (tj. $S_{i+} + S_{i-} = N - r$) a

$$K = \frac{rp(1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4)}{p(1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4) + 1 - p}\,. \tag{2}$$

Vzhledem k tomu, že pravá strana rovnice (1) nezávisí na i, dostáváme

$$\frac{p_i}{p_j} = \frac{S_{i+}}{S_{j+}} \tag{3}$$

a tedy

$$p_1 : p_2 : p_3 : p_4 = S_{1+} : S_{2+} : S_{3+} : S_{4+}\,. \tag{4}$$

Položíme-li

$$\frac{\partial \log L}{\partial p} = 0\,,$$

dostaneme

$$N - r = \frac{rp[1 - (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4)]}{p(1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4) + 1 - p}\,.$$

Použijeme-li označení

$$C = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4)\,, \tag{5}$$

(přičemž $0 < C < 1$, pokud není některé z p_i rovno jedné nebo pokud všechna p_i nejsou rovna nule) bude

$$K = \frac{rp(1 - C)}{1 - pC} \tag{6}$$

a

$$N - r = \frac{rpC}{1 - pC}\,, \tag{7}$$

z čehož dostáváme maximálně-věrohodnostní odhad

$$\hat{p} = \frac{N - r}{NC}\,; \tag{8}$$

rovnice (8) tedy vyjadřuje $\hat{p}$ jako funkci všech p_i.

Maximálně-věrohodnostní odhady $\hat{p}$, $\hat{p}_i$ získáme tedy řešením soustavy rovnic (1) a (8), přičemž víme, že odhady $\hat{p}_i$ musí splňovat vztah (4). Protože ale $\hat{p} \leqq 1$, musí čtveřice odhadů $\hat{p}_i$ vyhovovat podmínce

$$\hat{C} = 1 - (1 - \hat{p}_1)(1 - \hat{p}_2)(1 - \hat{p}_3)(1 - \hat{p}_4) \geqq \frac{N - r}{N}. \tag{9}$$

3. Maximálně-věrohodnostní odhad pravděpodobnosti binomického rozdělení je — jak známo — dán podílem frekvence zkoumané alternativy a celkového počtu pozorování. Výše uvedená pozorování si rozložíme do pěti jevů, které budeme na chvíli uvažovat odděleně, bez vzájemné souvislosti. Pomocí této úvahy stanovené odhady budeme označovat p_i^* a p^*; ukážeme, v jakém vztahu jsou tyto odhady k veličinám $\hat{p}_i$ a $\hat{p}$, představujícím řešení rovnic (4) a (8).

Z celkového počtu N případů je $s = N - m$ positivních, tj.

$$p^* = \frac{s}{N};$$

z celkového počtu s positivních případů bylo S_i positivních výsledků získaných metodou M_i (používáme zjednodušeného označení S_i místo S_{i+}, zřejmě je $S_{i-} = N - r - S_i$), tedy

$$p_i^* = \frac{S_i}{s}.$$

4. Ukážeme nyní, že hodnoty p_i^* a p^* jsou řešením rovnic (1) a (8). Pro zjednodušení použijeme výrazu C^*, což je veličina daná vztahem (5), kam bylo dosazeno p_i^* za p_i.

Z rovnice (1) se snadno odvodí — po dosazení za S_{i-} — vztah

$$\frac{S_i}{p_i} = N - r + K; \tag{1'}$$

dosazením $p_i^* = S_i/s$ za p_i do této rovnice dostáváme

$$N - r + K = s$$

a vzhledem k tomu, že $s = N - m$ a $r = m + n$, konečně

$$K = n.$$

Mají-li býti hodnoty p_i^* řešením rovnice (1), musí tedy nutně být $K = n$.

