

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea in Informatica per il Management

**La Fertilità nei Paesi Europei:
Un'Analisi dei Fattori
Socioeconomici**

Relatore:
Chiar.mo Prof.
Pedrini Sabrina

Presentata da:
Piesla Dawid Nikodem

II
2023/2024

Introduzione

Questa tesi esamina i principali fattori socioeconomici che influenzano i tassi di fertilità nei paesi europei, con un focus su cinque nazioni: Italia, Francia, Paesi Bassi, Regno Unito e Spagna. Utilizzando dati dell'OECD Family Database, lo studio analizza vari indicatori, come la spesa pubblica per politiche di welfare familiare e sanità, tassi di povertà infantile, situazione economica delle famiglie, ecc... Attraverso modelli regressione, viene esaminata l'importanza di queste variabili, evidenziando il ruolo chiave delle politiche pubbliche nel contrastare il declino della fertilità.

Indice

Introduzione	i
1 Introduzione	1
1.1 Contesto e Problematica	1
1.2 Obiettivi dello Studio	1
1.3 Metodologia	2
2 Analisi dei Fattori Socioeconomici	3
2.1 Tendenze Storiche e Attuali della Fertilità nei Paesi in Analisi	3
2.2 Cause del Declino della Fertilità	3
2.3 Conseguenze del Declino della Fertilità	4
3 Dati e Grafici	5
3.1 Andamento Storico della Fertilità	5
3.2 Spesa Pubblica per il Sostegno alle Famiglie	7
3.3 Età Media al Primo Parto	8
3.4 Livello di Istruzione femminile	9
3.5 Conciliazione tra Lavoro e Famiglia	10
3.6 Spesa Sanitaria e Fertilità	12
4 Metodologia e Dati	15
4.1 Approccio Generale	15

4.2	Selezione dei Paesi e degli Indicatori	16
4.3	Analisi delle Correlazioni	17
4.4	Modello di Regressione con Support Vector Machine (SVM) .	22
4.5	Analisi dell'Importanza delle Variabili tramite Random Forest	25
4.5.1	Introduzione al Modello Random Forest	25
4.5.2	Implementazione del Modello	26
5	Conclusioni	29
	Bibliografia	33

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Contesto e Problematica

La dimensione e la struttura per età di una popolazione sono determinate da tre fattori fondamentali: fertilità, mortalità e migrazione. Questi elementi evolvono nel tempo e modellano i modelli demografici osservati. Negli ultimi decenni, l'Europa ha completato la sua transizione demografica, caratterizzata da una diminuzione dei tassi di fertilità e mortalità. Tuttavia, il calo della fertilità ha raggiunto livelli preoccupanti, con tassi di fertilità totali (TFR) ben al di sotto della soglia di sostituzione generazionale di 2,1 figli per donna, necessaria per mantenere stabile la popolazione senza il contributo delle migrazioni [1].

1.2 Obiettivi dello Studio

Questo studio mira a esaminare i fattori socioeconomici che influenzano i tassi di fertilità nei paesi europei, con particolare attenzione a cinque nazioni: Italia, Francia, Paesi Bassi, Regno Unito e Spagna. Sebbene l'analisi comprenda un insieme più ampio di paesi europei, questi cinque stati sono stati selezionati per un approfondimento, in quanto rappresentano contesti socioeconomici e politiche familiari diversificate all'interno dell'Unione Europea.

L'analisi si basa su un ampio spettro di indicatori tratti dall'OECD Family Database, uno strumento di riferimento che raccoglie dati su numerose dimensioni economiche e sociali. Tra gli indicatori presi in esame vi sono il tasso di fertilità totale (TFR), il tasso di disoccupazione, l'età media delle donne al primo parto, il livello di istruzione, la spesa pubblica per la famiglia e la sanità, oltre ad altri fattori legati alla struttura del mercato del lavoro e alle politiche di welfare. L'obiettivo principale dello studio è identificare le correlazioni tra questi indicatori e le tendenze della fertilità, evidenziando le politiche e le condizioni che maggiormente influenzano le scelte riproduttive in Europa.

1.3 Metodologia

Questo studio si ispira all'analisi condotta da Ting-Ting Zhang et al. nel loro lavoro intitolato "The Effect of Family Fertility Support Policies on Fertility, Their Contribution, and Policy Pathways to Fertility Improvement in OECD Countries". L'analisi presentata si basa sui dati provenienti dall'OECD Family Database.

Capitolo 2

Analisi dei Fattori Socioeconomici

2.1 Tendenze Storiche e Attuali della Fertilità nei Paesi in Analisi

Negli ultimi decenni, l'Europa ha assistito a un significativo declino dei tassi di fertilità, spesso associato a una combinazione di fattori socioeconomici, culturali e demografici. Questo fenomeno, noto come "crisi della fertilità", ha suscitato preoccupazioni riguardo alla sostenibilità demografica e al futuro economico del continente. [2].

2.2 Cause del Declino della Fertilità

Uno dei principali fattori che contribuiscono al calo della fertilità è l'aumento dell'età media al primo parto. Le donne tendono a posticipare la maternità a causa di vari motivi, tra cui il prolungamento del percorso educativo, l'instabilità economica e la ricerca di una stabilità lavorativa prima di formare una famiglia [3]. Questo ritardo nella maternità può ridurre la finestra biologica per avere figli, portando a un numero totale di figli inferiore [2].

L'incertezza economica, accentuata dalle crisi finanziarie globali, ha un impatto significativo sulle decisioni riproduttive. La precarietà del lavoro, l'alto tasso di disoccupazione giovanile e la diffusione di contratti a tempo determinato rendono difficile per le coppie pianificare il futuro e assumersi la responsabilità economica di crescere dei figli [4].

Inoltre, cambiamenti nei valori culturali e nelle preferenze individuali hanno portato a una maggiore enfasi sull'autorealizzazione e sulla carriera professionale, spesso a scapito della formazione di una famiglia numerosa [3].

2.3 Conseguenze del Declino della Fertilità

Il calo dei tassi di fertilità ha profonde implicazioni demografiche ed economiche. Un tasso di fertilità inferiore al livello di sostituzione generazionale porta all'invecchiamento della popolazione, con un aumento della proporzione di anziani rispetto ai giovani [5]. Questo squilibrio demografico mette sotto pressione i sistemi di welfare, pensionistici e sanitari, poiché una forza lavoro ridotta deve sostenere un numero crescente di pensionati [1].

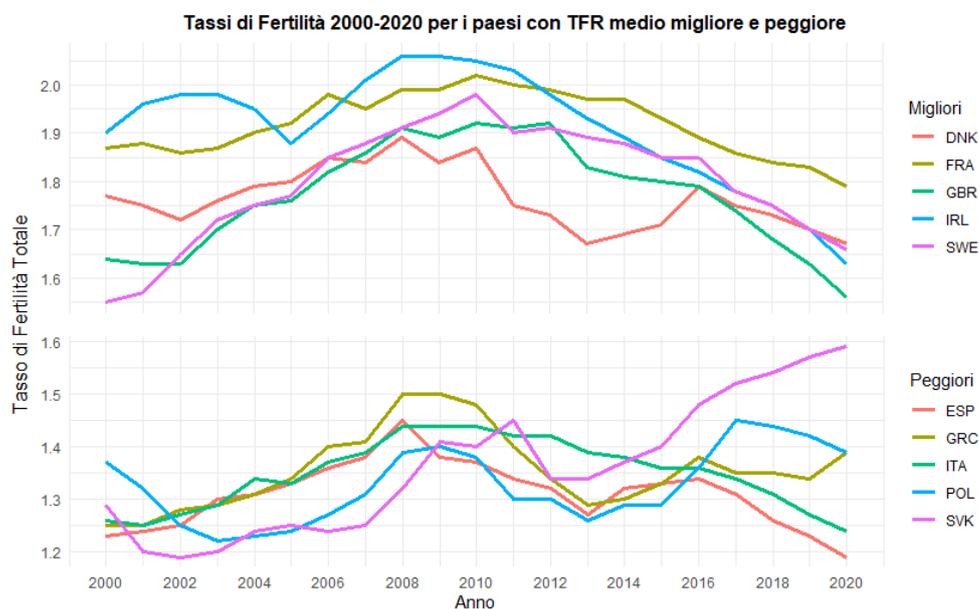
L'invecchiamento della popolazione può anche rallentare la crescita economica, ridurre l'innovazione e creare carenze di manodopera in determinati settori [6].

