

VÝPOČET KRITÉRIA CHÍ-KVADRÁT

na kalkulátoru TI – 58 C

Pavel Pejchal

V přírodovědeckých a společenských výzkumech se pro ověření statistické závislosti mezi proměnnými dvou znaků určitého jevu běžně používá testu chí-kvadrát. Výpočet hodnoty chí-kvadrát pro tabulky 4×4 a větší je úmornou záležitostí a proto se tato práce svěřuje samočinným počítačům. V nerozsáhlých výzkumech je však mnohdy rychlejší využít takové výpočetní techniky, jakou jsou programovatelné kalkulátory. Předpokládaný program byl vytvořen pro kalkulátor TI-58 C, jistě by se však dal přizpůsobit i pro jiné přístroje.

Program vychází ze vzorce

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(f_{ij} - f_{o-ij})^2}{f_{o-ij}}$$

kde

$$f_{o-ij} = \frac{f_i \cdot f_j}{N}$$

který byl pro účely programu převeden do formy

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \frac{(N \cdot f_{ij} - f_i \cdot f_j)^2}{N \cdot f_i \cdot f_j}$$

Jednotlivé výrazy znamenají:

N = celkový počet pozorovaných četností,

f_{ij} = dílčí pozorované četnosti (jednotlivá políčka tabulky),

f_i, f_j = svislé a vodorovné marginální četnosti,

f_{o-ij} = tzv. teoretické četnosti pro jednotlivá políčka tabulky,

Program, který umožňuje vypočítat chí-kvadrát pro tabulky maximálně 5×5 (samozřejmě je však možno počítat tabulky libovolně menší, např. $5 \times 4, 5 \times 3, 3 \times 2$ apod.), zajišťuje:

a) postupné „prohlížení“ všech políček tabulky;

b) výpočet dílčích hodnot v každém obsazeném políčku tabulky a jejich postupné sčítání; při ukončení každého dílčího výpočtu displej „blikne“ příslušnou

hodnotu, což umožňuje kontrolovat práci kalkulátoru;

c) pominutí všech neobsazených („nulových“) políček u tabulek menších, než 5×5 ;

d) zobrazení konečného výsledku.

Program by bylo možno rozšířit o sekvenci, umožňující pohodlné vkládání výchozích dat do paměti bez pracného adresování do jednotlivých paměťových registrů, kapacita paměti TI-58C je však pro tento účel nedostatečná. Stejně tak u kalkulátorů s větší pamětí by bylo možno program přepracovat i pro větší rozměry tabulky, než je 5×5 .

Registry paměti jsou obsazeny následujícím způsobem:

R₀₀ sčítání dílčích výsledků a celkový výsledek

R₀₁₋₀₅ hodnoty svislých okrajových četností

R₀₆₋₃₀ hodnoty pozorovaných (tabulkových) četností

R₃₁₋₃₅ hodnoty vodorovných okrajových četností

R₃₆ N (celkový počet pozorovaných četností)