Z rovnice (8) dostáváme

$$p^* = \frac{s}{N} = \frac{N - r}{NC^*}, \tag{10}$$

je-li p^* a p_i^* řešením rovnice (8), z čehož

$$C^* = \frac{N - r}{s}.$$

Dosadíme-li C^* za C a p^* za p do (6), dostaneme opět

$$K = n .$$

Jestliže nyní s vyhovuje rovnici (10), vidíme ihned, že

$$\begin{aligned} p_i^* &= \hat{p}_i , \\ p^* &= \hat{p} . \end{aligned} \tag{11}$$

Rovnici (10) je možno zřejmě psát ve tvaru

$$sC^* = N - r ,$$

z čehož po vynásobení s^3 dostáváme rovnici třetího stupně pro jednu neznámou s

$$\Phi(s) \equiv (s - S_1)(s - S_2)(s - S_3)(s - S_4) - s^3(s - N + r) = 0 . \tag{12}$$

Stanovením s je dáno m a tím i n a $\hat{p}_i$ a $\hat{p}$.

Z rovnic (11) plyne:

a) $\hat{p}_i = 1$ jen pro $S_i = N - m$, tj. musí být $n = 0$ (a tedy $r = m$);

b) $\hat{p}_i = 0$ pro $S_i = 0$.

K rovnici (12) však můžeme dojíti přímo touto úvahou: počet negativních výsledků (r) je roven součtu skutečně negativních případů (m) a těch positivních případů (s), u nichž selhaly — s pravděpodobností $1 - C^*$ — všechny čtyři metody, tj.

$$r = s(1 - p_1^*)(1 - p_2^*)(1 - p_3^*)(1 - p_4^*) + m .$$

Dosadíme-li za p_i^* a položíme-li $m = N - s$, dostaneme rovnici (12). Protože ale vždy je $s \leqq N$ a uvažovaná hodnota s splňuje vztah (10) — neboť je z něho vypočtena — je i $\dfrac{N - r}{NC^*} \leqq 1$ a tedy vztah (9) je splněn.

5. Je tedy nutno stanovit hodnotu veličiny s, jež je kořenem rovnice (12); tuto rovnici přepíšeme ve tvaru

$$\varphi(x) \equiv (x - S_1)(x - S_2)(x - S_3)(x - S_4) - x^3(x - N + r) = 0 . \tag{12'}$$

Proveďme označení metod tak, že je $0 \leqq S_1 \leqq S_2 \leqq S_3 \leqq S_4 \leqq N$. Protože s musí být nejméně rovno největšímu z S_i a může být nejvýše rovno N, zajímají nás jen ty kořeny rovnice (12′), jež leží v intervalu $(S_4; N)$.

Všimněme si nejprve některých speciálních případů. Je-li $S_4 = N$, je i $s = S_4 = N$. Pro $S_4 < N$ je $s \geqq S_4$; má-li být $s = S_4$, musí být $S_4 = N - r$, což znamená, že výsledky metod M_1, M_2 a M_3 jsou positivní jen u positivních výsledků M_4.

Rovnici (12′) přepíšeme na tvar

$$\begin{aligned} \varphi(x) = {} & [(N - r) - (S_1 + S_2 + S_3 + S_4)]\, x^3 + (S_1S_2 + S_1S_3 + S_1S_4 + \\ & + S_2S_3 + S_2S_4 + S_3S_4)\, x^2 - (S_1S_2S_3 + S_1S_2S_4 + S_1S_3S_4 + \\ & + S_2S_3S_4)\, x + S_1S_2S_3S_4 = 0 . \end{aligned}$$

Koeficient u x^3 je vždy $\leqq 0$; rovnost však nepřichází prakticky v úvahu. Znamenalo by to totiž, že u žádného případu by nesměly být žádné dvě metody positivní, tj. každý případ by byl positivní pouze pro jednu metodu. Tento případ absolutního nesouhlasu mezi metodami nebudeme v dalším uvažovat.

Stanovíme nyní počet kořenů rovnice (12′) větších než S_4. Je

$$\varphi(S_4) = -S_4^3(S_4 - N + r);$$

protože ale $S_4 < N - r$ ($S_4 = N - r$ je diskutováno výše), je $\varphi(S_4) > 0$. Pro $x \to \infty$, vzhledem k tomu, že koeficient u x^3 je záporný, máme $\varphi(x) \to -\infty$. Má tedy $\varphi(x)$ v intervalu $\langle S_4; \infty)$ nejméně jeden reálný kořen.

