



Andrea Manganaro

Tecniche di campionamento a confronto per i sistemi di audit regionali



salone
dell'informazione
statistica

Definizione del problema

- Le regioni finanziano ogni anno diverse attività tramite due fondi europei: il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) ed in Fondo Europeo Sociale (FES);
- Ogni regione, tramite la propria Autorità di Audit (AdA), ha il compito di controllare che gli importi finanziati siano spesi correttamente;
- A tal fine, ogni anno viene estratto, per ciascun fondo, un campione delle operazioni certificate l'anno precedente su cui effettuare il controllo.
- **Obiettivo: stimare la spesa non corretta nell'universo, a partire da quella riscontrata nel campione.**



Metodi di campionamento

- Sulla base delle indicazioni della Commissione Europea, contenute nella “*Guidance note on sampling methods for audit*”, i metodi statistici di campionamento si possono riassumere sostanzialmente in due grandi famiglie:
- **Campionamento casuale** (CC), che può essere semplice, stratificato o in due periodi;
- **Monetary Unit Sampling** (MUS), anch'esso declinabile in “approccio standard”, stratificato o in due periodi; per il MUS è previsto anche un “approccio conservativo”.



Metodi di campionamento

- I due gruppi di tecniche di campionamento si caratterizzano per il fatto che:
 - A. Con il **CC** ogni operazione estratta è rappresentativa di un certo numero di operazioni dell'universo;
 - B. Con il **MUS**, invece, ogni operazione è rappresentativa di una “unità monetaria”, ovvero di una frazione pari a $1/n$ dell'importo complessivo delle operazioni certificate nell'anno precedente (questo importo è chiamato *Book Value* o BV).



Metodi di campionamento

- Il MUS è un campionamento sistematico: il “passo di campionamento” (PS) è pari al rapporto BV/n ;
- Si estrae un numero casuale (NC) compreso tra 0,01 e PS;
- La prima operazione che entra a far parte del campione è quella per cui la cumulata degli importi supera NC;
- Le successive operazioni che entrano a far parte del campione sono quelle per cui la cumulata degli importi supera i valori $PS+NC$, $2PS+NC$, $3PS+NC$, ecc.



Metodi di campionamento

- Pertanto, ogni operazione estratta è rappresentativa di una “unità monetaria” pari a PS;
- Di conseguenza:
 - A. tutte le operazioni di importo superiore a PS (cosiddette *high-value*) fanno parte del campione;
 - B. per le operazioni di importo più basso, la probabilità di far parte del campione è proporzionale al loro importo;



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA

- Per il CC, la numerosità campionaria si calcola attraverso la seguente formula generale: $((N*z*\sigma_e)/(TE-AE))^2$, dove:
 - A. N è la numerosità dell'universo;
 - B. Z è il coefficiente della distribuzione normale standardizzata, associata al livello di affidabilità del sistema di audit;
 - C. σ_e è la deviazione standard degli errori presenti nella popolazione (da stimarsi sulla base degli esiti degli audit degli anni precedenti);
 - D. TE è l'errore massimo consentito, che è pari al 2% del BV;



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA

E. AE è l'errore atteso (*anticipated error*), ed è pari al prodotto tra il tasso di materialità atteso (sulla base degli esiti dell'audit degli anni precedenti) ed il BV;

- Per il MUS, la numerosità campionaria si calcola attraverso la seguente formula generale:
$$((BV * z * \sigma_r) / (TE - AE))^2$$
, dove BV è il *Book Value* (somma degli importi di tutte le operazioni dell'universo) e σ_r è la deviazione standard dei tassi di errore (anche questa da stimarsi sulla base degli esiti degli audit degli anni precedenti);



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA

- Si noti che la numerosità campionaria con il MUS è indipendente non solo da N, ma anche dal BV. Infatti, la formula generale $((BV * z * \sigma_r) / (TE - AE))^2$ è uguale a $((BV * z * \sigma_r) / BV * (0,02 - TM))^2$, dove TM è il tasso di materialità stimato sulla base degli audit degli anni precedenti. Pertanto, la formula si può anche scrivere così: $((z * \sigma_r) / (0,02 - TM))^2$;



