

Luciano Pilati¹,
Mario Prestamburgo²

Congiunzione nei fattori e congiunzione sequenziale nei siti foraggeri

¹ Department of Economics and Management, University of Trento (Italy).

² Department of Economic, Business, Mathematical and Statistical Sciences, University of Trieste (Italy)

Keywords: migratory beekeeping, forage sites, pollination services, jointness in input, sequential jointness in forage sites

JEL Codes: Q12, Q57

The migratory beekeeper follows the seasonal progression of flowering, moving bee colonies from one forage site to another. Migratory management of bee colonies offers the possibility of integrating two sources of income: the provision of commercial pollination services and the production of honey.

There are numerous forage areas suitable for accommodating the bee colonies at each stage of migration, differing according to the location and the type of plants which cover them. The beekeeper therefore needs to address and resolve the problem of locating a sequence of forage sites to be followed throughout the migration.

Given the seasonability of the crops produced on the forage areas, the analysis on the jointness in input may be carried out on two levels. On the first level, it is considered the single forage area, on the second level the sequence of forage areas.

1. Introduzione

La gestione migratoria o nomade dell'apicoltura orientata alla fornitura di servizi d'impollinazione ai coltivatori si è diffusa nel corso dell'ultimo mezzo secolo prima negli USA e poi in Europa. Le motivazioni che spingono gli apicoltori a trasferire le colonie d'api sul territorio nel corso delle stagioni, da un sito foraggero ad un altro, sono molteplici. Le rarefazioni degli insetti pronubi selvatici e le concomitanti specializzazioni delle colture sul territorio, (Garibaldi *et al.*, 2009; Bauer e Wing, 2010), hanno attivato una domanda di servizi d'impollinazione che l'apicoltura migratoria cerca di soddisfare. Grazie al servizio d'impollinazione i coltivatori conseguono un aumento della quantità o qualità del raccolto e gli apicoltori percepiscono i canoni di locazione delle colonie d'api.

La gestione migratoria dell'apicoltura trova un'ulteriore e significativa motivazione nei vantaggi che offre alla produzione di miele. La migrazione consente infatti di produrre miele uni-florali e di aumentare le rese della colonia d'api¹.

¹ L'apicoltura nomade era praticata già nell'antico Egitto. Le colonie d'api venivano trasportate sul Nilo dall'Alto Egitto verso il Basso Egitto per inseguire la progressione delle fioriture.

L'apicoltura migratoria è un'attività multi-output: produce miele, una gamma di output fisici minori e un fondamentale servizio d'impollinazione. Questo servizio assume carattere commerciale quando l'apicoltore noleggia, a pagamento, le colonie d'api ai coltivatori, mentre si configura come un servizio d'impollinazione eco-sistemico quando le colonie d'api sono allocate ad un sito coperto da vegetazione spontanea².

Quando la gestione dell'apicoltura è migratoria, gli output della colonia d'api si susseguono e cambiano, *step-wise* sui siti foraggeri. Nella stagione primaverile prevale di regola la produzione di servizi commerciali d'impollinazione mentre nella stagione estiva la produzione di miele. La produzione assume quindi una connotazione sequenziale multi-output e multi-sito. Questo contesto produttivo sequenziale pone un problema di specificazione della congiunzione nei fattori.

Shumway *et al.* (1984) hanno aperto un filone di studi sul fattore fisso allocabile come causa di congiunzione, un filone che si è arricchito progressivamente di interessanti contributi metodologici (Lynne, 1988; Chambers e Just, 1989; Gorddard, 2013).

Negli anni Novanta, le ricerche sulla multifunzionalità della produzione agricola hanno evidenziato che oltre a cibo, fibre ed energia l'agricoltura produce esternalità e beni pubblici (Peerlings e Polman, 2004). Congiuntamente all'output vendibile potrebbe perciò essere prodotta un'esternalità positiva sotto forma di servizio eco-sistemico non mercatale (Wossink e Swinton, 2007). L'analisi della congiunzione nei fattori si è aperta conseguentemente nei confronti della relazione tra output mercatali e biodiversità (Havlick *et al.*, 2005).

Tutte le tipologie di congiunzione nei fattori sopra citate attengono ad un contesto di produzione definito da Antle (1983) *one period decision problem*. Il contesto della produzione sequenziale, caratterizzato dal fatto che una dotazione di fattori fissi viene utilizzata per produrre output differenziati e susseguenti nel corso delle stagioni, è rimasto invece inesplorato nell'ottica della congiunzione nei fattori.

Il presente lavoro intende sviluppare un'analisi della congiunzione nei fattori nel caso dell'apicoltura migratoria considerata paradigmatica della produzione sequenziale.

Nel paragrafo 2 sarà proposta una sintetica rassegna dei principali contributi scientifici sulla congiunzione nei fattori; nel paragrafo 3 si svilupperà l'analisi delle tipologie di congiunzione nei fattori riferita al singolo sito foraggero separando la congiunzione tra miele e frutto in due stadi: la congiunzione

² Una produzione di servizi eco-sistemici d'impollinazione potrebbe verificarsi, incidentalmente, anche nel caso dell'impollinazione commerciale delle colture per la presenza in situ di vegetazione spontanea.

tra miele e servizio d'impollinazione e la congiunzione tra servizio d'impollinazione e frutto. Il frutto a sua volta sarà distinto in frutto coltivato e frutto selvatico.

