

Previsioni demografiche a livello locale: un approccio bayesiano applicato alla Liguria

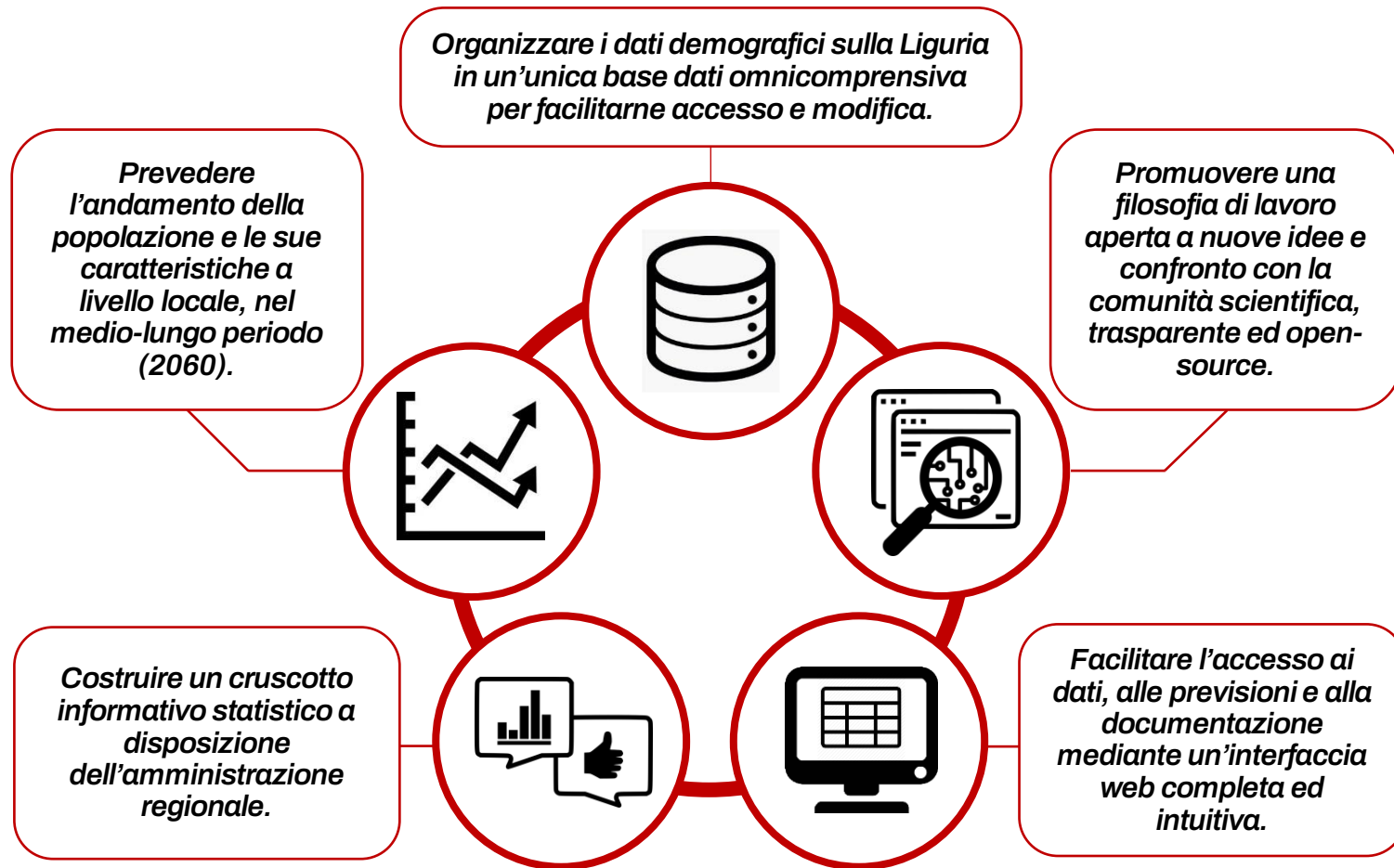
Regione Liguria

Direzione Centrale Finanza Bilancio e Controlli
Settore Programmazione Finanziaria e Statistica

