**SVILUPPO E IMPLEMENTAZIONE DI UN MODELLO DI PROGRAMMAZIONE MATEMATICA PER LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELLE DIETE ALIMENTARI.**

Laureanda: *Giulia Magnani*

Relatore: *Prof. Michele Donati*

Correlatori: *Dott.ssa Martina Di Pietro; Prof.ssa Francesca Scazzina; Dott.ssa Alice Rosi*

*Università degli Studi di Parma, Dipartimento di Bioscienze.*

Corso di laurea: *Scienze e Tecnologie per l’ambiente e le risorse.*

Il cambiamento climatico è ormai un problema risaputo, ovunque se ne parla, ma la colpa si pensa sempre che sia degli altri, invece non è così; collegata agli impatti ambientali come le emissioni di CO2 e il consumo di H2O, vi è principalmente la produzione alimentare, uno dei settori più impattanti sul pianeta in cui viviamo.

Da diversi studi è emerso che a stili alimentari differenti corrispondono impatti ambientali più o meno accentuati, di conseguenza ognuno di noi, in base alle scelte alimentari che fa, ha un impatto più o meno significativo sull’ambiente. Questi studi, insieme alle note problematiche globali sulla disponibilità di cibo per tutti e sulle malattie collegate ad un’alimentazione scorretta, danno la possibilità di riflettere sulle attuali diete alimentari soffermandosi sulla sostenibilità di queste.

Nasce quindi il concetto di “Dieta Sostenibile”, ovvero “diete a basso impatto ambientale che contribuiscono alla sicurezza alimentare e nutrizionale, nonché a una vita sana per le generazioni presenti e future. Le Diete Sostenibili concorrono alla protezione e al rispetto della biodiversità e degli ecosistemi, sono culturalmente accettabili, economicamente eque e accessibili, adeguate, sicure e sane sotto il profilo nutrizionale e, contemporaneamente, ottimizzano le risorse naturali e umane” (FAO, 2010).

L’idea di questo progetto di tesi nasce proprio da qui, dal desiderio di creare una dieta sostenibile partendo da un modello già esistente ed ampliandolo per rendere la dieta ottenuta più realistica ed accettabile.

L’obiettivo di questo lavoro di tesi è quello di analizzare le abitudini alimentari attuali di un campione di popolazione costituito da ragazzi/e tra i 18 e i 20 anni di età e modificarle cercando di renderle sostenibili.

Per fare ciò, è stato quindi costruito un modello matematico che fosse in grado di ottimizzare la dieta alimentare attuale ed individuare la Dieta Sostenibile, ovvero una dieta alimentare ottimale, che al minimo costo e al minimo impatto ambientale sia in grado di fornire i fabbisogni nutritivi giornalieri.

Per poter arrivare a questo obiettivo si è scelto di studiare, attraverso la somministrazione di un diario alimentare settimanale, le abitudini alimentari di 104 studenti/studentesse frequentanti la quinta superiore, in diverse scuole della provincia di Parma, così da riuscire ad avere una fotografia dei consumi attuali della popolazione di riferimento da utilizzare come dati di riferimento.

È stato quindi svolto un lavoro di organizzazione e di ricerca bibliografica, partendo dai dati raccolti, per ciascun prodotto/ricetta indicato sui Diari Alimentari: sono stati ricercati in bibliografia i valori nutrizionali, sia dei macronutrienti che dei micronutrienti, i valori degli impatti ambientali (Carbon Footprint o misura delle emissioni di gas serra; Water Footprint o misura dei consumi di risorse idriche), ed i costi, mediante una ricerca di mercato in 4 punti vendita della grande distribuzione nella zona (COOP/CONAD/EUROSPIN/LIDL), così da riuscire a creare 3 diversi Database (DB NUTRIZIONALE; DB AMBIENTALE; DB ECONOMICO).