Sempre nel paragrafo 3, precisamente nei punti 3.4 e 3.5, saranno presentate due specificazioni aggiuntive della congiunzione che emergono nel caso dell'apicoltura migratoria: la congiunzione sequenziale causata da interdipendenza tecnico-biologica tra i siti foraggeri; la congiunzione apparente nel tempo di produzione conteso da due siti foraggeri appartenenti ad una data sequenza.

2. La congiunzione nei fattori

Si ha congiunzione nei fattori nell'impresa multi-prodotto se l'offerta di un output risponde alla variazione del prezzo di un altro output (Lau, 1972).

La congiunzione nei fattori è stata ricondotta (Boisvert, 2001) a tre cause: interdipendenza tecnica; output prodotti da un fattore non allocabile; output che competono per un fattore fisso allocabile.

Si ha interdipendenza tecnica (Lynne, 1988) quando il costo marginale di un output dipende dal livello di produzione dell'altro output. Un esempio di congiunzione nei fattori causata da interdipendenza tecnica è quello della colonia d'api che produce miele e servizio commerciale d'impollinazione. Quando la coltura presente sul sito foraggero consente la produzione di ambedue gli output, il costo marginale del servizio commerciale d'impollinazione decresce all'aumentare della produzione di miele.

Si ha congiunzione nel fattore fisso non allocabile ai singoli output se una volta che esso è stato impiegato nella produzione di un output diventa disponibile senza costi per la produzione dell'altro output. Un esempio di congiunzione di questo tipo è quello della produzione di miele e cera dell'apicoltore. Il fattore non allocabile è in questo caso la colonia d'api.

La terza causa di congiunzione, costituita dal fattore fisso allocabile, riveste grande interesse nel caso della produzione agricola perché la dotazione aziendale di terra è di regola prefissata nel breve periodo. Shumway *et al.* (1984) hanno dimostrato che anche con funzioni di produzioni additivamente separabili per ogni output il vincolo relativo alla dotazione del fattore fisso allocabile fa sì che un output risponda al prezzo dell'altro output. Questo tipo di congiunzione nei fattori è stato denominato congiunzione apparente (Chambers e Just, 1989; Gorddard, 2013) o pseudo-congiunzione (Pilati e Boatto, 1999) per distinguerla da quella generata dalle altre fonti. Recentemente Gorddard (2013) ha identificato il meccanismo chiave, basato sul prezzo ombra della terra, che spiega la congiunzione apparente dovuta alla rivalità tra le colture per la dotazione del fattore fisso allocabile.

L'analisi della congiunzione ha ampliato il campo d'indagine con la presa di coscienza della multifunzionalità della produzione agricola. Havlick *et al.* (2005) rilevano che produzione di carne e biodiversità sono complementari fino ad un certo livello di produzione della carne mentre oltre quel dato livello diventano sostituibili. Il fattore fisso è quindi non allocabile fino ad un dato livello di produzione della carne mentre oltre quel livello diventa allocabile.

Il campo di esistenza della congiunzione nei fattori si amplia ulteriormente quando si considerano attività, come l'apicoltura migratoria, che producono gli output sequenzialmente sui siti foraggeri nel corso dell'anno. Nel contesto sequenziale emergono nuove specificazioni della congiunzione come si spiegherà nei punti 3.3 e 3.4.

3. Il caso dell'apicoltura migratoria

La congiunzione nei fattori trova nel caso dell'apicoltura migratoria le seguenti specificazioni.

3.1 Congiunzioni tra i prodotti fisici

La colonia d'api produce, su un singolo sito foraggero, miele e altri output fisici come cera, propoli, pappa reale, polline, veleno d'ape.

Tra questi output fisici considerati a coppie intercorre una congiunzione nei fattori non riconducibile sempre alla medesima causa. La congiunzione tra miele e veleno d'api, ad esempio, ha come causa primaria l'interdipendenza tecnica. Affinché la colonia produca veleno d'api, la tecnologia dell'arnia deve infatti essere modificata *ad hoc* in modo da generare la congiunzione con la produzione di miele. Per altre coppie di output, come miele e cera o miele e pappa reale, la congiunzione nei fattori è causata dalla presenza di un fattore fisso non allocabile ai singoli output, facilmente identificabile nella colonia d'api.

Quando l'apicoltura è gestita in forma migratoria, la sequenza delle colture e delle vegetazioni selvatiche presenti sui siti foraggeri modella la cronologia delle congiunzioni nei fattori. Alcune colture favoriscono l'accumulazione di scorte di miele, altre la raccolta di polline, altre ancora la produzione di propoli.

Di seguito trascureremo gli output fisici minori della colonia d'api, che saranno incorporati per semplicità nell'output miele, al fine di focalizzare l'analisi sulla congiunzione tra miele, servizio d'impollinazione e frutto.

3.2 Congiunzioni tra miele e frutto

La congiunzione tra miele e frutto non è diretta ma si instaura, se si instaura, per il tramite del servizio d'impollinazione. Essa è concettualmente separabile *ex ante* in due stadi: la congiunzione tra miele e servizio d'impollinazione e la congiunzione tra servizio d'impollinazione e frutto.