Dott. Mauro Natali – Regione Liguria
Dott. Marco Bressan – Università di Genova



Introduzione



I dati demografici



Microdati

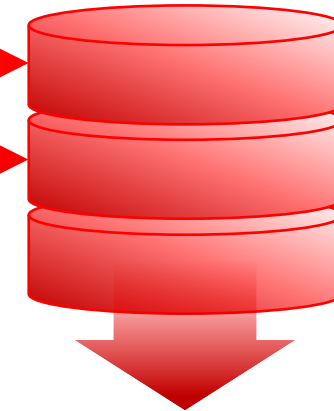
- Popolazione residente comunale per sesso, anno di nascita e stato civile
- Iscritti in anagrafe per nascita
- Indagine sulle cause di morte
- Iscrizioni e cancellazioni all'anagrafe per trasferimento di residenza



Dati municipali

- Popolazione residente per cittadinanza, sesso ed età
- Bilancio demografico
- Trasferimenti di residenza per municipio di origine e destinazione

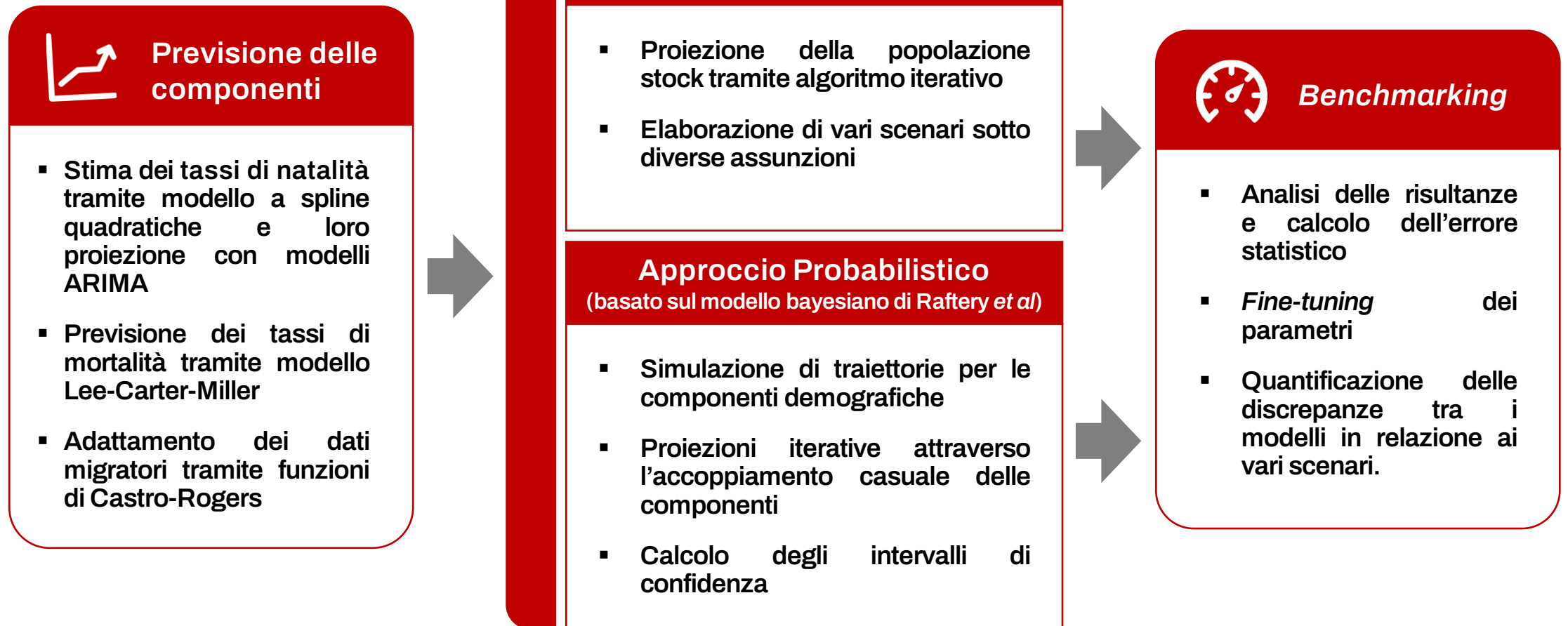
Integrazione



Input per i modelli

- Popolazione residente per sesso ed età
- Tassi di fecondità per età della madre
- Tassi specifici di mortalità per sesso
- Matrici O/D per sesso ed età