Předpokládejme, že rovnice (12′) má tři reálné kořeny $> S_4$; označme je x_1, x_2, x_3. Můžeme pak psáti $\varphi(x)$ pomocí kořenových činitelů ve tvaru

$$\varphi(x) \equiv A(x - x_1)(x - x_2)(x - x_3), \tag{13}$$

kde

$$A = (N - r) - (S_1 + S_2 + S_3 + S_4).$$

Vztah (13) rozepíšeme podle mocnin x a srovnáme koeficient lineárního členu a absolutní člen s obdobnými členy rovnice (12′). Dostaneme

$$-(S_1S_2S_3 + S_1S_2S_4 + S_1S_3S_4 + S_2S_3S_4) = A(x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3),$$

$$S_1S_2S_3S_4 = A(-x_1x_2x_3).$$

Dělením těchto dvou rovností dostáváme vztah

$$\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \frac{1}{S_4} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3}.$$

Podle předpokladu však $x_i > S_4$, tj. obecně bude $x_i > S_i$ pro $i = 1, 2, 3$ (neboť rovnice (12′) nemá trojnásobný kořen) a tedy

$$\frac{1}{x_i} < \frac{1}{S_i},$$

z čehož ihned plyne, že výšeuvedená rovnost součtů $1/S_i$ a $1/x_i$ neplatí. Má tedy rovnice (12′) právě jeden reálný kořen větší než S_4.

Hledejme podmínku, pro kterou tento kořen je $\leqq N$. Protože $\varphi(S_4) > 0$, bude uvažovaný kořen $\leqq N$ v případě, že $\varphi(N)$ bude záporné nebo rovno nule. Z podmínky

$$\varphi(N) = (N - S_1)(N - S_2)(N - S_3)(N - S_4) - N^3r \leqq 0$$

plyne, že — pro dané hodnoty S_i a N — musí být hodnota r „přiměřeně veliká", totiž

$$r \geqq \frac{(N - S_1)(N - S_2)(N - S_3)(N - S_4)}{N^3}. \tag{14}$$

Uvažujme určitou pětici čísel S_1, S_2, S_3, S_4, N. Jestliže metody M_i mají hodně souhlasných výsledků, tj. positivní výsledky se překrývají, bude r velké. Čím více se však metody ve výsledcích budou lišit, tím je r menší a tedy stanovení p je obtížnější, pro určitou míru neshody pak nemožné (viz (14)).

6. Z celkového počtu $4(N - m)$ možných positivních výsledků bylo skutečně positivních $S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = H$, tj. relativní četnost positivních výsledků u dané čtveřice metod je

$$\pi = \frac{H}{4(N - m)}.$$

Účinnost dané čtveřice metod je dána pravděpodobností P, že positivní případ bude alespoň jednou z metod označen jako positivní; pravděpodobnost selhání všech čtyř metod je ale $1 - C$ a tudíž $P = C$.

Z uvažovaných čtyř metod pochopitelně zvolíme onu s maximálním $\hat{p}_i$ (tj. s maximálním S_i) pro používání v rutinní praxi. Srovnání dvou metod (zda jedna je statisticky významně lepší než druhá) se provede — nezávisle na ostatních metodách — podle [1].

7. Položme si hypothesu, že $p_i = p_M =$ konstanta $(0 < p_M < 1)$. Anulováním derivace logaritmu věrohodnostní funkce podle p a p_M dostaneme (analogicky jako v odst. 3) jednak

$$\frac{\partial \log L}{\partial p} = \frac{N - r}{p} + \frac{r[(1 - p_M)^4 - 1]}{p(1 - p_M)^4 + 1 - p} = 0,$$

z čehož

$$\hat{p} = \frac{N - r}{N[1 - (1 - p_M)^4]}, \tag{15}$$

jednak

$$\frac{\partial \log L}{\partial p_M} = \frac{H}{p_M} - \frac{4(N - r) - H}{1 - p_M} - \frac{4\hat{p}r(1 - p_M)^3}{\hat{p}(1 - p_M)^4 + 1 - \hat{p}} = 0, \tag{16}$$