Capitolo 3

Dati e Grafici

3.1 Andamento Storico della Fertilità

Nel grafico seguente viene mostrata l'evoluzione dei tassi di fertilità totali (TFR) per i cinque paesi europei tra il 2000 e il 2020.



Come si può osservare, i paesi con i tassi di fertilità più bassi mostrano una tendenza complessiva al ribasso, specialmente dopo la crisi economica globale del 2008, che ha avuto un forte impatto sulle decisioni riproduttive. Spagna,

Grecia e Italia, in particolare, hanno registrato un crollo significativo della fertilità, dovuto all'aumento dell'incertezza economica, ai livelli elevati di disoccupazione giovanile e alla precarietà lavorativa che ha indotto molte famiglie a posticipare o rinunciare alla genitorialità [2, 7]. I paesi dell'Europa meridionale hanno inoltre sofferto per la mancanza di politiche familiari adeguate, con sistemi di welfare meno sviluppati e misure di austerità che hanno ulteriormente aggravato la situazione [5, 7].

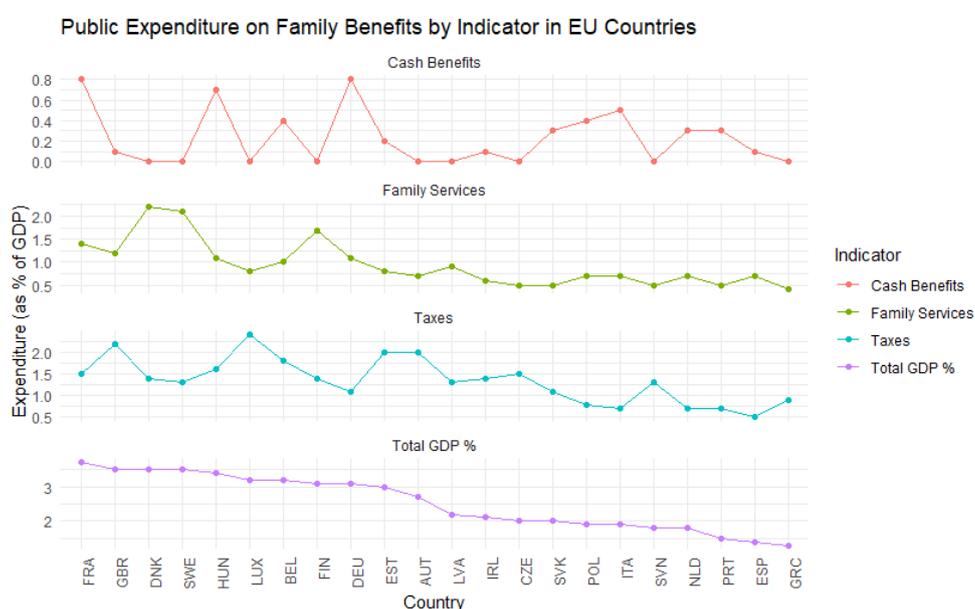
Al contrario, i paesi con i tassi di fertilità più alti, come la Francia, la Svezia e la Danimarca, sono riusciti a mantenere livelli di fertilità superiori grazie a politiche di sostegno alle famiglie più solide. Questi paesi offrono sistemi di welfare generosi, con accesso facilitato ai servizi di assistenza all'infanzia e congedi parentali ben strutturati. La Francia, in particolare, ha implementato politiche a lungo termine che hanno reso possibile la conciliazione tra vita lavorativa e familiare, sostenendo così le decisioni riproduttive anche durante periodi di difficoltà economica [5, 8].

Anche nei paesi con fertilità più alta si nota una leggera flessione dopo il 2010, segno che anche in questi contesti, seppur meno drasticamente, l'incertezza economica e sociale ha avuto un impatto negativo. Tuttavia, l'efficacia delle politiche di supporto familiare ha contribuito a contenere il declino, permettendo a paesi come la Svezia e la Danimarca di mantenere tassi di fertilità più alti rispetto alla media europea [2].

Il divario tra i paesi con i tassi di fertilità più alti e quelli con i tassi più bassi si spiega principalmente con l'implementazione di politiche di welfare e familiari efficaci. Mentre l'Europa meridionale continua a lottare con alti livelli di disoccupazione e incertezza economica, i paesi del Nord Europa mostrano che politiche a sostegno delle famiglie possono attenuare gli effetti negativi delle crisi economiche sulla fertilità, garantendo una maggiore stabilità demografica.

3.2 Spesa Pubblica per il Sostegno alle Famiglie

La spesa pubblica destinata ai benefici familiari è un indicatore cruciale per comprendere l'impegno governativo nel sostenere la natalità. Il grafico seguente mostra la spesa pubblica in percentuale del PIL destinata ai benefici familiari nei paesi analizzati.



Come evidenziato, i paesi nordici come la Svezia (SWE) e la Danimarca (DNK) si distinguono per la percentuale elevata di spesa destinata ai servizi familiari e ai benefici in denaro, una delle ragioni per cui questi paesi riescono a mantenere tassi di fertilità relativamente alti. La Francia emerge come uno dei paesi con la più alta spesa pubblica per il sostegno alle famiglie, investendo significativamente in benefici in denaro, servizi per l'infanzia e politiche fiscali favorevoli [9, 10]. Questo impegno si riflette in un tasso di fertilità più alto rispetto ad altri paesi europei, avvicinandosi al livello di sostituzione generazionale.