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA: UN ESEMPIO CONCRETO

- Esempio concreto tratto dall'universo delle operazioni del FESR della Regione Emilia-Romagna nel 2012:
 - A. l'universo è composto da 286 operazioni;
 - B. l'affidabilità del sistema è alta, si adotta quindi il livello di confidenza minimo richiesto: 60%. Il valore del coefficiente z corrispondente è pari a 0,84;
 - C. la deviazione standard degli errori è stimata sulla base degli esiti dell'audit nei due anni precedenti: nei campioni estratti dalle operazioni del 2010 e del 2011 si è riscontrata una d.v. pari a 19.164,29 €;



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA: UN ESEMPIO CONCRETO

- D. l'importo complessivo delle operazioni facenti parte dell'universo 2012 ammonta a 77.608.209,25 €: questo il *Book Value* (BV);
- E. l'errore massimo ammissibile è pari al 2% del BV, ossia 1.552.164,19 €;
- F. il tasso di materialità, ossia il rapporto tra gli errori riscontrati nelle operazioni dei campioni 2010 e 2011 ed il totale della spesa controllata, è pari a 0,8819%;
- G. l'errore atteso è quindi pari a $BV \cdot 0,008819 = 684.426,80$ €;



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA: UN ESEMPIO CONCRETO

- Di conseguenza, la numerosità del campione da estrarre dall'universo delle operazioni 2012 è pari a $((286 * 0,84 * 19.164,29) / (1.552.164,19 - 684.426,80 \text{ €}))^2 = 28,15$;
- Questo risultato, ottenuto con “l’approccio standard” del CC, è al di sotto del minimo richiesto affinché “regga” il teorema centrale del limite: 30 unità;
- Cosa succede se invece prendiamo in considerazione soltanto l’esito dell’audit 2011, al fine di stimare la materialità e lo SE? Vediamo...



CALCOLO DELLA NUMEROSITA' CAMPIONARIA: UN ESEMPIO CONCRETO

- Nel 2011 la deviazione standard degli errori è un po' più alta rispetto al 2010: 23.696,01 €;
- Il tasso di materialità, invece, è pressoché identico a quello del 2010: 0,8779%;
- Cambiando soltanto questi dati, e tenendo fermi gli altri, la numerosità campionaria sale a 42,73: è una numerosità ragionevole, ma più grande del 50% a fronte di un piccolo incremento dello SE;
- Cosa succede se si adotta un CC stratificato, anziché semplice?



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Stratificando per asse, lo SE negli audit 2010 e 2011 sale a 23.271,33, mentre il tasso di materialità si riduce a 0,81%; ne scaturisce, una numerosità di 36,65 operazioni. Va ancora bene...
- Ma se si considera soltanto il 2011?
- In questo caso, la deviazione standard sale a 30.409,48 €, ed il tasso di materialità medio (ponderato con il peso delle operazioni dei diversi assi) sale a 1,198%.



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Con questi parametri, la numerosità campionaria “esplode” a 137,76;
- La situazione non migliora molto se si ignorano i due errori “anomali” del 2011: la numerosità scende a 103,03.
- E se invece si decidesse di utilizzare come metodo di campionamento il MUS anziché il CC?
- Utilizzando “l’approccio standard”, la deviazione standard dei tassi di errore riscontrati negli audit 2010 e 2011 è stata pari a 0,1947;



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Di conseguenza, la numerosità campionaria da estrarre dall'universo delle operazioni 2012 è pari a $((77.608.209,25 * 0,84 * 0,1947) / (1.552.164,19 - 684.426,80 \text{ €}))^2 = 213,96$. Un risultato impraticabile...
- Supponiamo allora di voler procedere ad un campionamento stratificato per asse;
- A differenza di quanto si è visto con il CC, in questo caso la deviazione standard si riduce sensibilmente: da 0,1947 a 0,1016.



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Questo perché gli errori sono concentrati quasi tutti nell'asse 2, dove ci sono operazioni di importo relativamente contenuto, mentre c'è un solo errore di importo elevato nell'asse 4, che produce un'elevata variabilità degli errori in valore assoluto;
- Nell'universo 2012 le operazioni dell'asse 4 pesano molto, pertanto con il CC la variabilità è più alta se si stratifica;
- Viceversa, ci sono alcuni errori dell'asse 2 che riguardano l'intero importo dell'operazione, producendo così un'elevata variabilità dei tassi di errore in questo asse;
- Poiché nell'universo 2012 le operazioni dell'asse 2 pesano poco, con il MUS la variabilità è più bassa se si stratifica.