Consideriamo dapprima la congiunzione tra miele e frutto coltivato e a seguire quella tra miele e frutto selvatico, mantenendo separati i due stadi della congiunzione.

3.2.1 Congiunzione tra servizio commerciale d'impollinazione e miele

Questo tipo di congiunzione è causato dall'interdipendenza tecnico-biologica tra i due output; l'ape bottinatrice per produrre il miele deve prelevare, salvo eccezione, il nettare dai fiori impollinandoli.

L'interdipendenza tecnico-biologica tra servizio d'impollinazione e miele scompare tuttavia quando il sito foraggero:

- a) è coperto da colture agricole autoimpollinanti (es. arancio) che consentono la produzione di miele ma non necessitano del servizio d'impollinazione;
- b) è coperto da colture non nettarifere (es. kiwi) che si avvantaggiano del servizio commerciale d'impollinazione ma non consentono di produrre miele.

Quando l'apicoltura è gestita in forma migratoria, l'interdipendenza tecnico-biologica tra miele e servizio commerciale d'impollinazione cambia a seconda della sequenza dei siti foraggeri che l'apicoltore attua; la congiunzione può comparire e scomparire nella sequenza a seconda delle colture che ricoprono i siti foraggeri che la compongono. L'assenza di interdipendenza tecnico-biologica del tipo b) è più frequente nei mesi primaverili quando fioriscono le colture agricole che richiedono il servizio commerciale d'impollinazione; nei mesi estivi è invece più ricorrente l'assenza di interdipendenza tecnico-biologica del tipo a).

3.2.2 Congiunzione tra servizio commerciale d'impollinazione e frutto coltivato

Le funzioni di produzione del servizio commerciale d'impollinazione e del frutto coltivato sono separabili anche nel breve periodo. La separabilità è garantita dal fatto che il servizio d'impollinazione della coltura può essere fornito da pronubi selvatici o anche generato in modo artificiale, meccanico o manuale. Il coltivatore, avendo a disposizione delle alternative praticabili per l'impollinazione incrociata, può acquistare o meno il servizio commerciale d'impollinazione offerto dall'apicoltore. L'apicoltore a sua volta può allocare il servizio d'impollinazione a siti coperti da vegetazione spontanea anziché alle colture agricole.

Il servizio commerciale d'impollinazione erogato dalla colonia d'api non è tuttavia un servizio (mezzo tecnico) come gli altri. L'apicoltore fornendo questo servizio al coltivatore può ottenere una remunerazione, aggiuntiva rispetto

ai canoni di noleggio delle colonie d'api, sotto forma di miele, se c'è interdipendenza tecnica tra i due output.

Seguendo l'impostazione proposta da Cheung (1973) e Rucker *et al.* (2012) configuriamo uno scambio tra l'apicoltore e il coltivatore e classifichiamo i pagamenti bilaterali dei servizi forniti/ricevuti. L'apicoltore fornisce al coltivatore il servizio commerciale d'impollinazione ricevendo un canone di noleggio delle colonie d'api. Il coltivatore concede in locazione il sito foraggero all'apicoltore per la produzione di miele ricevendo come remunerazione un canone di locazione.

La sintesi dei pagamenti bilaterali è la seguente:

1) se non esiste interdipendenza tecnico-biologica tra servizio commerciale d'impollinazione e miele perché la coltura presente sul sito foraggero non consente la produzione di miele, la disponibilità a pagare dell'apicoltore per disporre del sito medesimo è nulla. Il canone di locazione del sito risulta quindi uguale a zero; interviene di conseguenza solo un pagamento dal coltivatore (debitore netto) all'apicoltore per la fornitura del servizio d'impollinazione;

2) se non esiste interdipendenza tecnico-biologica tra servizio commerciale d'impollinazione e miele perché la coltura presente sul sito non beneficia del servizio d'impollinazione, la disponibilità a pagare del coltivatore per il servizio è nulla. Interviene pertanto solo un pagamento dall'apicoltore (debitore netto) al coltivatore per la concessione del sito foraggero in locazione³;

3) se esiste interdipendenza tecnico-biologica perché la coltura che beneficia del servizio commerciale d'impollinazione consente di produrre miele, si instaurano simultaneamente due linee di pagamento, una dal coltivatore all'apicoltore e l'altra in direzione opposta. Al netto della partita di giro si forma, ed è osservabile, un solo pagamento effettuato dal debitore netto. Salvo eccezioni è il coltivatore che paga all'apicoltore un canone per il noleggio delle colonie d'api al netto del canone di locazione del sito foraggero. Il criterio del debitore netto spiega perché quando la coltura consente di produrre miele, il canone di noleggio della colonia d'api risulta di regola inferiore (Rucker *et al.*, 2012). Questo criterio potrebbe spiegare anche un aspetto emerso dall'indagine condotta da Williams *et al.* (1993): «i canoni di noleggio delle colonie (*pollination fees*) non sono sempre pagati dai coltivatori agli apicoltori che portano le loro colonie sulle colture, come il favino (per raccogliere nettare), quantunque l'impollinazione provochi un incremento delle rese dei coltivatori».