kde H je celkový počet positivních výsledků pro všechny čtyři metody u všech $N - m$ prokázaně positivních případů a $4(N - r) - H$ je obdobný počet negativních výsledků. Jmenovatel posledního zlomku v rovnici (16) je možno psát — jak plyne z (15) —

$$\begin{aligned} 1 - \hat{p}[1 - (1 - p_M)^4] &= 1 - \frac{N - r}{N} \\ &= \frac{r}{N}. \end{aligned}$$

Rovnici (16) pak píšeme

$$\frac{H}{p_M} - \frac{4(N - r) - H}{1 - p_M} = 4\,\hat{p}N(1 - p_M)^3$$

a po dosazení za $\hat{p}$

$$\frac{H}{p_M} - \frac{4(N-r) - H}{1 - p_M} = \frac{4(N-r)(1-p_M)^3}{1-(1-p_M)^4}.$$

Po vynásobení $p_M(1-p_M)[1-(1-p_M)^4]$ dostáváme vztah

$$H[1-(1-p_M)^4] = 4p_M(N-r)\,, \tag{17}$$

což je rovnice třetího stupně pro $p_M(\neq 0)$.

Z rovnice (17) plyne

$$p_M^3 - 4p_M^2 + 6p_M - 4\left[1 - \frac{N-r}{H}\right] = 0\,, \tag{18}$$

přičemž

$$1 - \frac{N-r}{H} \geqq 0\,,$$

protože musí být

$$N - r \leqq H \leqq 4(N-r)\,. \tag{19}$$

Kořeny rovnice (18) najdeme rozborem funkce

$$\varphi(p_M) = p_M^3 - 4p_M^2 + 6p_M = p_M(p_M^2 - 4p_M + 6)\,,$$

přičemž se pochopitelně omezíme jen na interval (0; 1).

Funkce $\varphi(p_M)$ nemá ani maximum ani minimum a má inflexi v $p_M = \frac{4}{3}$. Je $\varphi(0) = 0$ a $\varphi(1) = 3$, čili funkce je v (0; 1) rostoucí. Rovnice (18) má tedy v tomto intervalu právě jeden kořen za předpokladu, že

$$4\left[1 - \frac{N-r}{H}\right] \leqq 3\,,$$

což ale vede k pravé nerovnosti (19), tj. rovnice (18) má v intervalu (0; 1) vždy právě jeden reálný kořen, který označíme $\hat{p}_M$.

Pomocí $\hat{p}_M$ se stanoví $\hat{p}$; k napozorovaným četnostem a, b_1 až b_4 atd. je pak možno napočítat četnosti očekávané za předpokladu platnosti výše uvedené hypothesy (tyto očekávané četnosti jsou zřejmě $N\hat{p}\hat{p}_M^4$, $N\hat{p}\hat{p}_M^3(1-\hat{p}_M)$ atd.) a shodu testujeme Pearsonovým testem dobré shody. Vypočtená hodnota χ^2 má χ^2-rozdělení se 13 stupni volnosti (17 četností — 1 st. v. pro úhrnný počet — 2 st. v. pro odhadované parametry — 1 st. v. pro „smíchané" četnosti m a n).

8. **Příklad.** Byla zkoumána přítomnost protilátek proti plísním v seru 39 osob čtyřmi serologickými metodami:

M_1 ...... haemaglutinace,
M_2 ...... praecipitace,
M_3 ...... latexová aglutinace,
M_4 ...... kolodiová aglutinace.

