



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università degli studi
"G. d'Annunzio"



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



crea
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria

Missione 4 Istruzione e Ricerca

ECOWHEATALY

Evaluation of policies for enhancing
sustainable wheat production in Italy

PRIN MUR 2022

Modello Multi-Rank per la
Simulazione del Mercato Agricolo

Gianfranco Giulioni, Alessandro Ceccarelli



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Università degli studi
"G. d'Annunzio"



Consiglio Nazionale
delle Ricerche



crea
Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria

Outline

- Inizializzazione
- Descrizione degli agenti
- Descrizione della dinamica
- Risultati preliminari





Inizializzazione e Bilanciamento del Carico Computazionale

Architettura Tecnica

- Il modello è eseguito su più **ranks Message Passing Interface (MPI)**:
 - Ciascuno gestisce un sottoinsieme di agenti nazionali
- Il modulo **load_balancing.py**:
 - Gestisce la distribuzione delle aziende in modo uniforme tra i ranks ottimizzando il carico computazionale
- Dataset di input:
 - lb_input_real_farms.csv, che contiene aziende reali con attributi provinciali e altimetrici

Output dell'Inizializzazione

Il processo genera due tipologie di file per ogni rank:

- abm_input_real_farms_rankX.csv
- abm_input_artificial_farms_rankX.csv

Questa struttura garantisce che ogni rank riceva un sottoinsieme bilanciato di aziende.

Processo di Allocazione Intelligente

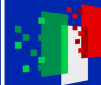
- Aziende divise equamente tra i *ranks*
- Le province ordinate e assegnate ai *ranks* fino a saturazione del budget di aziende

Combinazione Aziende

- Le aziende reali provenienti dai dati RICA vengono combinate con aziende artificiali generate:
 - Il tutto, per garantire la copertura territoriale completa di tutte le province e fasce altimetriche italiane

Risultato

- Ogni rank riceve un sottoinsieme bilanciato di aziende, garantendo equilibrio computazionale e copertura territoriale realistica
- L'algoritmo ottimizza la distribuzione del carico tra i processi paralleli preservando la coerenza geografica



Load balancing: inputs

- Gli **input** sono composti da 2 file:
 - Dati per ogni singola impresa ottenuti da RICA
 - Numero di terreni per ogni provincia-altimetria ottenuti dal censimento ISTAT
- Dalla differenza tra il numero di terreni dal censimento e il numero di osservazioni RICA per ogni provincia-altimetria determiniamo il numero di imprese da creare.

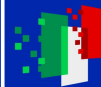
file lb_input_real_farms.csv (1846 osservazioni da RICA)

farm_code	province	altimetry	crop_acreage	farm_acreage	gender	young
270200801048400001	Grosseto	Montagna	16.30	35.00	M	N
270200801046000001	Grosseto	Collina	15.50	27.80	M	N
270200801055000001	Grosseto	Collina	5.00	20.85	F	N

file lb_input_provinces_n_farms.csv (121 osservazioni)

Province	Altimetry	Number of Farms
Grosseto	Montagna	5
Grosseto	Collina	27
Grosseto	Pianura	8
Pesaro e Urbino	Collina	73

Nota: Verranno create 242 imprese artificiali per garantire la copertura territoriale completa di tutte le province e fasce altimetriche italiane.



Load balancing: output

- Il processo di load balancing produce **2 file** per ogni **rank**:
 - Dati per ogni impresa ottenuti da RICA, che saranno gestiti da quel rank
 - Numero di terreni per ogni provincia-altimetria, ottenuti dal censimento ISTAT gestiti da quel *rank*
- Con 4 rank abbiamo 8 file di output

load_balancing.py

```
All provinces, altimetry in RICA are in census. Proceeding to the allocation
rank 0 n real farm 478 n artificial farm 44 total 522
rank 1 n real farm 460 n artificial farm 62 total 522
rank 2 n real farm 470 n artificial farm 52 total 522
rank 3 n real farm 438 n artificial farm 84 total 522
total number of real farms 1846
total number of artificial farms 242
total number of farms 2088
```