Per ogni sito foraggero è identificabile, in funzione della coltura che lo ricopre, un livello di interdipendenza tecnico-biologica tra servizio commerciale

³ Questo pagamento potrebbe essere effettuato dall'apicoltore cedendo al coltivatore una parte del miele prodotto sul sito foraggero. Occorre al riguardo considerare che la presenza della colonia d'api sul sito foraggero non comporta oneri a carico del coltivatore e conseguentemente quest'ultimo potrebbe non pretendere alcun compenso.

d'impollinazione e frutto coltivato. Klein *et al.* (2007) ad esempio specificano un coefficiente d'interdipendenza variabile tra 0 (nessuna congiunzione) e 1 (perfetta congiunzione) per una nutrita serie di colture.

Nel caso dell'apicoltura migratoria, posto che gli output si formano sequenzialmente sui siti foraggeri, il livello complessivo di interdipendenza tecnico-biologica è quantificabile ponderando i coefficienti riferiti alle colture presenti sui singoli siti foraggeri che formano la sequenza⁴.

3.2.3 Economia di scopo tra apicoltura e coltivazione

Servizio commerciale d'impollinazione e frutto coltivato potrebbero essere prodotti separatamente da due imprese specializzate oppure assieme da un'unica impresa. L'integrazione delle due attività di produzione all'interno di un'unica impresa è assai ricorrente. Da un'indagine condotta sui coltivatori di mirtillo semi-selvatico nel Maine (Hanes *et al.*, 2013) è emerso che una percentuale cospicua pari al 18% dei coltivatori intervistati disponeva di proprie colonie d'api.

Generalmente è l'apicoltura che assume una funzione ancillare alla coltivazione del fondo. C'è però qualche esempio di funzionalità inversa, sia pur limitata, cioè di coltivazione praticata *ad hoc* su un fondo in funzione delle esigenze dell'apicoltura e precisamente per la produzione di miele⁵.

L'impresa coltivatrice si dota di proprie colonie d'api⁶ per catturare un'economia di scopo. La somma dei costi di produzione degli output della colonia d'api e del frutto coltivato riferiti a due imprese specializzate sarebbe superiore al costo della loro produzione congiunta in un'unica impresa. In presenza di un'economia di scopo conviene cioè integrare l'apicoltura e la coltivazione del fondo all'interno di un'unica impresa.

Quando la produzione è realizzata sequenzialmente sui siti foraggeri, l'economia di scopo è ancora verificabile ponendo a confronto la somma dei costi di produzione delle due attività condotte separatamente e quello di un'unica impresa integrata, a parità di output. Quest'ultima condizione è però raggiungibile in due diversi modi: sotto il vincolo restrittivo di invarianza della sequenza dei siti foraggeri nelle due alternative o con possibili cambiamenti della loro sequenza.

⁴ Un parametro di ponderazione potrebbe essere costituito dalla percentuale della produzione vendibile complessiva realizzata sui singoli siti foraggeri.

⁵ Per rendere superflua l'alimentazione di sostegno delle colonie d'api nel periodo di riposo, qualche appezzamento dell'azienda integrata apistico-coltivatrice viene destinato strumentalmente a fine stagione ad una coltura idonea a facilitare l'accumulazione di scorte di miele negli alveari.

⁶ Quando la colonia d'api è allocata ad un sito foraggero coperto da una coltura agricola appartenente all'azienda integrata apistico-coltivatrice, il sistema dei pagamenti bilaterali rimane del tutto implicito per l'assenza di transazioni.

3.3 Congiunzione tra miele, frutto selvatico ed eco-sistema

Se il sito foraggero è coperto da vegetazione spontanea, la colonia d'api produce congiuntamente miele e servizio d'impollinazione non commerciale. Si tratta di un servizio di tipo non commerciale in quanto non riceve una specifica remunerazione sotto forma di canone di noleggio. L'impollinazione della vegetazione spontanea però provoca un aumento della produzione di frutti selvatici con ricadute sull'alimentazione degli animali presenti sul territorio. Ne conseguono effetti diffusi sulla catena alimentare con vantaggi per la conservazione della biodiversità e la tutela del paesaggio rurale.

L'impollinazione del frutto selvatico produce quindi congiuntamente al miele un servizio eco-sistemico che va a beneficio dell'ambiente. Grazie a questo servizio d'impollinazione si forma una congiunzione tra miele, frutto selvatico ed eco-sistema.

Quando l'apicoltura è gestita in forma migratoria, la produzione di servizi d'impollinazione eco-sistemici dipende dalla sequenza dei siti foraggeri che l'apicoltore implementa. Ad ogni sito foraggero è associabile un coefficiente di congiunzione tra miele ed eco-sistema in funzione del tipo di vegetazione spontanea che lo ricopre⁷. Per ogni sequenza di siti foraggeri è, a sua volta, computabile un livello complessivo di congiunzione tra miele ed ecosistema ponderando i coefficienti riferiti alle vegetazioni presenti sui singoli siti che formano la sequenza. La presenza di siti foraggeri coperti da vegetazione spontanea all'interno della sequenza implementata dall'apicoltore migratorio gioca dunque un ruolo fondamentale ai fini della produzione di servizi eco-sistemici e della promozione della biodiversità.