Modelli | Fasi dello sviluppo





Previsione delle componenti

- Stima dei tassi di natalità tramite modello a spline quadratiche e loro proiezione con modelli ARIMA
- Previsione dei tassi di mortalità tramite modello Lee-Carter-Miller
- Adattamento dei dati migratori tramite funzioni di Castro-Rogers



Approccio Deterministico

(basato sul metodo iterativo coorti-componenti)

- Proiezione della popolazione stock tramite algoritmo iterativo
- Elaborazione di vari scenari sotto diverse assunzioni

Approccio Probabilistico

(basato sul modello bayesiano di Raftery *et al*)

- Simulazione di traiettorie per le componenti demografiche
- Proiezioni iterative attraverso l'accoppiamento casuale delle componenti
- Calcolo degli intervalli di confidenza



Benchmarking

- Analisi delle risultanze e calcolo dell'errore statistico
- *Fine-tuning* dei parametri
- Quantificazione delle discrepanze tra i modelli in relazione ai vari scenari.



Previsione degli indicatori specifici

Tassi di mortalità

Adattamento

- Modello lineare di Lee-Carter
- Aggiustamento dei coefficienti con la speranza di vita alla nascita

Previsione

- Modelli auto-regressivi di ordine 1 con drift

Ipotesi di convergenza dei parametri al valore sovra-territoriale nel lungo periodo

Tassi di fertilità

Adattamento

- Modello a *spline* quadratica a 3 parametri
- Possibilità di adattare il coefficiente moltiplicatore al Tasso di Fertilità Totale
- Algoritmo di ottimizzazione con *random start*

Previsione

- Definizione di modelli ARIMA per i singoli parametri

Tassi di migrazione

Adattamento

- Modello esponenziale di Castro-Rogers a 13 parametri
- Algoritmo di ottimizzazione basato sulla discesa del gradiente con formulazione esplicita delle derivate e *random start*

Previsione

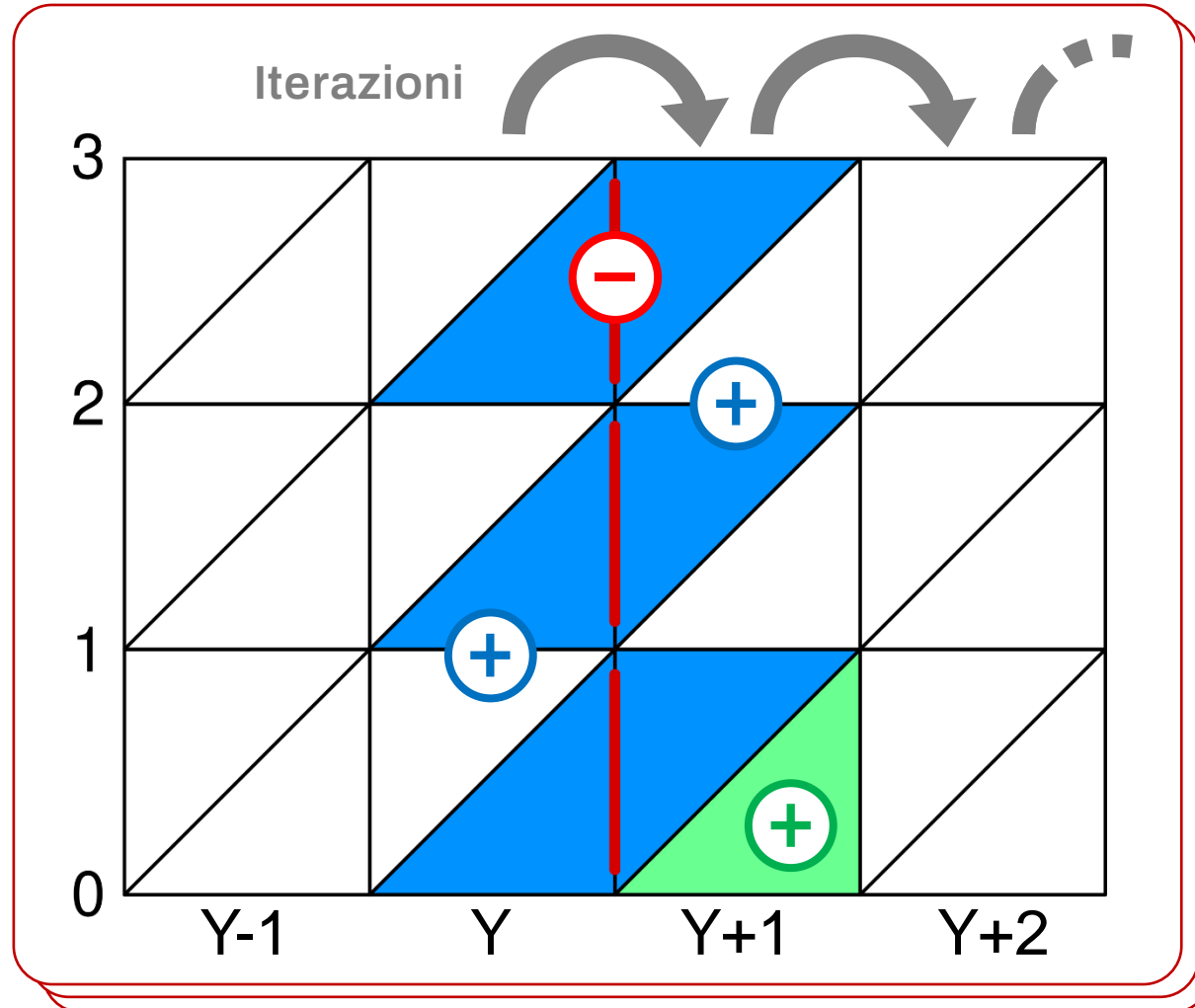
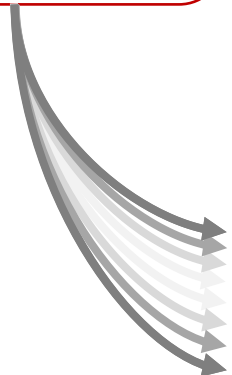
- Stabilità del trend: varia solo l'esposizione al fenomeno