% head -n 6 abm_input_real_farms_o.csv

Farm code	Province	Altimetry	Crop acreage	Farm acreage	Gender	Young	Cluster	Rank
281200800910300001	Ancona	Collina	19.99	43.67	M	N	0	0
281200802000900001	Ancona	Collina	23.23	47.64	M	N	2	0

% head -n 6 abm_input_artificial_farms_o.csv

Province	Altimetry	N_farms
Agrigento	Collina	2
Agrigento	Montagna	2



Creazione imprese

- Creazione delle **imprese artificiali**:
 - File di configurazione *abm_input_provinces_params.csv*
 - Contiene, per ogni provincia, i parametri necessari alla generazione delle imprese artificiali.
- Fonte dei dati**:
 - Stime derivate da RICA e Censimento dell'Agricoltura
 - Parametri calcolati a livello provinciale per riflettere la struttura reale del settore
- Approccio metodologico**:
 - Le imprese vengono inizializzate sulla base dei parametri osservati
- Valori mancanti** ricostruiti tramite estrazione dalle distribuzioni stimate, garantendo coerenza statistica

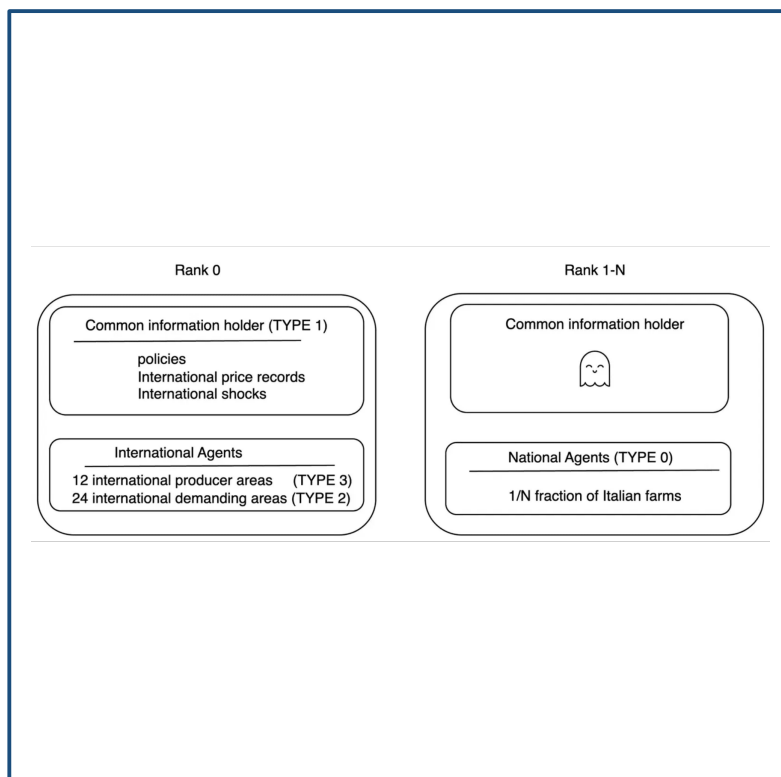
province	Agrigento
altimetry	Collina
n_farms	3763.0
tot_sau_ha	46849.5
lambda1	0.54768
lambda2	17.18282
lambda3	3.61935
s1	0.1352
s2	0.04185
s3	0.09806
max_yield	82.56
risk	57.05
wheat_acreage_distribution	Inverse Gaussian,12.4500292319957,5.7382451759...
farm_acreage_distribution	Loglogistic,1.72137791174716,0.35987219883779,...
age_distribution	Skew Generalized Error,62.2848755761064,16.045...
share_of_ladies	0.34

questo ci consente di ricostruire le variabili estraendole dalle distribuzioni stimate:

farm code	province	altimetry	crop_acreage	farm_acreage	gender	young
-----------	----------	-----------	--------------	--------------	--------	-------



Struttura Gerarchica: Livello Internazionale e Nazionale



RANK 0 — Livello Internazionale

Il Rank 0 ospita il **Common Information Holder (Type 1)** che gestisce politiche agricole, prezzi internazionali e shock globali. A questo livello operano gli **International Agents**: 12 aree produttrici (Type 3) e 24 aree di domanda (Type 2).