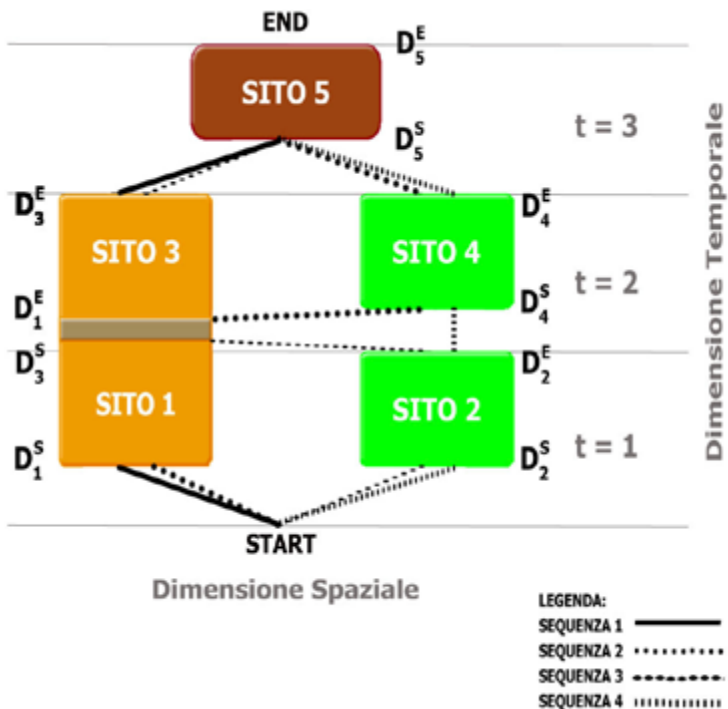
La variazione del prezzo di mercato di un output, sia esso miele o servizio commerciale d'impollinazione, influenzando la composizione della sequenza dei siti foraggeri può avere effetti sulla produzione di servizi eco-sistemici e per questo tramite sulla biodiversità.

3.4 Congiunzione sequenziale nei siti foraggeri

La figura 1 espone un esempio estremamente semplificato di composizione delle sequenze dei siti foraggeri. Il ciclo biologico annuale della colonia d'api inizia nell'istante *start* e si conclude sul sito base di svernamento nell'istante *end*.

⁷ La produzione di servizi eco-sistemici non dipende solo dalle caratteristiche sito-specifiche ma anche dal contesto ambientale in cui il sito foraggero è inserito.

Fig. 1. Sequenze di siti foraggeri



Definiamo:

$j=1,2,3,4,5$ = siti foraggeri; $j=5$ è il sito base di svernamento;

$i=1,2,3,4$ = sequenze di siti foraggeri;

$t=1,2,3$ = periodi di allocazione della colonia d'api;

D_j^S, D_j^E = date d'inizio e di conclusione della presenza della colonia d'api sul sito j .

L'apicoltore migratorio deve scegliere la sequenza dei siti foraggeri a cui allocare la colonia d'api nei tre periodi di tempo susseguenti. Nel periodo $t=1$ la scelta allocativa è tra i siti foraggeri $j=1, j=2$, mentre nel periodo $t=2$ è tra i siti foraggeri $j=3$ e $j=4$. Nel periodo $t=3$ la colonia d'api staziona sempre sul sito $j=5$.

Escludendo le soluzioni mono-sito per garantire la migrazione della colonia d'api, si formano 4 sequenze di siti foraggeri alternativi come si evince dalla Fig. 1. Ad ogni sito foraggero è associabile un periodo di presenza o stazionamento della colonia d'api. Ogni sequenza di siti identifica pertanto una sequenza di periodi di stazionamento della colonia d'api sui siti foraggeri.

Rivalità e complementarità tra i siti foraggeri sono stabilite dalle date di inizio e di termine dei periodi di stazionamento della colonia d'api sui siti foraggeri⁸. I siti foraggeri $j=1$ e $j=2$ in Fig. 1 sono rivali perché hanno periodi (fioriture) sovrapposti. Per la stessa ragione sono rivali i siti $j=3$ e $j=4$. La presenza all'interno di una sequenza di un sito comporta l'esclusione dalla stessa dei siti rivali.

Nell'esempio riportato nella Fig. 1, il periodo di stazionamento della colonia d'api sul sito foraggero $j=1$ si sovrappone parzialmente con quello del sito foraggero $j=3$. Questa sovrapposizione marginale dei periodi di stazionamento della colonia d'api sui due siti foraggeri susseguenti crea un problema allocativo che sarà discusso nel prossimo paragrafo.

Ora la somma dei tempi di stazionamento della colonia d'api⁹ sui siti foraggeri appartenenti ad ogni sequenza non può superare la durata del ciclo annuale di produzione pari a 365 giorni. La durata del ciclo biologico di produzione diventa quindi un vincolo allocativo.

La valutazione economica della sequenza è sviluppabile nell'ottica del tor-naconto degli operatori privati, apicoltore e coltivatori, o nell'ottica pubblica includendo anche le esternalità e i beni pubblici associati agli output mercatali.

Seguendo un approccio manageriale sviluppiamo la valutazione economica nell'ottica dell'apicoltore perché è questo operatore che decide la sequenza dei siti foraggeri da implementare. Si tratta di un apicoltore che, per assunzione, opera in condizioni di certezza e conosce: i siti disponibili; la dotazione di fattori fissi; i prezzi degli output; le rese produttive e i costi variabili unitari della colonia d'api per tutti i siti foraggeri appartenenti alle sequenze implementabili. Sulla base di questi dati deve identificare la sequenza ottima dei siti foraggeri.