Každé serum bylo zkoušeno všemi čtyřmi uvedenými metodami s přidáním určitého antigenu.[1])

Výsledky:

Pro $N = 39$ případů bylo z materiálu zjištěno:

$$S_1 = 1\,, \quad S_2 = 9\,, \quad S_3 = 13\,, \quad S_4 = 28\,, \quad r = 6\,.$$

Dosazením do rovnice (12) dostaneme

$$s^3 - 43{,}5s^2 + 225s - 182 = 0\,,$$

z čehož substitucí

$$s = x + 14{,}5$$

dostáváme rovnici

$$x^3 - 405{,}75x - 3016{,}75 = 0\,;$$

její jediný reálný kořen je

$$x_1 = 23{,}153\,,$$

z čehož

$$s = 37{,}653\,.$$

Dostáváme tak:

$$\begin{aligned} m &= 1{,}347\,,\\ n &= 4{,}653\,,\\ \hat{p} &= 0{,}965\,,\\ \hat{p}_1 &= 0{,}0265\,,\\ \hat{p}_2 &= 0{,}2390\,,\\ \hat{p}_3 &= 0{,}3453\,,\\ \hat{p}_4 &= 0{,}7436\,. \end{aligned}$$

Literatura

[1] *V. Malý:* The comparing of two methods in microbiology. Annals of the Institute of Statistical Mathematics, Tokyo, Vol. IX, No 2, str. 109.

Резюме

СРАВНЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ НАЛИЧИЯ МИКРОБОВ

ВЛАДИМИР МАЛЫ (Vladimír Malý)

Большинство производимых в биологии и в медицине измерений сопровождается значительной ошибкой измерения; так же и при установлении наличия определенного знака у ряда отдельных лиц не будет этот знак

[1]) Příklad je vybrán z práce MUDr. A. Tomšíková a j.: Antikörper gegen Penicillia und Aspergilli, Zeitschrift für Immunitätsforschung, v tisku, jejíž problematika vedla k řešení, uvedenému v tomto článku.

у нескольких процентов случаев обнаружен, хотя он у наблюдаемых лиц имеется. Установление того или другого знака путем комбинации нескольких методов, конечно, увеличивает достоверность наших знаний; надо однако решить, какой из методов наблюдения является наиболее выгодным, т. е. где вероятность того, что допустим ошибку, является наименьшей, или же не является ли некоторый из примененных методов настолько недостоверным, что его применение — ввиду достоверности других методов — оказывается не экономичным.

С точки зрения биологии также важно уметь оценить проценты случаев, у которых при использовании данной комбинации методов не будет ни одним методом потверждено наличие наблюдаемого знака; знание этих процентов позволяет работникам приобречь критический взгляд на материал и методы и принуждает их быть осторожными при выводе заключений.

Zusammenfassung

EIN VERGLEICH DER ZUVERLÄSSIGKEIT VERSCHIEDENER METHODEN ZUR FESTSTELLUNG DER ANWESENHEIT VON MIKROBEN

VLADIMÍR MALÝ

Die biologischen und medizinischen Messungen sind oft durch einen recht grossen Messungsfehler gekennzeichnet; ebenso wird bei der Feststellung der Anwesenheit eines gewissen Kennzeichens auf einer Reihe von Elementen in einem bestimmten Prozentenzahl der Fälle die Anweisenheit nicht erwiesen, auch in dem Fall wenn das Kennzeichen anwesend ist. Die Feststellung durch Kombination verschiedener Methoden erhöht natürlicherweise die Zuverlässigkeit unserer Kenntnisse; es ist jedoch notwendig zu entscheiden, welche der Beobachtungsmethoden die beste ist, d. h. die die kleinste Wahrscheinlichkeit des Fehlers hat, eventuell ob eine der Methoden nicht insofern unzuverlässig ist, dass ihre Anwendung mit Rücksicht auf die Zuverlässigkeit der angewendeten Methoden unoekonomisch ist.

Vom biologischen Standpunkt aus ist es ebenfalls wichtig den Prozentsatz der Fälle abschätzen zu können, bei denen für die gegebene Kombination der Methoden die Anwesenheit des untersuchten Kennzeichens durch keine von diesen erwiesen wurde; die Kenntnis dieses Prozentsatzes ermöglicht es dem Wissenschaftler einen kritischen Standpunkt zu dem Material und den Methoden einzunehmen und führt zur Vorsicht bei Schlussfolgerungen.