

Metodické poznámky

Podrobné úmrtnostní tabulky za Českou republiku a její regiony soudržnosti a kraje jsou založeny na III. hlavních souborech demografických událostí. Vstupní pravděpodobnosti úmrtí jsou vypočteny nepřímou metodou, tj. odvozeny ze specifických měr (u_x). Tabulky jsou podrobné, tj. s jednoletým věkovým intervalem, odděleně pro muže a ženy. S ohledem na vyloučení nahodilých výkyvů jsou tabulky regionů soudržnosti a krajů zpracovány za dvouleté kalendářní období.

Ukazatele úmrtnostních tabulek

- *počet zemřelých (D_x)* uvádí absolutní počet zemřelých podle věku (x) za dané území během daného období

- *počet obyvatel (P_x)* uvádí absolutní počet obyvatel k 1. 7. daného roku na daném území podle věku (v případě úmrtnostních tabulek za regiony soudržnosti a kraje jde o součet stavů k 1. 7. daných let)

- *pravděpodobnost úmrtí (q_x)* vyjadřuje pravděpodobnost, že osoba dožívající se přesného věku x let v daném období (tj. před dosažením věku $x+1$) zemře:

$$q_x = 1 - e^{-u_x}$$

- *tabulkový počet dožívajících (l_x)* je hypotetický počet osob, které se dožijí věku x let ze 100 000 živě narozených (kořen tabulky - l_0) při zachování řádu úmrtnosti sledovaného období:

$$l_{x+1} = l_x \cdot (1 - q_x)$$

- *tabulkový počet zemřelých (d_x)* vyjadřuje hypotetický počet zemřelých osob v dokončeném věku x let; je počítán jako rozdíl dvou po sobě jdoucích tabulkových počtů dožívajících:

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

- *tabulkový počet žijících (L_x)* je hypotetický průměrný počet žijících v dokončeném věku x let; počítá se (kromě věku 0) jako průměr ze dvou po sobě jdoucích tabulkových počtů dožívajících:

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$$

Tabulkový počet žijících ve věku 0 je odvozen z přesného rozložení zemřelých kojenců v daném období podle ročníku narození. Koeficient α (alfa) udává, jaký podíl zemřelých ve věku 0 v daném roce (ve III. hlavním souboru událostí) pochází z generace narozených daného roku. Při výpočtu úmrtnostních tabulek za regiony soudržnosti a kraje je aplikován koeficient vypočtený z rozložení zemřelých kojenců v I. hlavním souboru událostí (pro dané dvouleté období) v celé České republice.

$$L_0 = l_0 - \alpha \cdot d_0$$

- *pomocný ukazatel (T_x)* vyjadřuje počet let života, které má tabulková generace (nikoliv jednotlivec) v daném věku ještě před sebou, a je dán kumulací počtu žijících L_x od nejvyššího věku tabulky $\omega-1$ až po věk x :

$$T_x = T_{x+1} + L_x$$

$$T_x = \sum_{\omega-1}^x L_x$$

- *střední délka života neboli naděje dožití (e_x)* udává průměrný počet let, který má naději prožít osoba právě x -letá při zachování řádu úmrtnosti sledovaného období. Jedná se o syntetický ukazatel, který odráží úmrtnostní poměry ve všech věkových skupinách.

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Výpočet vstupní pravděpodobnosti úmrtí pro podrobnou úmrtnostní tabulku

Vstupní data:

- počet zemřelých (D) podle pohlaví a jednotek věku (x) v daném roce/daných letech
- počet zemřelých ve věku 0 v ČR podle ročníku narození
- počet obyvatel (P) podle pohlaví a jednotek věku (x) na daném území k 1.7. daného roku/daných let
- počet živě narozených (N^v) podle pohlaví v daném roce/daných letech

Postup:

1. Z empirických dat vypočteme pro věk $x \geq 1$ specifickou míru úmrtnosti (\dot{u}_x), jakožto podíl zemřelých daného věku a pohlaví a středního stavu obyvatel daného věku a pohlaví v dané územní jednotce:

$${}_t\dot{u}_x^{CR} = \frac{{}_tD_x}{1.7.(t)P_x} \qquad {}_{t-1,t}\dot{u}_x^{oblast,kraj} = \frac{{}_{t-1}D_x + {}_tD_x}{1.7.(t-1)P_x + 1.7.(t)P_x}$$