RANK 1-N — Livello Nazionale

Ciascuno dei ranks nazionali contiene un “*Common Information Holder*”, che riceve informazioni dai livelli superiori. I **National Agents (Type 0)** rappresentano una frazione 1/N delle aziende agricole italiane, distribuita equamente tra i ranks paralleli.

Type 3: Producer - genera offerta internazionale

Type 2: Demand - determina domanda globale

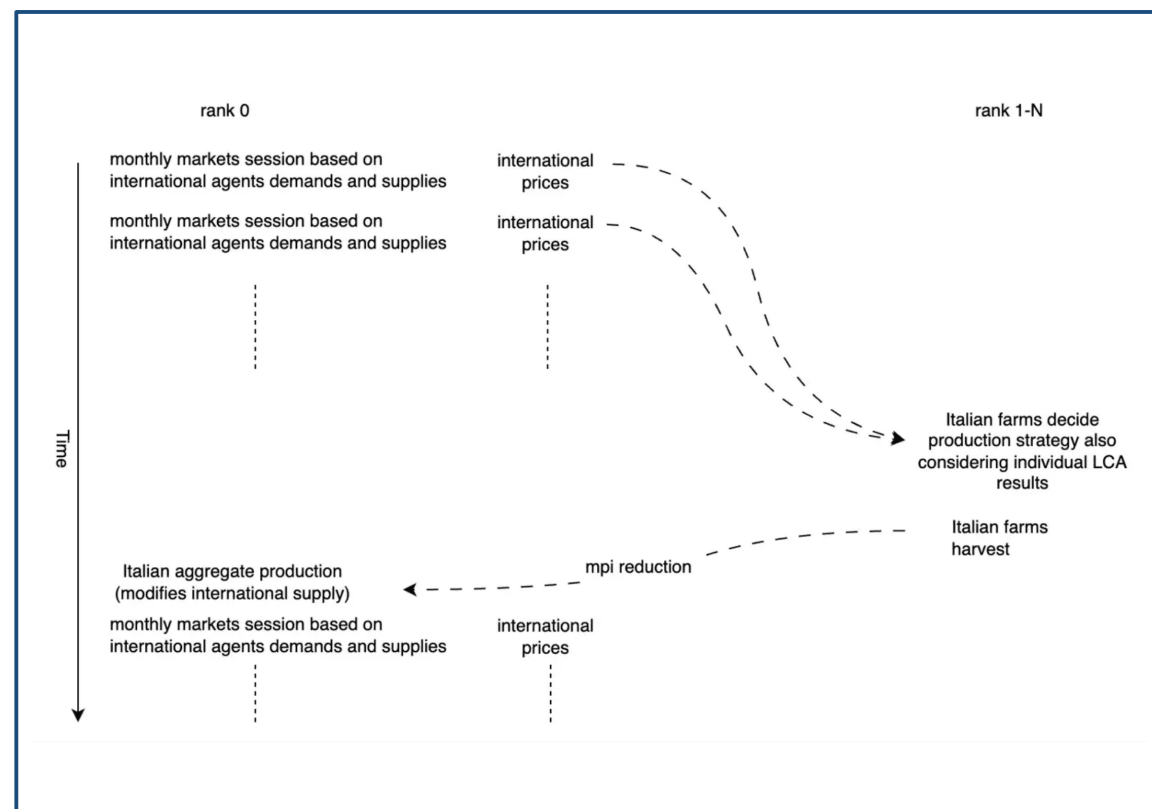
Type 1: Common Holder - coordina informazioni

Type 0: National Farm - strategie produttive

Il modello combina logiche top-down (prezzi e politiche globali) con feedback bottom-up (produzione nazionale aggregata).



Ciclo Iterativo Mensile: Le Tre Fasi



1 MERCATO INTERNAZIONALE (RANK 0)

Sessioni mensili di mercato tra agenti internazionali (Type 2 e Type 3). Domanda e offerta interagiscono per determinare i **prezzi internazionali** delle commodity agricole, che vengono registrati nel Common Information Holder e trasmessi ai ranks nazionali.