Approntiamo un conto economico preventivo per ogni sequenza di siti foraggeri e calcoliamo ricavi, costi fissi e costi variabili. La convenienza economica dell'apicoltore migratorio ad attuare una qualsiasi sequenza di siti foraggeri è misurata dalla differenza tra ricavi e costi variabili ovvero dal reddito lordo che la stessa consente di raggiungere. Il costo fisso è infatti uguale per tutte le sequenze posto che non dipende dalla sequenza di siti foraggeri che viene scelta. Le dotazioni di fattori fissi, tempo cronologico incluso, restano per definizione invariate nel corso del ciclo di produzione; conseguentemente i costi fissi sono indipendenti dalla sequenza implementata dall'apicoltore.

⁸ Periodi di fioritura e periodi di stazionamento della colonia d'api sui siti foraggeri non coincidono. Ad esempio, l'allocazione della colonia d'api al sito foraggero per l'impollinazione commerciale è ottimale quando sono aperti circa il 25% dei fiori del melo ma solo il 10% dei fiori di girasole.

⁹ Il tempo impegnato da un sito foraggero include il tempo produttivo di stazionamento della colonia d'api sul sito nonché il tempo impiegato nel trasporto.

I redditi lordi delle sequenze dei siti foraggeri corrispondono alla somma dei redditi lordi dei singoli siti che le formano. Con riferimento alla figura 1, sulla base del conto economico di ogni sequenza si ottiene:

$$\begin{aligned}
 RL_1 &= rl_{11} + rl_{13} + rl_{15} \\
 RL_2 &= rl_{21} + rl_{24} + rl_{25} \\
 RL_3 &= rl_{32} + rl_{33} + rl_{35} \\
 RL_4 &= rl_{42} + rl_{44} + rl_{45}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

con: $rl_{ji} = PLV_{ji} - CV_{ji}$ = reddito lordo del sito j -esimo nel regime i -esimo.

Confrontiamo i redditi lordi delle sequenze $i=1$ e $i=3$. Ambedue contengono il reddito lordo del sito $j=3$. Questo reddito lordo è uguale nelle due sequenze alle quali può appartenere ovvero $rl_{13} = rl_{33}$? Non necessariamente.

Generalizziamo l'analisi a tutti i redditi lordi dei siti appartenenti alle sequenze. Se ogni sito foraggero ha un reddito lordo invariante con la sequenza di appartenenza allora la produzione sequenziale è non congiunta nei siti foraggeri.

Si ha non congiunzione nei siti foraggeri se:

$$rl_{ji} = rl_j \quad \forall j\text{-esimo sito} \in i\text{-esima sequenza} \tag{2}$$

Se la condizione 2) è rispettata, la funzione del reddito lordo dell'apicoltore migratorio è additivamente separabile nei siti foraggeri.

La condizione di non congiunzione nei siti foraggeri è analizzabile dal lato dei ricavi e dal lato dei costi variabili posto che il reddito lordo di ogni sito è calcolato sottraendo ai ricavi i costi variabili.

Consideriamo innanzi tutto il lato dei costi variabili. La produzione sequenziale è non congiunta nei siti foraggeri se il costo variabile del sito j -esimo è indipendente dalla sequenza i -esima di appartenenza:

$$CV_{ji} = CV_j \quad \forall j\text{-esimo sito} \in i\text{-esima sequenza} \tag{3}$$

Quando la condizione 3) è rispettata, la funzione del costo variabile dell'apicoltore migratorio è additivamente separabile nei siti foraggeri.

L'indipendenza del costo variabile di ogni sito foraggero dalla sequenza di appartenenza è una condizione assai improbabile. Il costo variabile di trasporto ad un sito foraggero non è infatti indipendente dalla sequenza di appartenenza se, come accade di regola, i siti foraggeri che lo precedono hanno diversa localizzazione. Riprendiamo l'esempio della Fig. 1. Supponiamo che il sito $j=3$ sia molto più distante dal sito $j=2$ rispetto al sito $j=1$. Il costo variabile di trasporto al sito $j=3$ cambia dunque a seconda della sequenza di ap-

partenenza. Dopo aver scelto al primo *step* il sito $j=2$ in quanto caratterizzato da un reddito lordo maggiore, al secondo *step* potrebbe emergere che era migliore la scelta del sito $j=1$ perché, a causa del minor costo di trasporto, la somma dei redditi lordi dei siti foraggeri $j=1$ e $j=3$ diventa minore di quella dell'altra sequenza.

Consideriamo ora il lato dei ricavi. La produzione sequenziale è non congiunta nei siti foraggeri se il ricavo di ogni sito è indipendente dalla sequenza di appartenenza.

$$R_{ji} = R_j \quad \forall \text{ j-esimo sito } \in \text{i-esima sequenza} \quad (4)$$

Quando la condizione 4) è rispettata la funzione di ricavo dell'apicoltore migratorio è additivamente separabile nei siti.