Componente deterministica

↑↓ Scenari

- Tasso di Fertilità Totale ($\pm 0,5$)
- Mortalità
- Migrazioni



Popolazione all'anno Y

- Nascite
- Decessi
- Migrazioni nette*

Popolazione proiettata all'anno Y+1

* Per ipotesi distribuite uniformemente nell'anno



Previsione delle componenti

- Stima dei tassi di natalità tramite modello a spline quadratiche e loro proiezione con modelli ARIMA
- Previsione dei tassi di mortalità tramite modello Lee-Carter-Miller
- Adattamento dei dati migratori tramite funzioni di Castro-Rogers



Approccio Deterministico

(basato sul metodo iterativo coorti-componenti)

- Proiezione della popolazione stock tramite algoritmo iterativo
- Elaborazione di vari scenari sotto diverse assunzioni

Approccio Probabilistico

(basato sul modello bayesiano di Raftery *et al*)

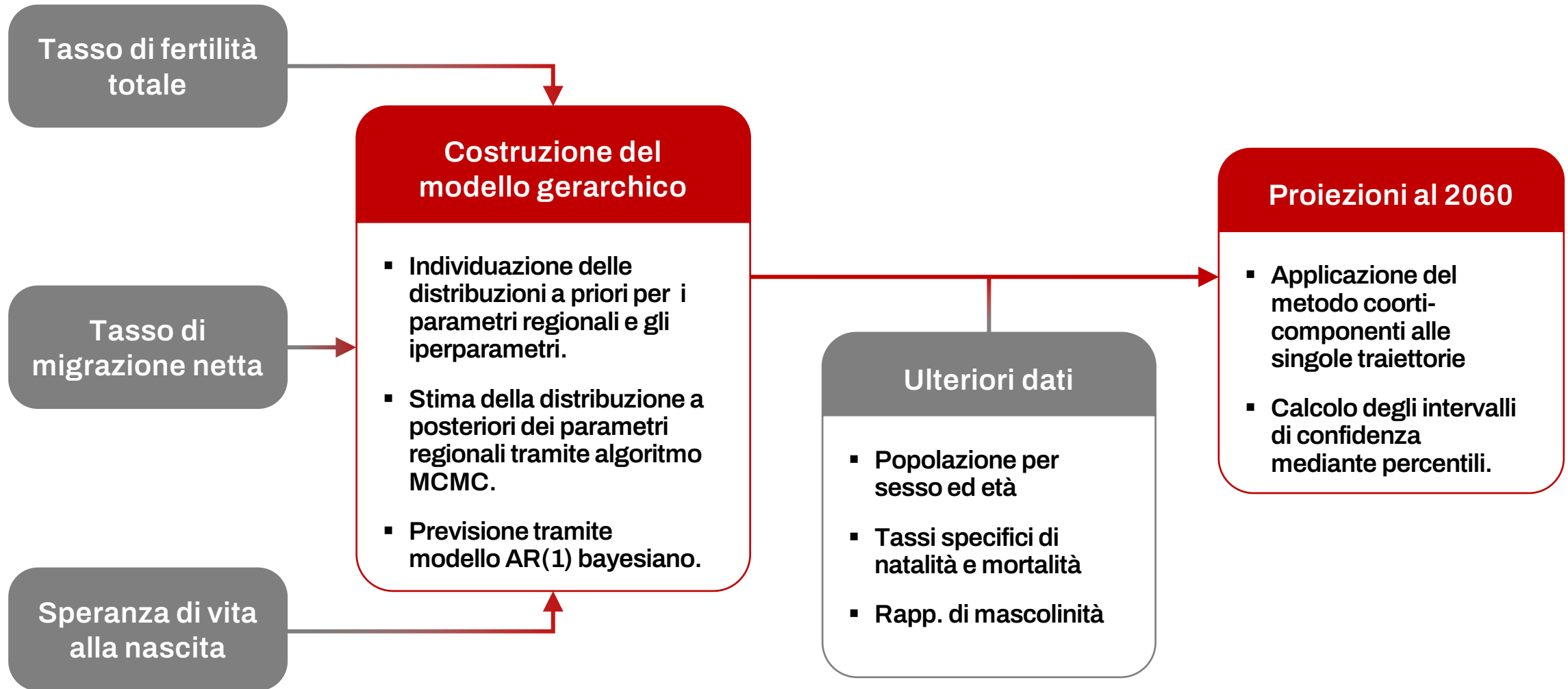
- Simulazione di traiettorie per le componenti demografiche
- Proiezioni iterative attraverso l'accoppiamento casuale delle componenti
- Calcolo degli intervalli di confidenza



Benchmarking

- Analisi delle risultanze e calcolo dell'errore statistico
- *Fine-tuning* dei parametri
- Quantificazione delle discrepanze tra i modelli in relazione ai vari scenari.

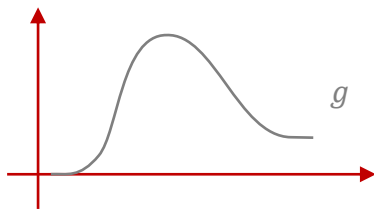




Modelli | Modello gerarchico bayesiano

Modellazione matematica degli indicatori

- Fertilità
 - Curva doppio-logistica
 - Approssimazione del decremento annuale del TFT
- Mortalità
 - Curva doppio logistica «con intercetta»
 - Approssimazione dell'incremento annuale della speranza di vita alla nascita



Costruzione del modello gerarchico bayesiano

- Individuazione di un set di parametri che definisce univocamente g

$$\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)$$

- Definizione di una distribuzione a priori su ciascun θ_i

$$\theta_i | \eta_i \sim \Theta(\dots)$$

- Definizione di una distribuzione a priori su ciascun (iper)parametro

$$\eta_i \sim H(\dots)$$

Tramite Metodi di Montecarlo con Catene di Markov (MCMC) si deriva la distribuzione a posteriori di g