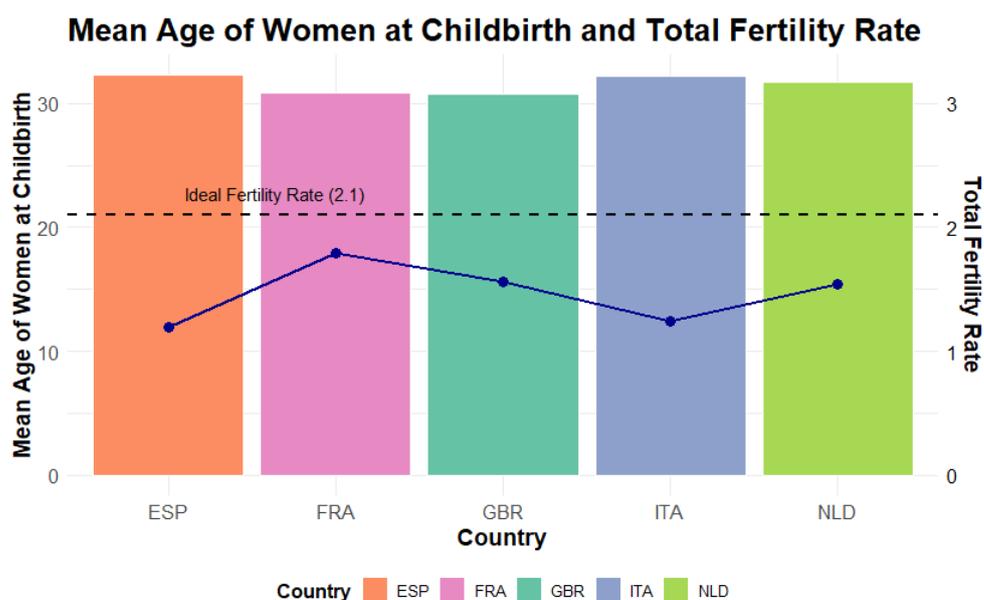
Al contrario, paesi dell'Europa meridionale come la Grecia (GRC), l'Italia (ITA) e la Spagna (ESP) mostrano livelli più bassi di spesa pubblica per il

sostegno familiare. In questi paesi, le misure di austerità post-crisi economica hanno ulteriormente ridotto il budget disponibile per le politiche familiari, contribuendo così al calo dei tassi di natalità già in atto [2, 7]. La mancanza di un adeguato sostegno per la conciliazione tra lavoro e famiglia, insieme all'incertezza economica, ha reso più difficile per le famiglie giovani fare figli [3].

Studi hanno dimostrato che politiche di welfare generose e ben strutturate possono mitigare gli effetti negativi dell'incertezza economica sulla fertilità. I benefici in denaro, i congedi parentali retribuiti e i servizi di assistenza all'infanzia accessibili e di qualità riducono i costi diretti e indiretti della genitorialità, incoraggiando le coppie a fare figli [9, 10].

3.3 Età Media al Primo Parto

Uno dei fattori determinanti del calo della fertilità in Europa è l'aumento dell'età media delle donne al primo parto. Il grafico seguente confronta l'età media delle donne al momento del parto con il tasso di fertilità totale nei principali paesi europei.



Il grafico mette in relazione l'età media delle donne al momento del parto con il tasso di fertilità totale (TFR) nei principali paesi europei. Il dato interessante è che i paesi con un'età media più alta al primo parto, come l'Italia (ITA) e la Spagna (ESP), tendono ad avere un TFR inferiore rispetto al livello di sostituzione generazionale di 2,1 figli per donna, evidenziato dalla linea tratteggiata. In particolare, l'Italia presenta una delle età medie al parto più elevate, con un TFR ben al di sotto della soglia di sostituzione.

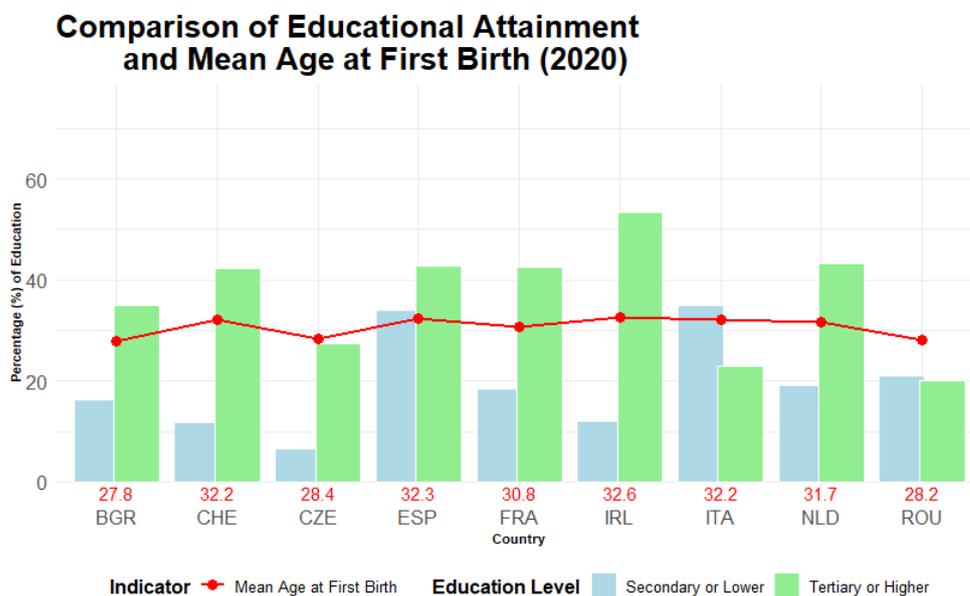
3.4 Livello di Istruzione femminile

Le donne con un livello di istruzione più elevato tendono a posticipare la maternità. Il prolungamento degli studi e l'ingresso tardivo nel mercato del lavoro ritardano il momento in cui si sentono pronte per avere figli. Inoltre, possono affrontare maggiori difficoltà nel conciliare carriera e famiglia, soprattutto in assenza di politiche di supporto adeguate [2, 3].

Questo ritardo nel primo parto può ridurre il numero totale di figli che una donna avrà durante la sua vita fertile, poiché l'aumento dell'età materna è associato a un maggior rischio di infertilità e complicazioni durante la gravidanza. Di conseguenza, il posticipo della maternità ha un impatto diretto sui tassi di fertilità complessivi, contribuendo al calo generale della natalità [2, 11].

Questo fenomeno è particolarmente evidente in paesi come la Francia e i Paesi Bassi, dove le politiche sociali cercano di mitigare l'effetto del ritardo nell'età media al parto attraverso misure che favoriscono una migliore conciliazione tra lavoro e famiglia [9].

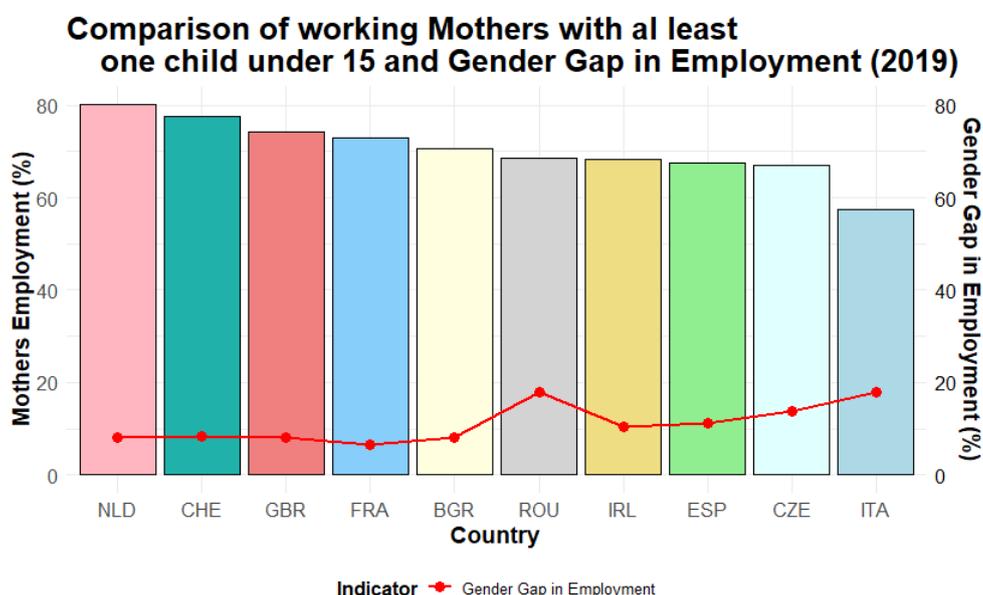
Il grafico mette a confronto il livello di istruzione delle donne con l'età media al primo parto. È evidente che un più alto livello di istruzione (istruzione terziaria o superiore) è associato a un'età media più avanzata per il primo figlio. Paesi come l'Irlanda (IRL) e la Svizzera (CHE) mostrano una correlazione diretta tra l'alto livello di istruzione e l'età avanzata al primo parto [2]. In alcuni paesi, come la Romania (ROU) e la Bulgaria (BGR), dove il livello



di istruzione terziaria è inferiore rispetto ad altri paesi europei, l'età media al primo parto rimane più bassa. Questo suggerisce che, in contesti con minor accesso all'istruzione superiore, le donne tendono a formare famiglie in età più giovane, sebbene ciò non garantisca tassi di fertilità più elevati a lungo termine [11].