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Pertanto, utilizzando il MUS e stratificando per asse, in questo caso si ottiene una numerosità campionaria molto più bassa rispetto all'approccio standard: 51,47;
- Se si considerano soltanto i risultati dell'audit 2011, invece, essendosi riscontrati in quest'anno alcuni errori relativi all'intero importo dell'operazione, la numerosità campionaria torna ad aumentare sensibilmente: 238,24 con l'approccio standard e 151,15 stratificando per asse.



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Esiste, infine, un'ultima tecnica di campionamento, nell'ambito del MUS: l'approccio “conservativo”;
- In questo caso, la numerosità campionaria è in funzione soltanto dell'errore previsto (e quindi del tasso di materialità) e del livello di affidabilità del sistema;
- Infatti, $n = (FC / (0,02 - TM * FE))$, dove TM è il tasso di materialità degli errori; mentre FC (“Fattore di certezza”) FE (“Fattore di espansione dell'errore”) sono due parametri entrambi associati al livello di affidabilità del sistema;



CONFRONTO NUMEROSITA' CAMPIONARIE TRA TECNICHE DIVERSE

- Si noti che con questo approccio se il tasso di materialità tende a 0, n tende ad un valore finito, in funzione della soglia di affidabilità del sistema, e cioè: $n=46$ se l'affidabilità è alta (60% di confidenza); $n=69,5$ se è media (75%) e $n=115,5$ se è bassa (90%);
- Nel nostro caso concreto, con un tasso di materialità pari a circa 0,88% e con un'alta affidabilità del sistema, si ottiene $n = 89,14$. Una numerosità onerosa, ma – a differenza di quella ottenuta con l'approccio standard – ancora praticabile.



CONCLUSIONE

- La numerosità campionaria è in funzione:
 - A. della tecnica di campionamento prescelta;
 - B. da N (nel caso si utilizzi il CC);
 - C. dal parametro z , ovvero dal livello di affidabilità del sistema di audit;
 - D. dalla variabilità degli errori (in generale, oppure per strato; in valore assoluto oppure come tassi di errore);
 - E. dal *Book Value* (nel caso si utilizzi il CC);
 - F. dal tasso di errore previsto (di norma in funzione del tasso di errore materiale riscontrato negli anni precedenti);



CONCLUSIONE

- I parametri N, BV sono oggettivamente dati, quindi non modificabili;
- Il tasso di errore materiale riscontrato negli anni passati e la variabilità degli errori hanno parziali margini di scelta (ad es., si possono aggregare anni diversi oppure no, si possono scegliere eventuali criteri di stratificazione, si possono non considerare alcuni tipi di errori, ecc.);
- La tecnica di campionamento ed il livello di affidabilità del sistema, invece, si possono scegliere un po' più liberamente;