Il metodo utilizzato per l’individuazione della dieta sostenibile è quello della programmazione matematica, una branca della ricerca operativa finalizzata ad individuare l’ottimo, o la via più efficiente, per utilizzare le risorse limitate. Questo metodo ha per oggetto lo studio di problemi in cui si richiede di determinare i punti di minimo o di massimo di una funzione a valori reali, detta funzione obiettivo, in un insieme di soluzioni predefinite, detto insieme ammissibile. La programmazione matematica si suddivide al suo interno in differenti metodi, per il nostro lavoro di tesi abbiamo utilizzato due di questi diversi metodi:

* La programmazione lineare (PL), ovvero una classe di metodi di ottimizzazione validi per problemi in cui la funzione obiettivo e i vincoli sulle variabili sono di tipo lineare (utilizzata nel nostro lavoro di tesi per minimizzare l’impatto economico e l’impatto ambientale separatamente).
* La programmazione lineare multi-obiettivo (MOLP), ovvero una classe di metodi di ottimizzazione validi per minimizzare/massimizzare contemporaneamente due o più funzioni obiettivo (utilizzata nel nostro lavoro di tesi per minimizzare l’impatto economico e l’impatto ambientale simultaneamente, andando a minimizzare la deviazione rispetto al target o dato di riferimento, ovvero la funzione obiettivo dei modelli a singola dimensione).

A questo punto per iniziare la preparazione del modello di ottimizzazione, è stato svolto un lavoro di armonizzazione tra i 3 database creati, così da riuscire ad identificare ogni alimento con un Foodcode, o codice numerico, che permettesse un riconoscimento univoco dei prodotti e che agevolasse anche la gestione dei dati. Si è poi passati all’organizzazione dei dati raccolti, per prima cosa i diversi alimenti sono stati suddivisi nei cinque pasti, secondo le abitudini alimentari dei ragazzi, successivamente sono stati individuati quegli alimenti da escludere dall’output finale poiché considerati solamente come ingredienti delle ricette (es. farina, erbe aromatiche, amido, ecc.). In questo modo siamo riusciti ad ottenere dei risultati finali suddivisi nei cinque pasti.

Alla base del nostro modello matematico vi sono delle solide regole nutrizionali. La dieta ideale dovrà essere sicura e sana sotto il profilo nutrizionale ed appetibile. Il modello pertanto tiene conto di due classi di vincoli. La prima individua i vincoli nutrizionali:

* Fabbisogno nutrizionale giornaliero
* Contenuto macronutrienti nelle 24 ore e nei pasti
* Contenuto micronutrienti nelle 24 ore e nei pasti
* Soglie per componenti nutrizionali nelle 24 ore
* Ripartizione Kcal per pasto

Gli altri vincoli successivamente individuati per poter rendere la dieta finale più realistica ed accettabile sotto il punto di vista dell’appetibilità sono:

* Vincoli di frequenza
* Vincoli di porzione
* Vincoli di associazione
* Vincoli di appetibilità e culturali

Seguendo le indicazioni fornite dalle Linee Guida per una sana alimentazione Italiana, sono state inserite delle frequenze minime/massime per alcune categorie di alimenti, e sono stati anche attribuiti ai vari prodotti degli standard qualitativi di assunzione in accordo con quanto indicato dalla Società Italiana per l’Alimentazione Umana. Il modello considera inoltre le relazioni di associazione tra alcuni alimenti, in quanto non è possibile consumare alcuni alimenti in assenza di altri (es. biscotti/latte). Infine, sono stati inseriti dei limiti di porzione minime per alcune categorie ritenute importanti per l’appetibilità della dieta e per le tradizioni locali del luogo e le abitudini alimentari (alimenti tradizionali, carni bianche e pesce).

Dopo aver importato tutti i dati, creato i 3 database, create le tabelle (suddivisione prodotti nei 5 pasti, esclusione ingredienti, frequenza, porzione, ecc.), e definito i vari vincoli, è stato necessario definire i vari modelli e le relative funzioni obiettivo.

I modelli creati per l’identificazione delle diverse tipologie di dieta che si vogliono ottenere dal programma di ottimizzazione sono sei:

* Modello 1, dieta che minimizza i costi, calcolata minimizzando il costo settimanale della dieta;
* Modello 2, dieta che minimizza le emissioni di CO2, calcolata minimizzando l’impatto settimanale dell’indicatore Carbon Footprint;
* Modello 3, dieta che minimizza i consumi di H2O, calcolata minimizzando l’impatto settimanale dell’indicatore Water Footprint;
* Modello 4, dieta che minimizza gli impatti ambientali, caratterizzata da sostenibilità ambientale totale, minimizzando per entrambi i singoli indicatori ambientali, la deviazione rispetto al dato di riferimento, ovvero la funzione obiettivo modello risolta per singola dimensione;
* Modello 5, dieta che minimizza sia gli impatti economici che quelli ambientali, caratterizzate quindi da sostenibilità integrata, ovvero quella dieta che al medesimo tempo risulti essere sostenibile sia dal punto di vista economico che ambientale; calcolata minimizzando per entrambi gli impatti, la deviazione rispetto al dato di riferimento, sia per quanto riguarda la componente economica, sia per quella ambientale (per entrambi gli indicatori ambientali considerati). Si evidenzia che è stato attribuito lo stesso peso alle due componenti, in modo tale che la componente economica avesse la stessa importanza di quella ambientale;
* Modello 6, dieta minimax, con lo stesso obiettivo della dieta del modello 5, ma con l’unica differenza che questa dieta tiene conto anche dei punti al di fuori dei vertici del poligono definito dai vincoli del modello.