3.5 Conciliazione tra Lavoro e Famiglia

La possibilità di conciliare vita lavorativa e familiare è fondamentale nelle decisioni riproduttive. Il grafico illustra il tasso di occupazione delle madri con almeno un figlio sotto i 15 anni e il divario occupazionale di genere nei paesi analizzati.



Come evidenziato dal grafico, i paesi con alti tassi di occupazione femminile, come i Paesi Bassi (NLD) e la Svizzera (CHE), mostrano un minore divario occupazionale di genere rispetto a nazioni dell'Europa dell'Est come la Romania (ROU) e la Bulgaria (BGR). Ciò suggerisce che un mercato del lavoro inclusivo per le donne, in particolare per le madri, è associato a una maggiore partecipazione femminile complessiva [9].

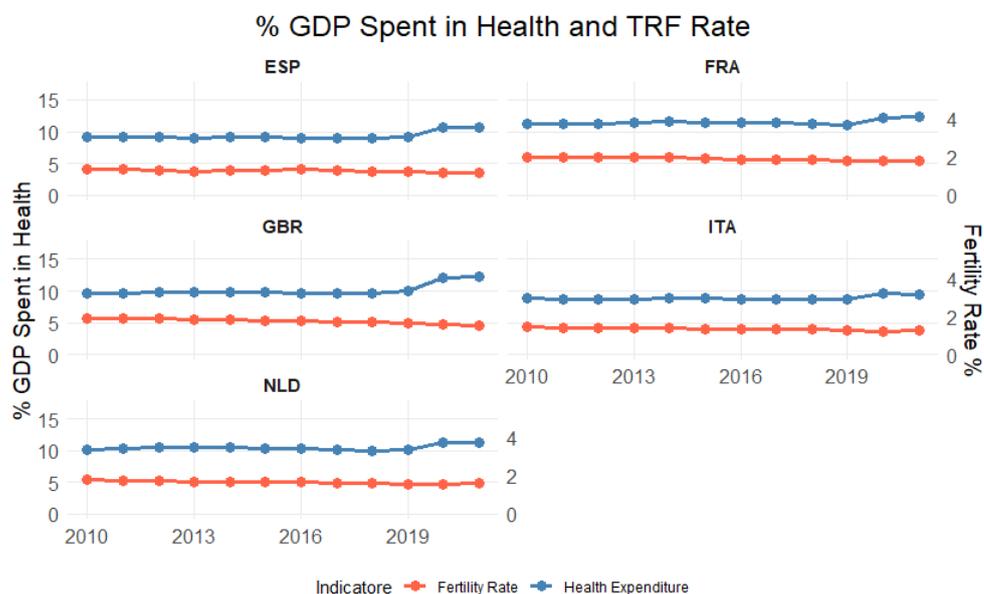
Tuttavia, è importante notare che un alto tasso di occupazione femminile non implica necessariamente un divario di genere ridotto. L'Italia (ITA), ad esempio, presenta un divario relativamente elevato nonostante un tasso di occupazione materna inferiore rispetto ai paesi del Nord Europa. Questo potrebbe riflettere politiche di welfare meno efficaci nel promuovere l'inclusione lavorativa delle madri [2]. In generale, i paesi con sistemi di welfare solidi tendono a registrare tassi di partecipazione femminile più elevati e minori divari di genere. Ciò conferma l'importanza delle politiche di conciliazione lavoro-famiglia nel favorire la partecipazione delle donne nel mercato del lavoro e nel ridurre le disuguaglianze [6, 9].

L'elevata disoccupazione giovanile e la diffusione di contratti precari aumentano l'incertezza economica, inducendo le coppie a posticipare o

rinunciare alla genitorialità [12]. Questa tendenza è particolarmente pronunciata nei paesi dell'Europa meridionale, dove la crisi economica ha colpito più duramente. Per contrastare gli effetti negativi dell'incertezza economica sulla fertilità, è fondamentale implementare politiche che migliorino la stabilità lavorativa e offrano supporto finanziario alle famiglie. Interventi come incentivi fiscali, sostegni al reddito e programmi di formazione professionale possono aiutare i giovani a sentirsi più sicuri nel pianificare una famiglia [4, 13].

3.6 Spesa Sanitaria e Fertilità

Il grafico esamina la correlazione tra la spesa pubblica in percentuale del PIL destinata alla sanità e il tasso di fertilità totale (TFR) nei paesi analizzati.



Dall'analisi del grafico emerge che non esiste una relazione diretta tra l'aumento della spesa sanitaria e i tassi di fertilità. Ad esempio, paesi come il Regno Unito (GBR) e la Francia (FRA) investono costantemente una percentuale elevata del loro PIL nella sanità, ma non registrano variazioni

significative nei tassi di fertilità. Al contrario, l'Italia (ITA) e la Spagna (ESP), pur avendo incrementato marginalmente la spesa sanitaria, continuano a mostrare bassi tassi di fertilità. Questo suggerisce che, sebbene l'accesso a cure sanitarie di qualità sia fondamentale per la salute materna e infantile, l'incremento della spesa sanitaria in sé non ha un impatto diretto sulla fertilità. Il fattore cruciale per influenzare i tassi di fertilità sembra essere il sostegno alle politiche familiari, come i congedi parentali retribuiti e i servizi di assistenza all'infanzia, piuttosto che il semplice aumento della spesa sanitaria [10, 13].

Investimenti specifici in servizi di assistenza riproduttiva, come trattamenti per l'infertilità e consulenza familiare, possono avere un impatto più diretto sulla fertilità. Tuttavia, tali interventi devono essere integrati in un approccio più ampio che includa politiche di sostegno alle famiglie e la riduzione dell'incertezza economica.

In conclusione, i paesi del Nord Europa, come i Paesi Bassi (NLD), che investono sia nella sanità che in politiche familiari efficaci, mostrano una maggiore stabilità nei tassi di fertilità. Ciò conferma che la combinazione di un sistema sanitario solido e di politiche di welfare ben strutturate è fondamentale per sostenere la natalità nel lungo termine [2, 9].

Capitolo 4

Metodologia e Dati

4.1 Approccio Generale

L'obiettivo di questa analisi è verificare se e in che misura gli indicatori socioeconomici discussi nella letteratura influenzano realmente la fertilità. Vogliamo stabilire quali fattori abbiano un impatto maggiore rispetto ad altri. Per farlo, utilizzeremo una combinazione di modelli di regressione basati su *Support Vector Machine* (SVR) e *Random Forest*. La *SVR* ci permetterà di modellare le relazioni non lineari tra le variabili socioeconomiche e i tassi di fertilità, mentre il modello *Random Forest* ci consentirà di quantificare l'importanza relativa di ciascun indicatore, identificando i fattori più significativi.

