

come *normale bivariata*, con incertezze nella direzione delle due coordinate (σ_x, σ_y) nell'ipotesi semplificativa che le due coordinate non siano correlate ($\sigma_{xy}=0$).

Secondo le normative standard "ISO/TC 211": "TS 19138 – Geographic information – Data quality measures" – N 2029 del 5 giugno 2006, si deve utilizzare il *Circular Error al 99,8%* ($CE99$) pari a:

$$CE99 = \frac{3,51}{\sqrt{2}\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}}$$

Nell'ipotesi che $\sigma_x = \sigma_y = \sigma = 0,2\text{mm} \times n$ si ha:

$$CE99 = \frac{3,51}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \frac{3,51}{\sqrt{2}} \sqrt{2\sigma^2} = 3,51 \sim \sigma = 0,702 \text{ mm} \times n$$

da cui:

- per una cartografia in scala 1:1000 otteniamo $CE99 = 0,70 \text{ m}$
- per una cartografia in scala 1:2000 otteniamo $CE99 = 1,40 \text{ m}$

Operando tra due rappresentazioni cartografiche differenti ciascuna caratterizzata da una propria incertezza occorre combinare i due $CE99$ per ottenere il $CE99$ complessivo, ovvero

$$CE99_{\Delta} = \sqrt{CE99_{carta \sim 1}^2 + CE99_{carta \sim 2}^2}$$

Differenze inferiori al $CE99_{\Delta}$ non sono significative.

Nel caso in cui la cartografia fotogrammetrica, ad esempio, di progetto fosse alla scala 1:1000 mentre quella catastale è alla scala 1:2000, come sempre nel caso extra urbano, si ha:

$$CE99_{\Delta} = \sqrt{CE99_{1:1000}^2 + CE99_{1:2000}^2} = \sqrt{0,70^2 + 1,40^2} = \sqrt{2,45} = 1,57 \text{ m}$$

Nelle normative internazionali viene comunemente utilizzato il $CE95_{\Delta}$ e in questo caso il valore risulta:

$$CE95_{\Delta} = \frac{2,4477}{\sqrt{2}} \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = \frac{2,4477}{\sqrt{2}} \sqrt{2\sigma^2} = 2,4477\sigma = 0,49 \text{ mm} \times n$$

- per una cartografia in scala 1:1000 otteniamo $CE95 = 0,49 \text{ m}$
- per una cartografia in scala 1:2000 otteniamo $CE95 = 0,98 \text{ m}$

$$CE95_{\Delta} = \sqrt{CE95_{carta \sim 1}^2 + CE95_{carta \sim 2}^2} = \sqrt{0,49^2 + 0,98^2} = \sqrt{1,20} = 1,097 \text{ m}$$

Il valore $CE95$ viene comunemente utilizzato nelle normative internazionali come indice di qualità per l'accuratezza di variabili bidimensionali. In questo caso si utilizza come valore di *tolleranza* per le variabili casuali bidimensionali.

Fatta questa premessa vediamo come si deve procedere quando si progetta, ad esempio, un viadotto su una scala 1:1.000 fotogrammetrica, naturalmente collaudata, che deve tener conto della carta catastale dei luoghi, supponiamo aggiornata alla scala 1:2.000. Le disposizioni della gara d'appalto prescrivono sempre norme che devono tener conto delle realtà catastali, ovvero del possesso espresso dalle particelle e quindi vi è sempre il cosiddetto piano particellare di esproprio a base di gara. Le scale catastali utilizzate nella rappresentazione sono differenti in funzione della conformazione orografica del territorio e della diversa rilevanza urbanistica ed economica dei terreni. In particolare le Agenzie del Territorio forniscono carte alle seguenti scale:

- 1:4.000 per aree di montagna o alta collina scarsamente edificate;
- 1:2.000 per zone di media collina o pianura con edificazione prevalentemente rurale, zone montane di fondovalle con tessuto particellare agricolo rilevante, zone urbane con modesta edificazione;
- 1:1.000 zone urbane con edificazione rilevante;