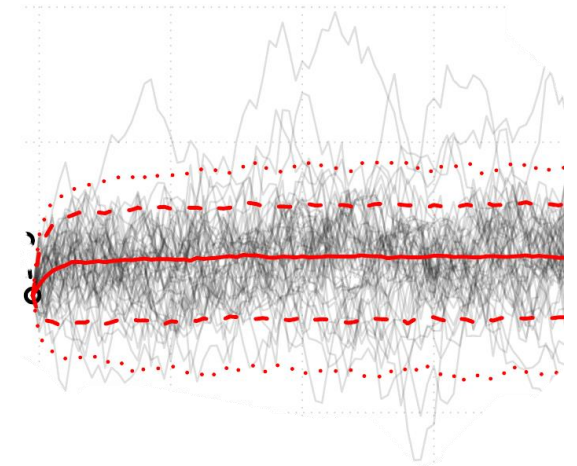
$$g(x|\theta) \sim G(\dots)$$

Previsione

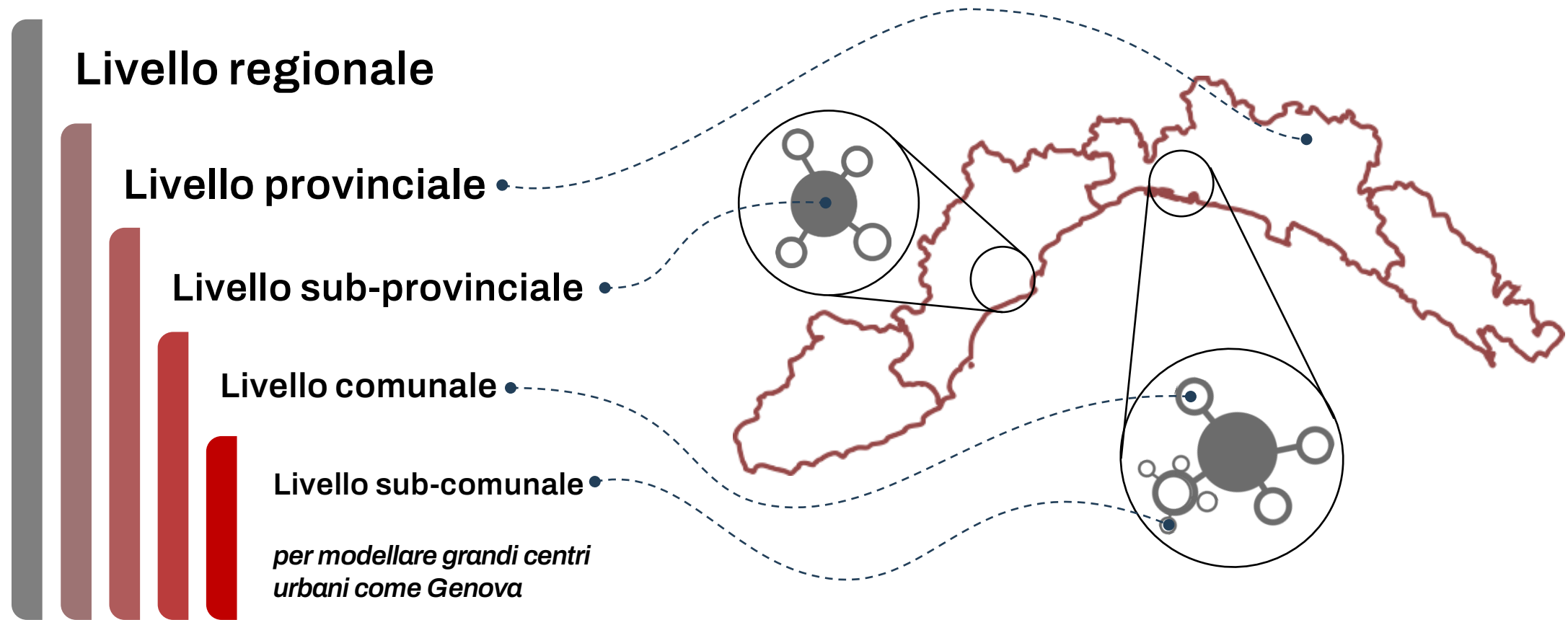
- Modello auto-regressivo del prim'ordine con deriva data da g

$$x_{t+1} = x_t + g(x_t|\theta) + \epsilon_t$$

- Simulazione delle traiettorie tramite estrazione di valori casuali.



Stratificazione territoriale



L'Applicazione Web

Analisi dei dati demografici
con possibilità di condurre analisi descrittive, nonché operazioni di filtro e selezione delle variabili.

Esportazione dei dati

in vari formati con numerose opzioni di personalizzazione.

Cruscotto previsioni demografiche
Regione Liguria

Dati Modelli Stratificazione Informazioni

Bilancio demografico

Filtraggio rapido

Cittadinanza
Nothing selected

Anno
Intervallo Ultimo/i 1 anno

2002 2018

Filtra Calcola indici Ridimensiona

Coda dei filtri

La coda è attualmente vuota.
Usare il pulsante "Aggiungi operazione..." per eseguire un comando sul dataset.