Per questo studio sono stati impiegati due dataset:

- **OECD Family Database:** Questo database offre una vasta gamma di indicatori riguardanti la struttura familiare, le politiche pubbliche per le famiglie e i bambini, la posizione delle famiglie nel mercato del lavoro e i risultati per i bambini.
- **OECD Health Database:** Fornisce informazioni dettagliate sulla spesa sanitaria e altri indicatori di salute pubblica.

Il periodo di riferimento dello studio copre gli anni dal 2003 al 2018.

4.2 Selezione dei Paesi e degli Indicatori

Per ottenere un dataset consistente, sono stati selezionati 28 paesi europei, includendo tutti i membri dell'Unione Europea e il Regno Unito. Questo permette di confrontare paesi con differenze significative in termini di sistemi socioeconomici, tradizioni culturali, livelli di sviluppo economico e politiche familiari.

Gli indicatori selezionati per l'analisi sono stati scelti in base alla loro rilevanza teorica e alla disponibilità nei database OCSE:

- **Tasso di fertilità totale (FAM1):** Indica il numero medio di figli per donna ed è la variabile dipendente principale dello studio.
- **Età media delle donne al parto (FAM2):** Rappresenta l'età media in cui le donne diventano madri per la prima volta.
- **Indicatori del mercato del lavoro e struttura familiare:**
 - Occupazione delle madri con almeno un figlio sotto i 15 anni (FAM8A).
 - Bambini (0-14 anni) con entrambi i genitori occupati (FAM9A).
- **Indicatori di politiche familiari e spesa sociale:**
 - Spesa pubblica totale per la famiglia come % del PIL (FAM11A): Misura l'investimento pubblico nelle famiglie.
 - % del PIL in benefici in denaro (FAM11B): Indica la quota di spesa dedicata ai sussidi monetari.
 - % del PIL in servizi e benefici (FAM11C): Rappresenta l'investimento in servizi diretti alle famiglie.
 - % del PIL in sgravi fiscali (FAM11D): Misura le agevolazioni fiscali destinate alle famiglie.
- **Congedi parentali:**

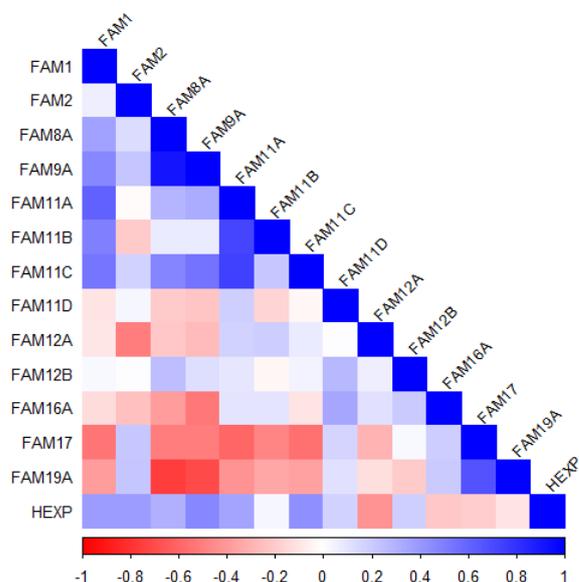
- Congedo di maternità in settimane (FAM12A): Durata del congedo di maternità retribuito.
- Congedo di paternità in settimane (FAM12B): Durata del congedo di paternità retribuito.
- **Indicatori di benessere infantile e giovanile:**
 - Tasso di mortalità infantile (FAM16A): Numero di decessi di bambini sotto un anno di età per 1.000 nati vivi.
 - Tasso di povertà infantile (FAM17): Percentuale di bambini che vivono sotto la soglia di povertà.
 - Percentuale di giovani NEET (15-29 anni) (FAM19A):
Proporzione di giovani né occupati né inseriti in percorsi di istruzione o formazione.
- **Spesa sanitaria totale (HEXP):** Rappresenta l'investimento in sanità pubblica come percentuale del PIL.

4.3 Analisi delle Correlazioni

Prima di procedere all'analisi di regressione, è stata effettuata un'analisi preliminare delle correlazioni tra le variabili selezionate. Questo passaggio è fondamentale per comprendere le relazioni esistenti tra gli indicatori e per identificare quali variabili possono avere un impatto significativo sul tasso di fertilità totale (FAM1).

Matrice di Correlazione

È stata calcolata una matrice di correlazione utilizzando il coefficiente di correlazione di Pearson per tutte le variabili numeriche del dataset. Questo strumento consente di quantificare la forza e la direzione delle relazioni lineari tra coppie di variabili, offrendo una panoramica delle interconnessioni tra gli indicatori selezionati.



Dalla matrice di correlazione emergono diverse relazioni significative:

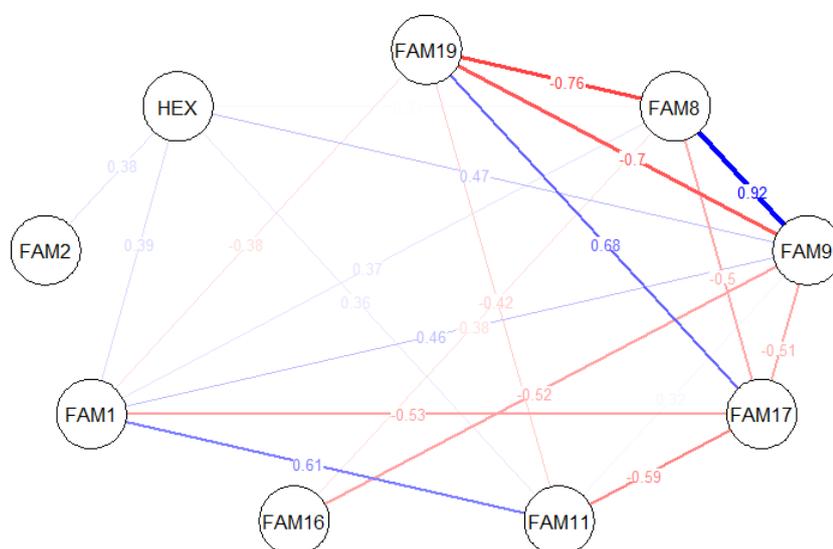
- Influenza delle Politiche Familiari e della Spesa Pubblica:** Le variabili relative alla spesa pubblica per le famiglie, quali FAM11A, FAM11B, FAM11C, insieme alla spesa sanitaria totale HEXP, mostrano una correlazione positiva con il tasso di fertilità totale (FAM1). Questo suggerisce che maggiori investimenti pubblici nel sostegno alle famiglie, sia attraverso benefici in denaro, servizi diretti o agevolazioni fiscali, sia attraverso un sistema sanitario efficiente, possono avere un impatto favorevole sulle decisioni riproduttive. Tali risultati sono coerenti con la letteratura che evidenzia l'efficacia delle politiche familiari nel promuovere la natalità [9, 10, 13].
- Partecipazione Femminile al Mercato del Lavoro:** Le variabili FAM8A (occupazione delle madri) e FAM9A (percentuale di bambini con entrambi i genitori occupati) sono anch'esse positivamente correlate con FAM1. Ciò indica che una maggiore partecipazione delle madri al mercato del lavoro è associata a tassi di fertilità più elevati, probabilmente grazie a politiche che facilitano la conciliazione tra vita

lavorativa e familiare. Questo sottolinea l'importanza di ambienti lavorativi flessibili e di servizi di supporto all'infanzia [9, 10].