2. Vypočteme pravděpodobnost úmrtí, která je založena na spojitě funkci $q_x = 1 - e^{-\dot{u}_x}$. Pravděpodobnost úmrtí ve věku 0 je rovna tzv. kojenecké úmrtnosti, podílu zemřelých ve věku 0 a živě narozených v daném období.

$${}_tq_0^{CR} = \frac{{}_tD_0}{{}_tN^v} \qquad {}_{t-1,t}q_0^{oblast,kraj} = \frac{{}_{t-1}D_0 + {}_tD_0}{{}_{t-1}N^v + {}_tN^v}$$

3. Pro odstranění náhodných výkyvů jsou hodnoty pravděpodobnosti úmrtí od věku 4 let vyrovnány pomocí vzorce:

$$q_x^{vyrovn} = [105 \cdot q_x + 90 \cdot (q_{x-1} + q_{x+1}) + 45 \cdot (q_{x-2} + q_{x+2}) - 30 \cdot (q_{x-3} + q_{x+3})] / 315$$

4. Vzhledem k malé velikosti souboru zemřelých ve vyšším věku (a tudíž většímu kolísání empirických hodnot) se pravděpodobnost úmrtí přibližně od věku 80 let odvozuje (extrapoluje) pomocí Gompertz-Makehamova vzorce $\log p_x = a + b \cdot c^x$.

Vstupní charakteristikou pro Gompertz-Makehamovu formuli je přirozený logaritmus pravděpodobnosti dožití, odvozený z vyrovnané hodnoty pravděpodobnosti úmrtí:

$$\ln p_x^{vyrovn} = \ln(1 - q_x^{vyrovn})$$

Český statistický úřad používá King-Hardyho metodu, při které extrapolace vychází ze soustavy rovnic (R_1, R_2, R_3) pro tři stejně dlouhé po sobě jdoucí intervaly, kde d je délka intervalu a x_0 věk na počátku prvního intervalu (zde $x_0 = 60$ a $d = 8$).

$$R_1 = \sum_{i=x_0}^{x_0+d-1} \ln p_i^{vyrovn} \qquad R_2 = \sum_{i=x_0+d}^{x_0+2d-1} \ln p_i^{vyrovn} \qquad R_3 = \sum_{i=x_0+2d}^{x_0+3d-1} \ln p_i^{vyrovn}$$

5. Konstanty a, b, c obsažené v Gompertz-Makehamově formuli charakterizující sílu úmrtnosti vypočteme podle vztahů:

$$c^d = \frac{R_3 - R_2}{R_2 - R_1} \qquad c = \sqrt[d]{c^d} \qquad b = \frac{(c-1) \cdot (R_2 - R_1)}{c^{x_0} \cdot (c^d - 1)^2} \qquad a = \left[R_1 - \frac{(R_2 - R_1)}{(c^d - 1)} \right] / d$$

6. Dosazením a , b , c do Gompertz-Makehamova vzorce vypočteme pro věk $x \geq 71$ modelové pravděpodobnosti dožití $r_x = \exp(a + b \cdot c^x)$ a najdeme věk y ($y \geq 75$), pro který nabývá odchylka $|\rho_x^{\text{vyrovn}} - r_x|$ minimální hodnoty. Od věku y pak pravděpodobnost úmrtí nejlépe vystihuje funkce q_x^{GM} , která je doplňkem funkce r_x do jedné. Přechod na extrapolované hodnoty je upraven vyrovnáním hodnot pro věk $z = (y - 4), \dots, (y + 4)$:

$$q_z^{GM} = 1 - \left[\left(1 - \frac{z - y + 5}{10}\right) \cdot p_z^{\text{vyrovn}} + \frac{z - y + 5}{10} \cdot r_z \right]$$

Shrnutí: Pro výpočet úmrtnostní tabulky jsou tedy vstupními hodnotami následující pravděpodobnosti úmrtí:

- pro věk 0..... kojenecká úmrtnost
- pro věk 1, 2, 3 pravděpodobnosti odvozené ze specifických měř úmrtnosti
- pro věk 4 až $(y - 5)$ pravděpodobnosti vyrovnané
- pro věk $(y - 4)$ až $\omega - 1$ pravděpodobnosti vyrovnané a extrapolované