+ Aggiungi operazione... Svuota tutto

Esporta vista

Cittadinanza	Anno	Comune	Sesso	Popolazione al 1^ gennaio	Nascite	Decessi	Saldo naturale	Iscritti da altri comuni italiani	Cancellati verso altri comuni italiani	Saldo da/per altri comuni italiani	Iscritti dall'estero
	2002	10001 - Arenzano (GE)		3831	35	80	27	101	130	75	14
	2002	10002 - Avegno (GE)	f	1062	15	9	6	48	46	2	
3 Italiana	2002	10003 - Bargagli (GE)	f	1299	9	18	-9	64	47	17	
4 Italiana	2002	10004 - Badolza (GE)	f	2340	17	26	-9	89	75	14	

Showing 1 to 50 of 35,802 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 717 Next

Esporta dati

Formato
 File di testo Foglio elettronico

Nome del foglio di lavoro
Dati

Dividi i dati in più fogli secondo la variabile: (nulla)

Valori mancanti
 NA Punto Due punti Personalizzato: NA

Nome del file .xlsx Scarica dati

L'Applicazione Web

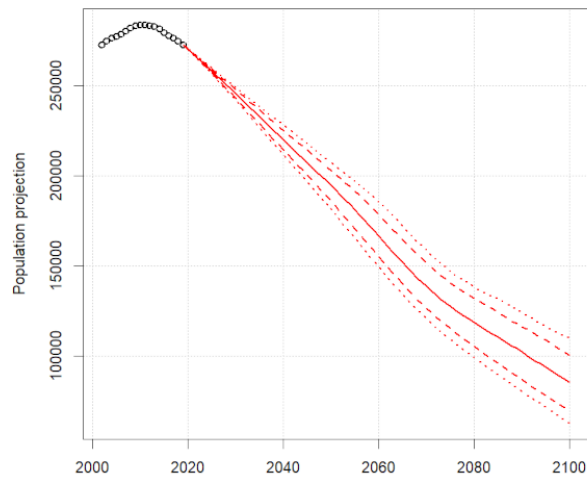
Visualizzazione dei dati

storici e previsionali mediante opportune visualizzazioni grafiche riepilogative e personalizzabili.

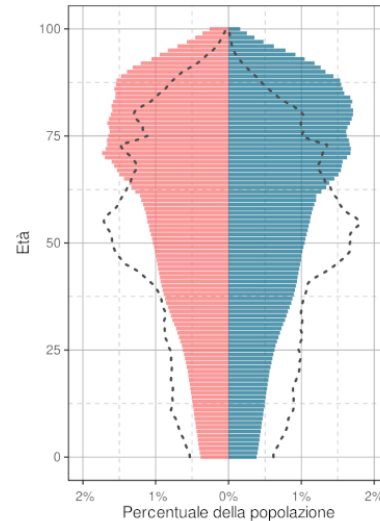
Analisi delle previsioni

Riepilogo Analisi personalizzata

Previsioni della popolazione al 2100 - Savona



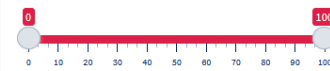
Piramide delle età al 2060 - Savona



Esegui modello

Impostazioni generali

Età



Previsioni fino al

2060

Raggruppa in fasce quinquennali

Modello bayesiano



Probabilità a priori...

Modello deterministico



Fertilità

Numero di iterazioni

80000

Burn-in

2000

Numero di catene

3

Mortalità

Migrazioni

Parametri aggiuntivi

Fertilità

Mortalità

Migrazioni

Parametri aggiuntivi

Chiave

Valore

1

Parametro

Valore

parallel

TRUE

Interfaccia di esecuzione dei modello

per effettuare la *fine-tuning* delle distribuzioni a priori del modello probabilistico o per produrre nuove previsioni deterministiche.

Dott. Mauro Natali – Regione Liguria

Mauro.Natali@regione.liguria.it

Dott. Marco Bressan – Università di Genova

Marco.Bressan@regione.liguria.it

marco.bressan00@outlook.it

**Grazie per
l'attenzione**