- **Impatto Negativo di Incertezza Economica e Svantaggio Sociale:** Al contrario, variabili come FAM17 (tasso di povertà infantile), FAM16A (tasso di mortalità infantile) e FAM19A (percentuale di giovani NEET) mostrano una correlazione negativa con il tasso di fertilità totale. Questo evidenzia come condizioni di svantaggio socioeconomico, elevata povertà tra i bambini, alti tassi di mortalità infantile e incertezza economica tra i giovani possano scoraggiare le coppie dal formare o ampliare la famiglia [4, 12].

Grafico di Rete delle Correlazioni

Per visualizzare in modo più intuitivo le relazioni tra le variabili, è stato realizzato un grafico di rete basato sulla matrice di correlazione. Nel grafico, ogni nodo rappresenta una variabile, mentre i collegamenti tra i nodi indicano l'esistenza di una correlazione significativa (valore assoluto maggiore di 0,3). I collegamenti sono colorati in base alla direzione della correlazione: blu per correlazioni positive e rosso per correlazioni negative.



Dal grafico di rete, emergono chiaramente diversi cluster di variabili strettamente correlate:

- **Variabile FAM11A (Spesa Pubblica per le Famiglie):**

Rappresentata nel grafico dal nodo FAM11, questa variabile mostra una forte correlazione positiva con FAM1 (tasso di fertilità totale) e correlazioni negative con FAM17 (tasso di povertà infantile) e FAM19A (percentuale di giovani NEET). Questo evidenzia l'importanza delle politiche di welfare nel sostenere la fertilità, migliorare le condizioni di vita dei bambini e ridurre l'esclusione dei giovani dal mercato del lavoro. L'investimento pubblico nelle famiglie

sembra quindi avere un impatto significativo sia sulla decisione di avere figli sia sul benessere socioeconomico delle nuove generazioni [9, 10].

- **Cluster del Mercato del Lavoro:** Le variabili FAM8A (occupazione delle madri con almeno un figlio sotto i 15 anni) e FAM9A (percentuale di bambini con entrambi i genitori occupati) mostrano correlazioni positive con FAM1 e correlazioni negative con FAM17. Ciò suggerisce che una maggiore partecipazione femminile al mercato del lavoro è associata a migliori condizioni economiche per le famiglie e a tassi di fertilità più elevati. È importante notare che le madri lavoratrici hanno un impatto significativo nel ridurre sia il tasso di povertà infantile sia la percentuale di giovani NEET, indicando che l'occupazione femminile contribuisce non solo al benessere economico familiare ma anche all'inclusione sociale dei giovani [2, 6].
- **Variabile FAM19A (Giovani NEET):** Questa variabile mostra correlazioni negative con diverse altre, inclusa FAM1, e una correlazione positiva con FAM17. Questo rafforza l'idea che l'incertezza economica e l'esclusione dal mercato del lavoro tra i giovani abbiano effetti negativi sulle decisioni riproduttive e siano associate a livelli più alti di povertà infantile. Un alto tasso di NEET può indicare una mancanza di opportunità e prospettive economiche, scoraggiando la formazione di nuove famiglie [4, 12].
- **Variabile HEXP (Spesa Sanitaria Totale):** La spesa sanitaria totale presenta correlazioni positive sia con FAM1 sia con FAM2 (età media delle donne al parto). Questo suggerisce che un maggiore investimento pubblico in sanità è associato a un incremento dell'età media al primo parto e a un miglioramento della fertilità totale. Potrebbe indicare che migliori servizi sanitari e accesso alle cure riproduttive permettono alle donne di posticipare la maternità senza

ridurre il numero totale di figli, garantendo al contempo una maggiore sicurezza nelle decisioni riproduttive.

L'analisi delle correlazioni ha evidenziato relazioni significative tra il tasso di fertilità e diversi indicatori socioeconomici. Questi risultati confermano l'importanza di fattori come le politiche familiari, la partecipazione femminile al mercato del lavoro e l'incertezza economica giovanile nelle decisioni riproduttive. Tali intuizioni saranno fondamentali per la costruzione di un modello statistico robusto e per l'interpretazione dei risultati nelle fasi successive dell'analisi.

4.4 Modello di Regressione con Support Vector Machine (SVM)

Per analizzare l'effetto degli indicatori socioeconomici selezionati sul tasso di fertilità totale, è stato utilizzato un modello di regressione basato sulle Support Vector Machines (SVM). In particolare, è stata implementata una SVM per la regressione *epsilon-insensitive* con kernel radiale di base (RBF). La scelta di questo modello è motivata da:

- **Flessibilità:** l'SVM con kernel radiale è in grado di modellare relazioni non lineari, adattandosi efficacemente a dati complessi tipici delle scienze sociali.
- **Robustezza:** la funzione di perdita *epsilon-insensitive* rende il modello meno sensibile agli outlier e alle variazioni casuali nei dati, migliorando l'affidabilità delle stime.

Il modello di regressione può essere rappresentato dalla seguente equazione generale:

$$\text{FAM1}_{i,t} = f(X_{i,t}) + \varepsilon_{i,t}$$

Dove:

- $FAM1_{i,t}$ è il tasso di fertilità totale nel paese i all'anno t .
- $X_{i,t}$ è il vettore degli indicatori socioeconomici selezionati per il paese i all'anno t .
- $f(\cdot)$ è una funzione non lineare appresa dal modello SVM.
- $\varepsilon_{i,t}$ è l'errore residuo.

Processo di Costruzione del Modello

- **Pre-elaborazione dei Dati:** Il dataset è stato pulito e preparato, garantendo la coerenza dei dati per l'analisi.
- **Suddivisione del Dataset:** Il dataset è stato diviso in modo casuale in un set di training e un set di test, ciascuno contenente il 50% delle osservazioni, per valutare la capacità predittiva del modello su dati non visti durante l'addestramento.
- **Hyperparameter Tuning:** Attraverso una procedura di ottimizzazione, sono stati individuati i valori ottimali per i parametri *cost* e *gamma*. Questo è stato realizzato mediante una ricerca su una griglia di valori, valutando le prestazioni del modello su un set di validazione e scegliendo i parametri che minimizzavano l'Errore Quadratico Medio (RMSE).
- **Addestramento del Modello Finale:** Utilizzando i parametri ottimizzati, il modello SVM è stato addestrato sul set di training completo.
- **Valutazione del Modello:** Le prestazioni del modello sono state valutate sul set di test, calcolando le seguenti metriche di performance:

- *Errore Quadratico Medio (RMSE)*:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}$$

Dove:

- * n è il numero di osservazioni nel set di test.
- * \hat{y}_i è il valore predetto dal modello per l'osservazione i .
- * y_i è il valore osservato per l'osservazione i .

- *Coefficiente di Determinazione (R^2)*:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Dove:

- * \bar{y} è il valore medio dei valori osservati.