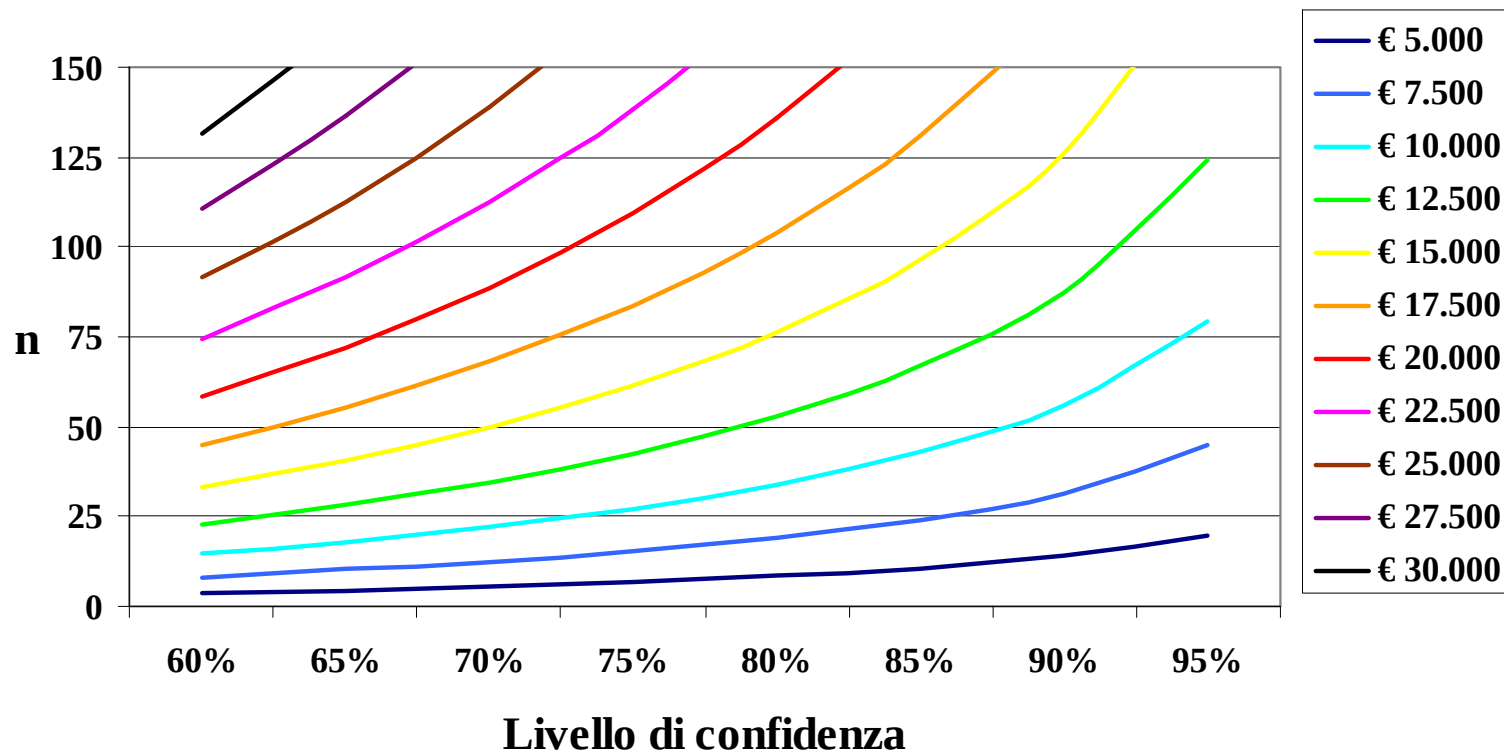
CONCLUSIONE

- Pertanto, l'obiettivo è quello di fare delle scelte tali da poter pervenire alla definizione di una numerosità campionaria quanto più possibile ragionevole.