Questi sei modelli ottenuti, li abbiamo confrontati con la dieta corrente della popolazione osservata. I risultati ottenuti mostrano che il modello riesce a rispondere, nelle sue differenti configurazioni, in maniera adeguata ai fabbisogni nutrizionali sia per i macro che per i micronutrienti. Inoltre le diete individuate risultano appetibili e coerenti con le tradizioni alimentari locali. Una evidenza importante che si nota dai risultati, è che la dieta attuale del campione di riferimento, risulta essere inadeguata per la maggior parte delle componenti nutrizionali, in particolare si osserva che nella dieta attuale vengono consumati alimenti con un intake calorico molto elevato (Figura 1), e che alcune quantità di nutrienti, ad esempio di sodio, presentano valori molto più elevati rispetto alle diete ottimali.

Figura 1 – Composizione Dieta Settimanale

Per quanto riguarda i costi, è risultato che la dieta al minimo impatto ambientale presenta un costo di circa 26€, con una riduzione rispetto alla dieta attuale di circa il 43% (Figura2). Questo risultato è in linea con quanto è presente in letteratura, in cui si afferma che la dieta sostenibile non per forza deve essere più costosa.

Figura 2 – Costo settimanale

È risultato che il modello integrato riesce a migliorare gli impatti ambientali, mentre confrontando gli scostamenti rispetto ai valori target, il modello minimax restituisce performance medie peggiori.

Un suggerimento che si può dare attraverso l’interpretazione dei risultati ottenuti, è che una dieta sostenibile dovrebbe considerare un maggior consumo di frutta/verdura, con particolare riferimento alla frutta secca, un minor consumo di carne dando preferenza al pesce, ed un maggior consumo di latticini, in particolare latte e yogurt.

I risultati del modello hanno messo in evidenza l’esistenza di una correlazione negativa tra le emissioni di CO2 e il consumo di H2O che porta a valori molto alti di una mentre si minimizza l’altra (Figura 3; Figura 4). Questa relazione dovrebbe essere ulteriormente investigata per individuare le cause, da ricercare probabilmente nella qualità dei dati estrapolati dalla letteratura esistente.

Figura 3 – Emissioni di CO2 settimanali

Figura 4 – Consumo di H2O settimanale

Un altro limite emerso è quello relativo alla lista iniziale di alimenti e bevande, che risulta essere limitata e non esaustiva. Per risolvere questo limite, tenendo presente che la maggior parte degli alimenti sono legati alla stagionalità, si potrebbe somministrare il diario alimentare in momenti diversi dell’anno così da riuscire ad inglobare molti più alimenti.

Un possibile sviluppo futuro del lavoro è rappresentato dall’estensione della popolazione di riferimento a fasce di età differenti e registrare i loro consumi in diversi momenti dell’anno così da avere dei dati iniziali più completi. Altra prospettiva sarebbe quella di cercare di reperire dei dati più precisi sui valori di impatto ambientale, in particolare per l’indicatore Ecological Footprint, il quale è stato escluso da questo progetto di tesi poiché nei vari test condotti determinava distorsioni importanti dei risultati.

Un’altra prospettiva di lavoro riguarda l’estensione del modello all’analisi delle problematiche legate alle allergie alimentari, sempre più presenti nelle società moderne.

Ultima ma non meno importante è la prospettiva riguardante la realizzazione del 4 Leaf-Clover Solution, un progetto realizzato durante il lavoro di tesi precedente svolto da una laureata in Scienze Ambientali, una dottoranda del Dipartimento di Scienze della Nutrizione e da una laureata in Scienze Gastronomiche, volto a diffondere il concetto di Dieta Sostenibile (sostenibilità nutrizionale + sostenibilità ambientale + sostenibilità economica + sostenibilità fisico-motoria) attraverso la creazione di un’applicazione per smartphone e tablet.