La causa fondamentale dell'interdipendenza sequenziale tra siti foraggeri dal lato dei ricavi, che comporta la violazione della condizione 4), è di ordine tecnico-biologico: la colonia d'api è una risorsa biologica che si rinnova nel corso della migrazione. Il cambiamento della sequenza dei siti foraggeri se riversa degli effetti sull'alimentazione della colonia d'api incide sulla dinamica della popolazione. L'alimentazione è infatti una determinante della crescita della popolazione della colonia d'api (Potts *et al.*, 2003; Schmickl e Crailsheim, 2007). L'alimentazione della colonia d'api su un sito può, in altri termini, influenzare la numerosità della popolazione della colonia d'api sui siti foraggeri che lo seguono nella sequenza. L'impatto dell'alimentazione sulla salute delle api (Brodschneider e Crailsheim, 2010) è un altro fattore di interdipendenza tecnico-biologica tra i siti foraggeri.

Violazioni delle condizioni 2-3-4 rilevano in definitiva la presenza di congiunzione sequenziale nei siti foraggeri.

3.5 Congiunzione apparente nel tempo conteso dai siti foraggeri

Se il modello di produzione è di tipo uni-periodale, la dotazione aziendale di terra identifica il vincolo fondamentale della scelta allocativa; tutte le colture sono rivali in quanto competono nel riparto della dotazione di terra: all'aumento della terra allocata ad una coltura consegue necessariamente una riduzione di quella allocata ad un'altra coltura. La congiunzione apparente nei fattori è dovuta proprio al vincolo relativo alla dotazione di terra allocabile. La variazione del prezzo dell'output di una coltura incide sull'offerta dell'output di un'altra coltura, in assenza di altre cause di congiunzione, in quanto provoca un cambiamento nel riparto della terra tra le colture. Gorddard (2013) ha dimostrato che il cambiamento del prezzo di un output influenza il prezzo

ombra della terra e per questo tramite il riparto della terra tra le colture, quindi l'offerta dell'altro output.

Nel caso dell'apicoltura migratoria, siccome i siti foraggeri sono impegnati dalla colonia d'api in periodi di tempo susseguenti, il vincolo allocativo fondamentale non è costituito dalla dotazione di terra¹⁰, ma dalla dotazione di tempo allocabile ai siti foraggeri¹¹. Nell'esempio riportato nella figura 1, il tempo che l'apicoltore migratorio può allocare ai siti è pari alla durata del ciclo annuale ovvero a 365 giorni. Ogni sito foraggero impegna una parte del tempo disponibile. La dotazione di tempo diventa quindi nel caso dell'apicoltura migratoria un fattore fisso allocabile ai siti foraggeri. Questo tipo d'impostazione del problema allocativo è già stata implementata da Hansen e Jensen (2014) che specificano il prezzo ombra al tempo di produzione.

La dotazione di tempo allocabile ai siti foraggeri può diventare fonte di congiunzione apparente. Consideriamo di nuovo la figura 1. Sappiamo che è possibile aumentare al margine il tempo di produzione allocato al sito foraggero $j=1$ sottraendolo al sito $j=3$. Siccome gli output della colonia d'api si accumulano progressivamente nei periodi di permanenza sui siti foraggeri, modifiche nell'allocazione del tempo di produzione ai siti foraggeri si riflettono sulle quantità offerte. Gli output dei siti foraggeri $j=1$ e $j=3$ nelle condizioni sopra ipotizzate, pur essendo complementari, diventano rivali al margine in quanto si contendono una parte della dotazione di tempo¹².

A parità di sequenza, l'aumento del prezzo dell'output prodotto sul sito $j=1$ (es. miele di acacia) provoca una riduzione della produzione dell'output sul sito $j=3$ (es. miele di castagno) se comporta una sottrazione del tempo di produzione conteso. Si forma una congiunzione apparente di tipo sequenziale tra due siti foraggeri susseguenti che si contendono al margine una parte del tempo di produzione disponibile.

4. Conclusione

Ogni sequenza di siti foraggeri che l'apicoltore migratorio può implementare comprende solo siti foraggeri caratterizzati da fioriture a scalare nel cor-

¹⁰ Le aziende apistiche ricadono in effetti frequentemente nella tipologia delle aziende agricole senza terra.

¹¹ La superficie complessiva dei siti foraggeri ai quali l'apicoltore migratorio può allocare le colonie d'api non identifica un vincolo allocativo perché ogni sequenza praticabile comprende solo i siti foraggeri con fioriture complementari.

¹² La dotazione di tempo contesa dai due siti foraggeri va computata al netto del tempo di trasporto.

so delle stagioni. Ogni sequenza deve inoltre rispettare il vincolo della durata (365 gg.) del ciclo biologico annuale della colonia d'api.

Il tempo cronologico rappresenta quindi un parametro da cui l'apicoltore migratorio non può prescindere nella decisione sulla sequenza dei siti foraggeri da implementare. Prescindere dal tempo cronologico non è possibile più in generale per tutte le attività che praticano la migrazione dell'apparato di produzione sul territorio nel corso dell'anno (pesca marina, pastorizia).