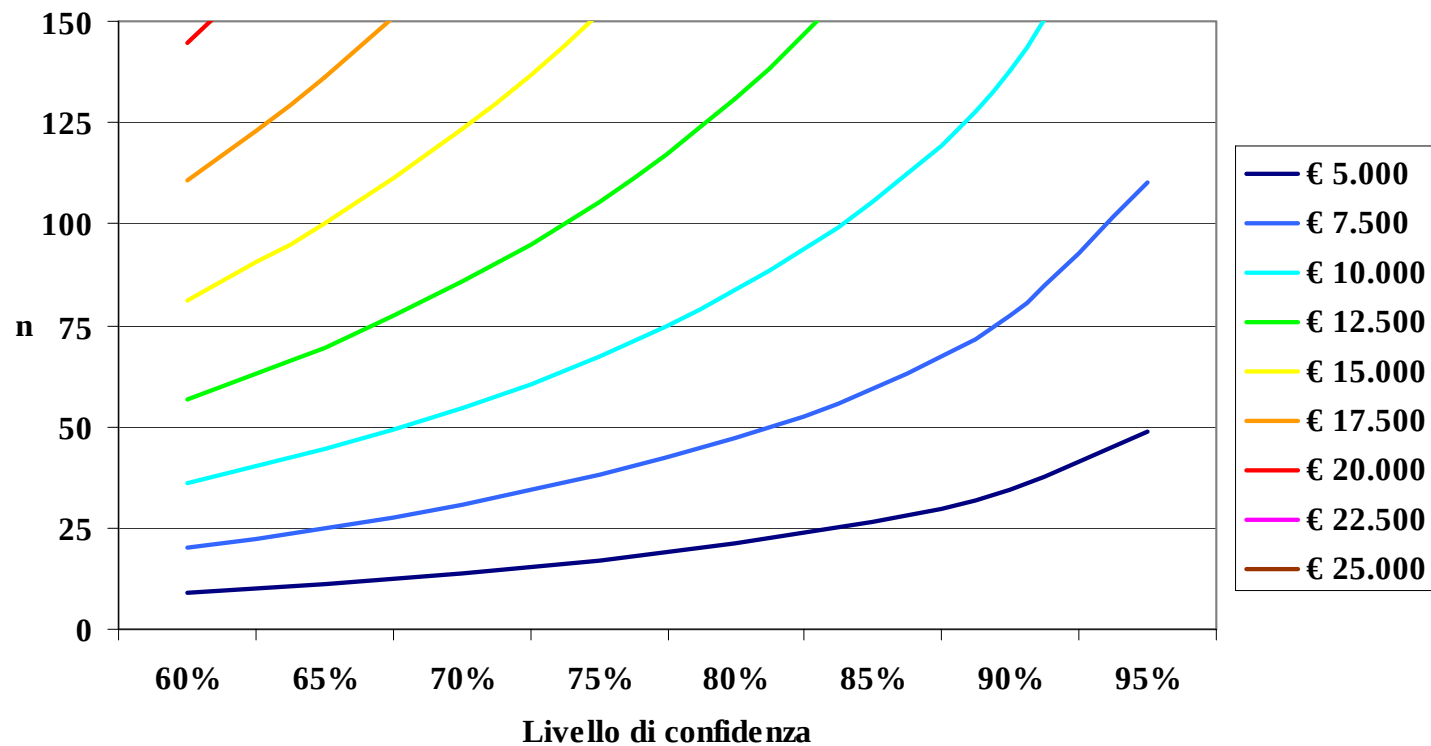
ESEMPI

Numerosità campionaria con CC, al variare del livello di affidabilità del sistema e per diversi livelli di variabilità dell'errore, con $N=500$, tasso di materialità = 0,9% e $BV = 100.000.000 \text{ €}$



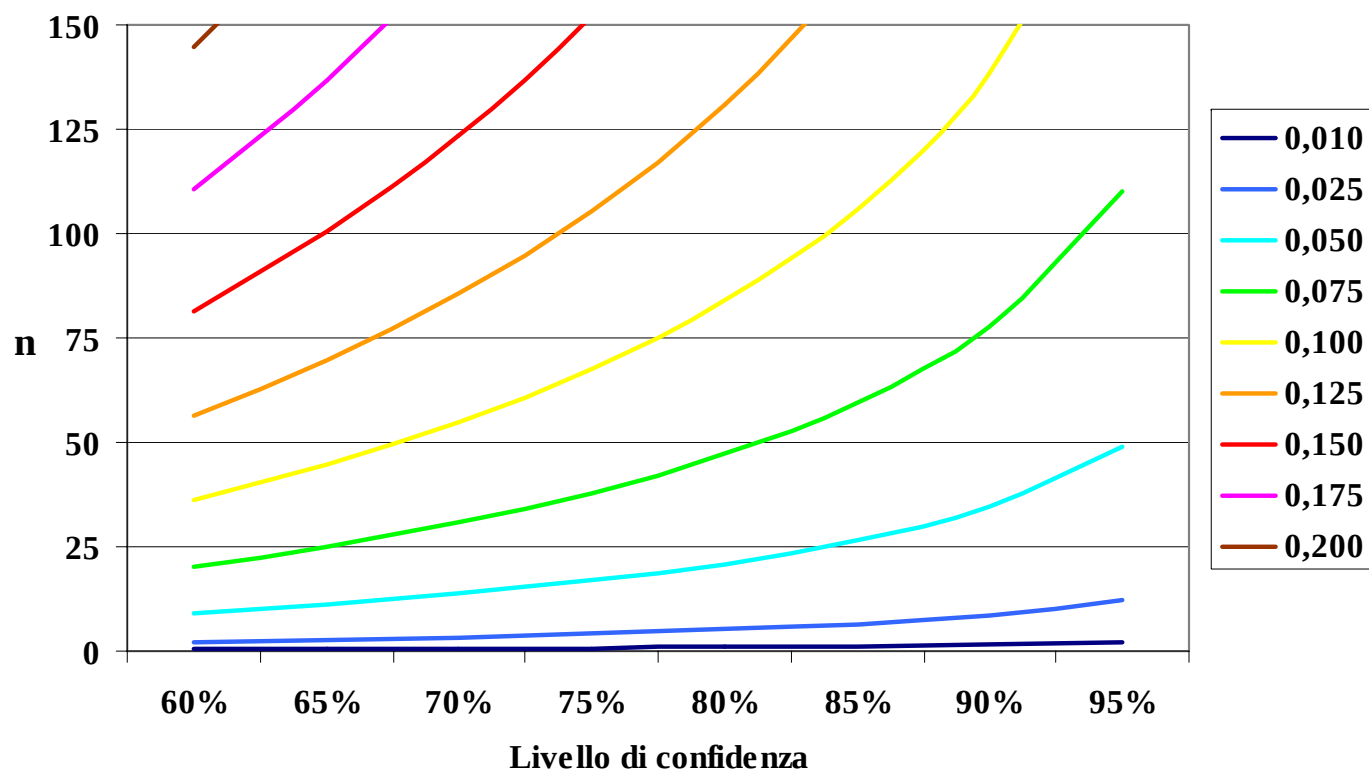
ESEMPI

Numerosità campionaria con CC al variare del livello di affidabilità del sistema e per diversi livelli di variabilità dell'errore, con $N=500$, $BV=50.000.000$ e materialità allo 0,6%