Risultati del Modello

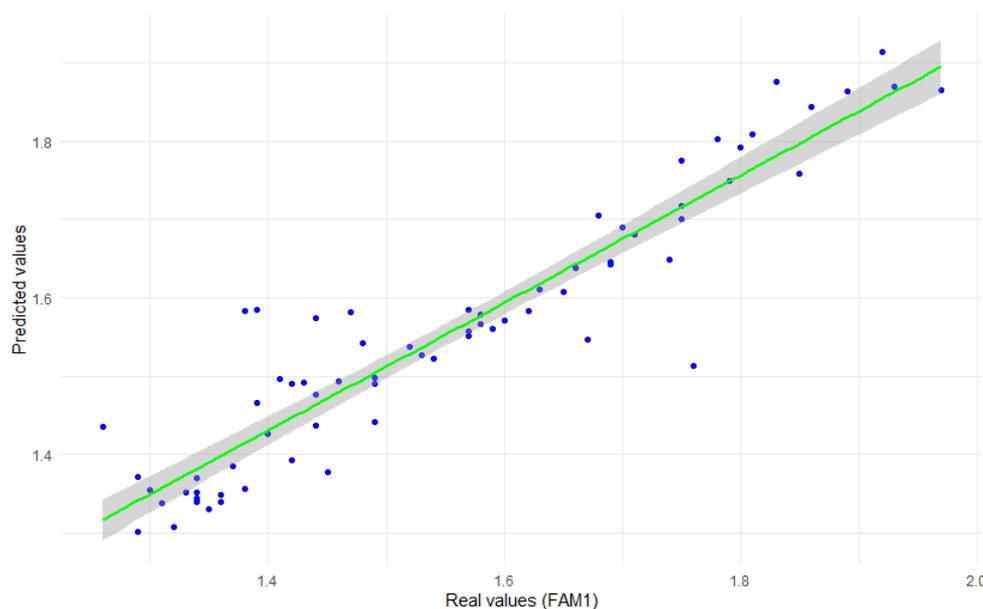
- **Prima dell'Ottimizzazione:**

- RMSE Iniziale: 0.0770
- R^2 Iniziale: 0.8324

- **Dopo l'Ottimizzazione:**

- *Best Cost*: 10
- *Best Gamma*: 0.1
- RMSE Finale: 0.0679
- R^2 Finale: 0.8698

Il miglioramento delle metriche di performance dopo l'ottimizzazione dei parametri indica che il modello ha una maggiore accuratezza predittiva e una migliore capacità di spiegare la variabilità del tasso di fertilità totale.



Il grafico in Figura 3 mostra la relazione tra i valori reali di *FAM1* e quelli predetti dal modello *SVM* ottimizzato. La vicinanza dei punti alla linea di identità (linea diagonale) indica una buona accuratezza del modello. La maggior parte dei punti si allinea lungo questa diagonale, evidenziando la capacità del modello di predire accuratamente il tasso di fertilità totale sulla base degli indicatori socioeconomici selezionati.

4.5 Analisi dell'Importanza delle Variabili tramite Random Forest

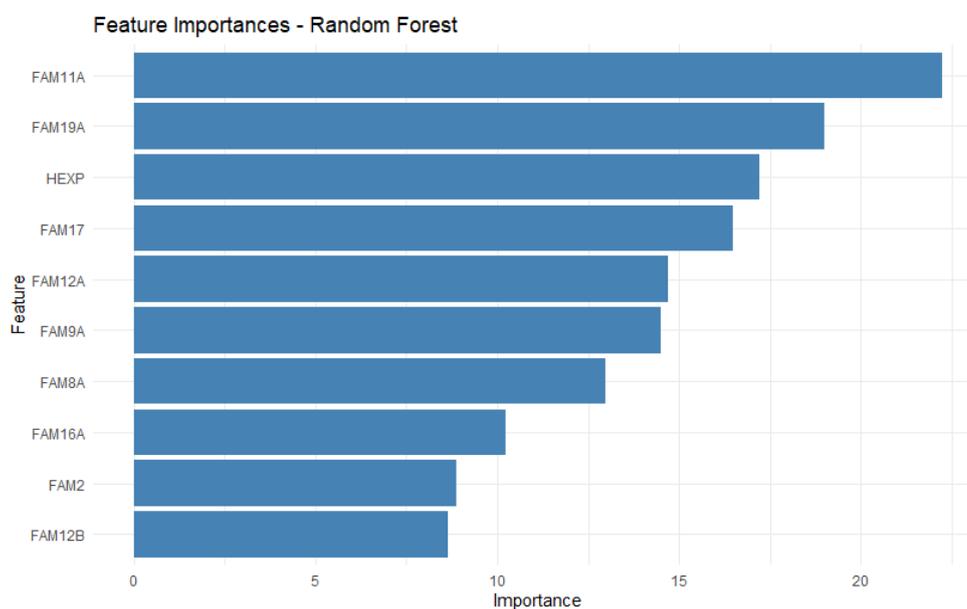
4.5.1 Introduzione al Modello Random Forest

Per capire quali variabili socioeconomiche hanno il maggiore impatto sul tasso di fertilità totale, è stato utilizzato il modello *Random Forest*. Si tratta di un metodo che combina diversi alberi decisionali per analizzare i dati e fornire una stima dell'importanza di ciascuna variabile.

4.5.2 Implementazione del Modello

Le variabili utilizzate nell'analisi sono le seguenti:

- **Variabile dipendente (target):** *FAM1* (tasso di fertilità totale).
- **Variabili indipendenti (features):**
 - *FAM11A*: Spesa pubblica totale per la famiglia come % del PIL.
 - *FAM2*: Età media delle donne al parto.
 - *FAM8A*: Tasso di occupazione delle madri con almeno un figlio sotto i 15 anni.
 - *FAM9A*: Percentuale di bambini con entrambi i genitori occupati.
 - *FAM19A*: Percentuale di giovani NEET (15-29 anni).
 - *HEXP*: Spesa sanitaria totale (% del PIL).
 - *FAM12A*: Congedo di maternità in settimane.
 - *FAM12B*: Congedo di paternità in settimane.
 - *FAM16A*: Tasso di mortalità infantile.
 - *FAM17*: Tasso di povertà infantile.



I risultati confermano l'importanza cruciale delle politiche pubbliche e delle condizioni economiche nel determinare il tasso di fertilità. In particolare, la spesa pubblica per le famiglie (*FAM11A*) emerge come la variabile più influente, indicando che un maggiore investimento pubblico non solo sostiene direttamente le famiglie, ma ha anche effetti positivi su altre variabili socioeconomiche, come la riduzione della percentuale di giovani *NEET* e il miglioramento delle condizioni di benessere generale.

Un altro risultato degno di nota è l'importanza della spesa sanitaria totale (*HEXP*), che si è dimostrata un fattore più influente di quanto inizialmente previsto. Un aumento degli investimenti nella sanità pubblica migliora sia la qualità sia l'accesso ai servizi sanitari, inclusa l'assistenza dedicata alle future e neomamme, contribuendo a creare condizioni più favorevoli per avere figli. Questo evidenzia come politiche sanitarie efficaci possano sostenere le famiglie e influenzare positivamente il tasso di fertilità.

L'analisi evidenzia inoltre che le madri lavoratrici (*FAM8A*) hanno un'influenza maggiore sul tasso di fertilità rispetto alla semplice percentuale di bambini con entrambi i genitori occupati (*FAM9A*). Ciò suggerisce che il sostegno all'occupazione femminile, attraverso politiche di conciliazione tra

lavoro e famiglia, risulta fondamentale per incentivare la natalità.