2 DECISIONI NAZIONALI (RANK 1-N)

Le aziende agricole italiane **ricevono i prezzi internazionali** e li **integrano** con i risultati delle **analisi LCA individuali**. Ogni azienda quanto produrre e quali tecniche adottare, considerando redditività economica e impatto ambientale.

3 FEEDBACK E AGGIORNAMENTO

Le decisioni produttive aggregate generano un **output di produzione nazionale** che viene comunicato al Rank 0. Questa produzione modifica l'offerta internazionale disponibile, influenzando il successivo ciclo mensile di formazione dei prezzi.



Caratteristiche del Processo Iterativo



Sincronizzazione Mensile Rigorosa

- **Sincronizzazione mensile** tra i livelli gerarchici
- **Ogni ciclo mensile coordina sessioni** di mercato **internazionali** (Rank 0) con **decisioni** produttive **nazionali** (Rank 1-N)

Coerenza temporale tra dinamiche globali e locali



Feedback Iterativo e Convergenza

- Il feedback iterativo portato avanti fino al **raggiungimento dell'equilibrio** di mercato
- I **prezzi si stabilizzano** e le **strategie** produttive si **allineano**

Convergenza verso un equilibrio dinamico di mercato



Integrazione Shock Esogeni

- Possibilità di **integrare shock esogeni** o **variazioni di policy** attraverso il *Common Information Holder*
- L'approccio abilita **valutazioni di resilienza** del **sistema produttivo**

Flessibilità per analisi di scenario e policy

Sintesi

Il sistema evolve dinamicamente grazie a uno scambio continuo di informazioni tra livelli globali e nazionali. La combinazione di sincronizzazione rigorosa, feedback iterativo e capacità di integrare shock esterni rende il modello uno strumento robusto e flessibile per l'analisi delle politiche agricole e la valutazione della resilienza dei sistemi produttivi.



Robustezza del Modello e Coerenza Multi-Livello

Verifiche Iniziali

Distribuzione Aziende

- Test di corretta distribuzione delle aziende sui ranks:
 - Uniformità nella numerosità e coerenza territoriale (province, altimetrie).

Performance Computazionale

- **Riduzione** significativa del **tempo di inizializzazione** rispetto alla versione sequenziale

✓ Bilanciamento Ottimale

Carico computazionale distribuito equamente tra i processi paralleli

✓ Copertura Territoriale

Rappresentazione completa di tutte le province e fasce altimetriche italiane

Validato

Prossimi Step

Analisi di Sensitività: Valutazione dell'impatto di diversi parametri di policy agricola sul sistema produttivo

Shock esogeni: Introduzione di eventi climatici estremi per testare la resilienza del sistema

Validazione Empirica: Confronto dei risultati simulati con le serie storiche RICA (Rete di Informazione Contabile Agricola)

Obiettivo

Confermare la robustezza del modello attraverso validazione empirica e analisi di scenario avanzate.



Un Framework Scalabile per l'Analisi delle Politiche Agricole

Caratteristiche Distintive

Rappresentazione realistica delle interazioni tra mercati globali e aziende nazionali

Scalabilità computazionale attraverso bilanciamento intelligente del carico MPI

Integrazione multi-livello di dinamiche *top-down* e *feedback bottom-up*

Applicazioni Policy

Valutazione ex-ante di politiche agricole alternative e scenari di sostegno economico

Analisi LCA integrata per valutare impatti economici e ambientali

Simulazione shock globali e propagazione attraverso i mercati

Prospettive di Sviluppo

Integrazione modelli meteo e/o comportamentali per simulare effetti del cambiamento climatico

Dinamiche di mercato del lavoro e investimenti in capitale

Espansione geografica ad altri paesi europei e regioni globali

L'architettura parallela MPI consente di **simulare migliaia di aziende**, integrando **dinamiche globali dei prezzi** e **decisioni produttive individuali**. Le analisi LCA permettono di valutare congiuntamente **impatti economici e ambientali**.

Un framework flessibile e scalabile per l'analisi di scenario su politiche agricole, sostenibilità ambientale e resilienza dei sistemi produttivi