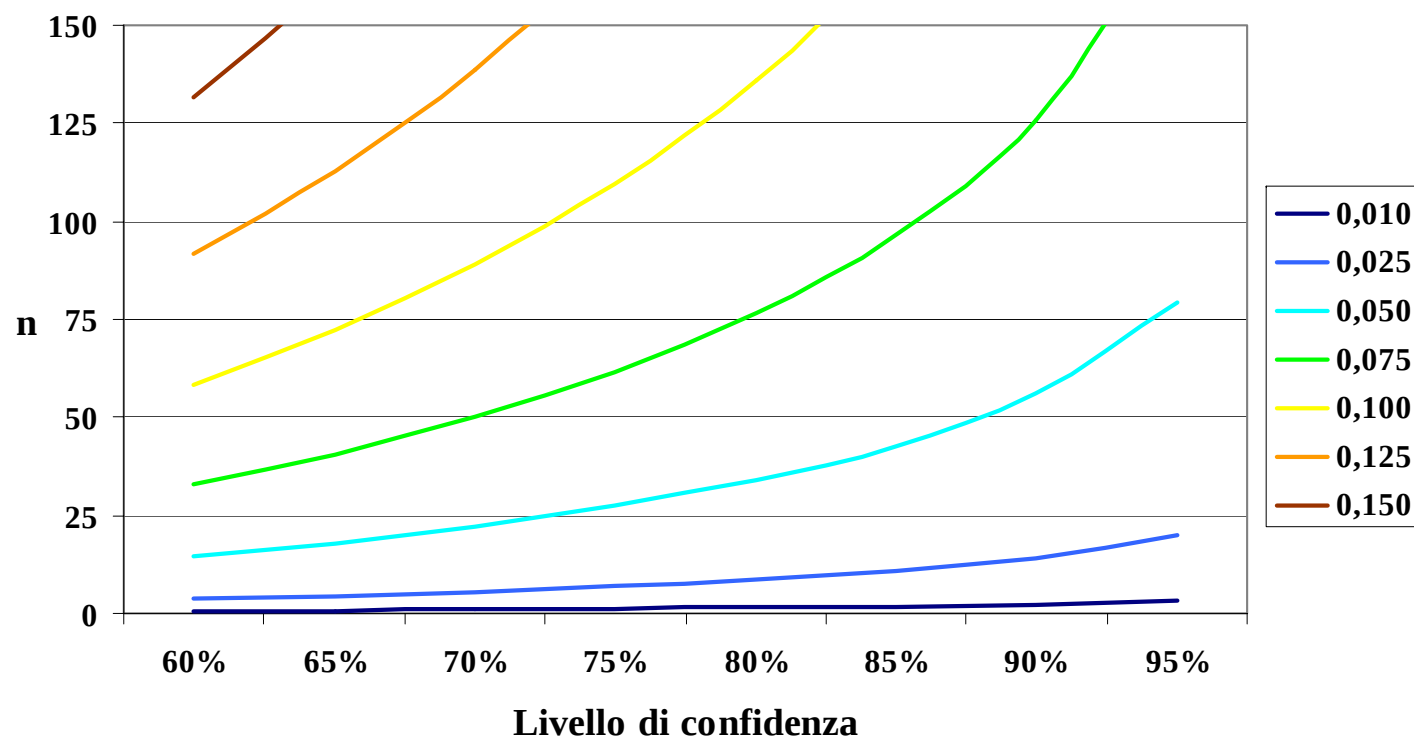
ESEMPI

Numerosità campionaria con il MUS al variare del livello di affidabilità del sistema, per diversi livelli di variabilità del tasso di errore, e con un tasso di materialità pari a 0,6%



ESEMPI

Calcolo della numerosità campionaria con il MUS, al variare del livello di confidenza, per diversi livelli di deviazione standard del tasso di errore, con tasso di materialità = 0,9%



GRAZIE PER L'ATTENZIONE



www.cisis.it



salone
dell'informazione
statistica