Infine, l'età media delle donne al parto (*FAM2*) gioca un ruolo minore rispetto ad altre variabili. Questo indica che, sebbene il posticipo della maternità sia un fenomeno diffuso, non è un fattore determinante per la fertilità totale. Al contrario, politiche di welfare familiare che mirano a conciliare famiglia e lavoro (come i congedi parentali *FAM12A* e *FAM12B*) hanno un impatto più significativo sulla fertilità rispetto all'età al primo parto.

La coerenza di questi risultati con le evidenze teoriche e con le analisi preliminari, come la matrice di correlazione, rafforza la validità delle conclusioni. Le variabili identificate come più influenti, quali la spesa pubblica per le famiglie, l'occupazione femminile e la spesa sanitaria, sono riconosciute in letteratura come fattori chiave nel plasmare le scelte riproduttive delle famiglie. Ad esempio, Gauthier (2007) [10] evidenzia come le politiche di sostegno economico alle famiglie possano incentivare la natalità, riducendo i costi associati alla genitorialità. Thévenon (2011) [9] sottolinea l'importanza della partecipazione femminile al mercato del lavoro e di politiche che facilitino la conciliazione tra lavoro e famiglia, indicando che il sostegno all'occupazione femminile può avere un impatto significativo sulla fertilità.

Capitolo 5

Conclusioni

L'analisi condotta in questa tesi ha dimostrato come diversi fattori socioeconomici influenzino significativamente il tasso di fertilità nei paesi europei. In particolare, la spesa pubblica destinata al sostegno delle famiglie si è rivelata di cruciale importanza.

Questo evidenzia che un maggiore investimento pubblico in politiche di welfare familiare non solo ha un effetto positivo sul tasso di fertilità totale, ma influisce positivamente anche su altre variabili socioeconomiche, come la riduzione della percentuale di giovani NEET e il miglioramento del benessere generale.

Parallelamente, la spesa sanitaria totale si è dimostrata un fattore significativo da considerare. Un aumento degli investimenti nella sanità pubblica migliora sia la qualità sia l'accesso ai servizi sanitari, inclusa l'assistenza dedicata alle future e neo-mamme, contribuendo a creare condizioni più favorevoli per avere figli.

Infine, l'occupazione delle madri ha un'influenza significativa sul tasso di fertilità, maggiore rispetto all'occupazione di entrambi i genitori. Questo suggerisce che il sostegno all'occupazione femminile, attraverso politiche di conciliazione tra lavoro e famiglia, sia molto efficace nell'incentivare la natalità.

Alla luce di questi risultati, per migliorare la propria fertilità, i paesi

analizzati dovrebbero concentrarsi su:

- **Aumentare la spesa pubblica per le famiglie:** Implementare politiche che prevedano maggiori investimenti in benefici monetari, servizi per l'infanzia e sgravi fiscali per le famiglie, al fine di ridurre i costi associati alla genitorialità e sostenere economicamente le coppie che desiderano avere figli.
- **Promuovere l'occupazione femminile e la conciliazione tra lavoro e famiglia:** Sviluppare misure che facilitino l'accesso delle donne al mercato del lavoro, come orari di lavoro flessibili, congedi parentali retribuiti e servizi di assistenza all'infanzia accessibili e di qualità. Ciò consentirebbe alle donne di perseguire sia le proprie aspirazioni professionali sia quelle familiari, senza dover scegliere tra le due.
- **Investire nella sanità pubblica:** Migliorare l'accesso e la qualità dei servizi sanitari, in particolare quelli rivolti alla maternità, può avere un impatto positivo sulle decisioni riproduttive delle coppie. Un sistema sanitario efficiente riduce le incertezze legate alla gravidanza e alla cura dei figli, rendendo più sicuro e sostenibile il percorso verso la genitorialità.

Tuttavia, il presente studio ha alcune limitazioni. L'analisi ha considerato solo alcuni dei possibili fattori che influenzano la fertilità, mentre altri elementi, come le norme culturali, la situazione economica delle famiglie e le politiche migratorie, potrebbero avere un ruolo significativo ma non sono stati inclusi in questo studio. Inoltre, la disponibilità di dati più estesi e su un periodo temporale più lungo potrebbe consentire una valutazione più accurata e robusta degli indicatori.

Per le ricerche future, sarebbe utile ampliare l'analisi includendo ulteriori indicatori socioeconomici e demografici, estendendo lo studio a un numero maggiore di paesi, anche al di fuori dell'Europa. Questo permetterebbe di

confrontare diverse realtà e di comprendere meglio le dinamiche che influenzano la fertilità a livello globale. Inoltre, disporre di serie storiche di dati più estese e consistenti consentirebbe di eseguire analisi più approfondite e precise. Ciò potrebbe portare a formulare raccomandazioni più accurate nel promuovere la natalità.

In conclusione, la natalità rappresenta un problema complesso che richiede interventi su più fronti. Dall'analisi condotta emerge che è fondamentale adottare una combinazione di politiche che includano maggiori investimenti nel welfare familiare, promuovano l'integrazione delle donne nel mondo del lavoro e facilitino la conciliazione tra vita lavorativa e familiare, oltre ad assicurare un sistema sanitario efficiente. Intervenendo su questi aspetti, è possibile invertire il trend negativo della fertilità e favorire un ricambio generazionale più stabile.

5. Conclusioni

Bibliografia

- [1] Lutz, W. (2006). Fertility rates and future population trends: Will Europe's birth rate recover or continue to decline? *International Journal of Andrology*, 29(1).
- [2] Balbo, N., Billari, F. C., & Mills, M. (2013). Fertility in advanced societies: A review of research. *European Journal of Population*, 29(1).
- [3] Mills, M., Rindfuss, R. R., McDonald, P., & te Velde, E. (2011). Why do people postpone parenthood? Reasons and social policy incentives. *Human Reproduction Update*, 17(6).
- [4] Vignoli, D., Bazzani, G., Guetto, R., Minello, A., & Pirani, E. (2020). A reflection on economic uncertainty and fertility in Europe: The narrative framework. *Genus*, 76(28).
- [5] Józwiak, J., & Kotowska, I. E. (2008). Decreasing Birth Rates in Europe: Reasons and Remedies. *European View*, 7(2).
- [6] Esping-Andersen, G. (1999). *Social foundations of postindustrial economies*.
- [7] Matysiak, A., Sobotka, T., & Vignoli, D. (2020). The Great Recession and fertility in Europe: A sub-national analysis. *European Journal of Population*, 37(1).

-
- [8] Kotowska, I. E., Józwiak, J., Matysiak, A., & Baranowska, A. (2008). Poland: Fertility decline - a response to profound societal change and transformations in the labour market? *Demographic Research*, 19.
- [9] Thévenon, O. (2011). Family policies in OECD countries: A comparative analysis. *Population and Development Review*, 37(1).
- [10] Gauthier, A. H. (2007). The impact of family policies on fertility in industrialized countries: A review of the literature. *Population Research and Policy Review*, 26(3).
- [11] Testa, M. R. (2012). Family sizes in Europe: Evidence from the 2011 Eurobarometer survey. *European Demographic Research Papers*.
- [12] Kreyenfeld, M., Andersson, G., & Pailhé, A. (2012). Economic uncertainty and family dynamics in Europe: Introduction. *Demographic Research*, 27.
- [13] McDonald, P. (2006). Low fertility and the state: The efficacy of policy. *Population and Development Review*, 32(3).
- [14] Zhang, T.-T., Cai, X.-Y., Shi, X.-H., Zhu, W., & Shan, S.-N. (2023). The effect of family fertility support policies on fertility, their contribution, and policy pathways to fertility improvement in OECD countries.