R₃₇ čítač tabulkových četností

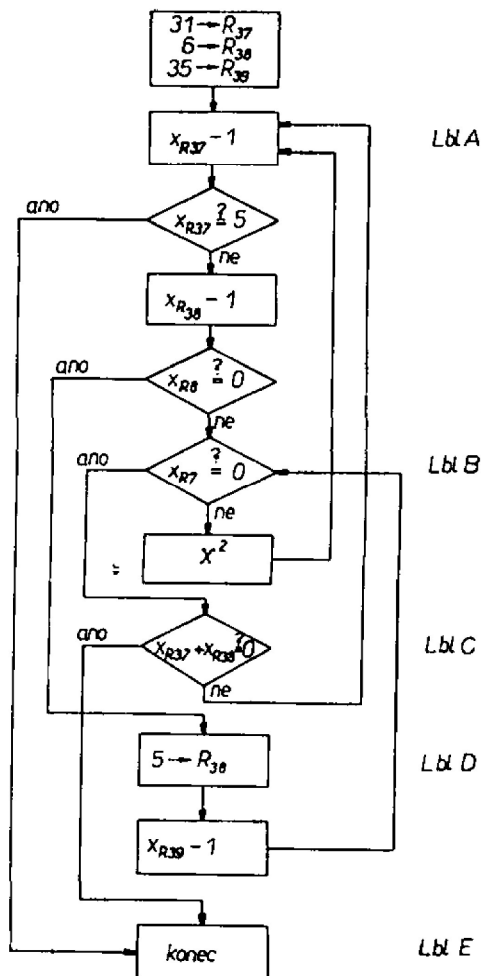
R₃₈ čítač svislých okrajových četností

R₃₉ čítač vodorovných okrajových četností

Před každým výpočtem je nutno funkcí **2nd CMs** vymazat datové registry a vložit do jednotlivých registrů data podle tohoto schématu:

R_{30}	R_{25}	R_{20}	R_{15}	R_{10}	R_{05}
R_{29}	R_{24}	R_{19}	R_{14}	R_{09}	R_{04}
R_{28}	R_{23}	R_{18}	R_{13}	R_{08}	R_{03}
R_{27}	R_{22}	R_{17}	R_{12}	R_{07}	R_{02}
R_{26}	R_{21}	R_{16}	R_{11}	R_{06}	R_{01}
R_{35}	R_{34}	R_{33}	R_{32}	R_{31}	R_{36}

Máme-li vypočítat tabulku menší, než 5×5 , obsazujeme registry od levého horního rohu, do registrů, odpovídajících prázdným políčkům tabulky, nevkládáme nic – jsou vynulovány. Marginální četnosti vkládáme u menších tabulek počínaje od R_{05} a od R_{35} .



Program, znázorněný příslušným vývojovým diagramem, má toto složení:

pasáž, zajišťující „nastartování“ čítačů na potřebné výchozí hodnoty:
31 2nd Exc 37 6 2nd Exc 38 35 2nd Exc 39

Pasáž, zajišťující „probíhání“ políček:
2nd Lbl A 1 +/- SUM 37 2nd CP 5 $x \Rightarrow t$
RCL 37 2nd $x=t$ E 1 +/- SUM 38 2nd CP 0
 $x \Rightarrow t$ RCL 38 2nd $x=t$ D 2nd Lbl B 0 $x \Rightarrow t$
RCL 2nd Ind 37 2nd $x=t$ C

pasáž, zajišťující dílčí výpočet pro každé jednotlivé políčko:

RCL 36 x RCL 2nd Ind 37 – (RCL 2nd Ind 38 x RCL 2nd Ind 39) = x^2 : RCL 36 : RCL 2nd Ind 38 : RCL 2nd Ind 39 = SUM 00 2nd Pause GTO A

pasáž, zajišťující zbytek a ukončení výpočtu:

2nd Lbl C 2nd CP RCL 2nd Ind 38 + RCL 2nd Ind 39 = $x \Rightarrow t$ 0 2nd $x=t$ E GTO A 2nd Lbl D 5 2nd Exc 38 1 +/- SUM 39 GTO B 2nd Lbl E RCL 00 R/S

Před započítáním konkrétních výpočtů je výhodné ověřit si správnost naprogramování kalkulátoru kontrolním příkladem. Vložíme-li např. do paměti podle dříve znázorněného schématu tuto tabulku:

5	6	8	19	20	58
12	13	9	26	8	68
19	12	12	13	13	69
7	15	8	32	8	70
9	7	9	9	13	47
52	53	46	99	62	312

zobrazí se nám při správném naprogramování na displeji výsledná hodnota chí-kvadrát = 37,12183238.

Poznamenáváme ještě, že program je určen těm uživatelům TI-58C, kteří nevlastní „statistický“ programový modul – v něm je totiž výpočet chí-kvadrát už zabudován. Výpočet tabulky 5×5 trvá asi 1,5 minuty.