L'analisi della congiunzione nei fattori riferita al singolo sito foraggero ha rilevato la presenza di: congiunzione tra miele e altri output fisici causata dal fattore non allocabile; congiunzione tra miele e servizio commerciale d'impollinazione causata da interdipendenza tecnico-biologica; congiunzione tra miele e servizio eco-sistemico d'impollinazione quando il sito foraggero è coperto da vegetazione spontanea.

Dall'estensione dell'analisi alla sequenza dei siti foraggeri è emerso che a causa dell'interdipendenza tecnico-biologica può formarsi una congiunzione sequenziale nei siti foraggeri.

La presenza o meno di congiunzione sequenziale nei siti foraggeri ha delle ripercussioni sul procedimento d'identificazione della sequenza ottima da parte dell'apicoltore migratorio. Se non esiste congiunzione sequenziale, la composizione della sequenza ottima può essere effettuata procedendo per *steps* indipendenti. Prendendo a riferimento l'esempio esposto nella figura 1, si possono confrontare a coppie i redditi lordi dei siti foraggeri rivali e comporre la sequenza ottima sulla base dei siti foraggeri migliori ad ogni *step*¹³. Se esiste congiunzione sequenziale nei siti foraggeri l'identificazione della sequenza ottima richiede un diverso procedimento. Occorre, nell'ordine: comporre tutte le sequenze praticabili; calcolare il reddito lordo raggiunto da ogni sequenza; scegliere la sequenza con reddito lordo più elevato. La sequenza ottima così identificata può contenere siti foraggeri sub-ottimali se valutati in modo miope sulla base del reddito lordo che raggiungono direttamente prescindendo dagli effetti che provocano a valle sull'intera sequenza. Il procedimento per *steps* indipendenti è quindi fallace se esiste congiunzione sequenziale nei siti foraggeri.

All'interno di una sequenza si può formare una congiunzione sequenziale di tipo apparente a causa della contendibilità al margine del tempo di produzione tra due siti foraggeri. Conseguentemente l'output prodotto su un sito risponde alla variazione del prezzo dell'output prodotto su un altro sito foraggero anche in assenza di interdipendenza tecnico-biologica tra i siti foraggeri. Si tratta di una semplice trasposizione al contesto sequenziale della congiunzione

¹³ Preliminarmente l'apicoltore migratorio dovrà affrontare il problema dell'allocazione del tempo di produzione conteso dai siti foraggeri $j=1$ e $j=3$ in accordo con quanto precisato nel paragrafo 3.5.

apparente nel fattore fisso allocabile alle colture già presente nel modello di produzione uni-periodale.

La gestione migratoria dell'apicoltura offre dei vantaggi all'apicoltore perché gli consente di integrare cronologicamente fornitura di servizi d'impollinazione con produzione di miele. La migrazione delle colonie d'api sul territorio non è tuttavia priva di controindicazioni; può causare la trasmissione di infestazioni come la varroa, la peste, la *Nosema ceranae* e ultimamente anche l'*Aethina tumida*, un coleottero originario del Sudafrica che danneggia i favi e causa la perdita del miele delle colonie di api mediterranee. Il controllo sanitario delle colonie d'api rappresenta quindi un aspetto meritevole della massima attenzione per evitare la diffusione di infestazioni virali nel corso della migrazione.

La colonia d'api allocata ad un sito foraggero coperto da vegetazione spontanea produce congiuntamente al miele un servizio eco-sistemico d'impollinazione. Questo servizio assume grandissimo rilievo ambientale perché contribuisce al mantenimento della biodiversità e alla tutela del paesaggio rurale. Per sostenere la biodiversità nel territorio interessato dalla migrazione delle colonie d'api, la politica agro-ambientale dovrebbe favorire l'implementazione delle sequenze dei siti foraggeri con più elevato valore eco-sistemico.

Riferimenti bibliografici

- Antle M.J. (1983). Sequential decision making in production models. *American Journal of Agricultural Economics*, 65: 282-290. doi: 10.2307/124087
- Bauer D.M., Wing I.S. (2010). Economic consequences of pollinator declines: a synthesis. *Agricultural and Resources Economic Review*, 39: 368-383.
- Baumol W.J., Panzar J.C., Willig R.D. (1982). *Contestable markets and the theory of industry structure*. New York: Harcourt Brace Jovanovich. doi: 10.2307/134928
- Boisvert R.N. (2001). A note on the concept of jointness in production, OECD. *Multifunctionality: towards an analytical framework, Annex 1*, Paris. doi: 10.1787/9789264097698-4-en
- Brodschneider R., Crailsheim K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41: 278-294. doi: 10.1051/apido/2010012
- Chambers R.G., Just R.E. (1989). Estimating multioutput technologies. *American Journal of Agricultural Economics*, 71: 980-985. doi: 10.2307/1242674
- Cheung S.N.S (1973). The fable of the bees. An economic investigation. *Journal of Law and Economics*, 16: 11-33. doi: 10.1086/466753
- Garibaldi L.A., Aizen A.M., Cunningham A.A., Klein A.M. (2009). Pollinator shortage and global crop yield. *Communicative & Integrative Biology*, 2: 37-39. doi: 10.4161/cib.2.1.7425
- Gorddard R. (2013). Profit-maximizing land-use revisited: the testable implications of non-joint crop production under land constraint. *American Journal of Agricultural Economics*, 94: 956-977. doi: 10.1093/ajae/aat058
- Hanes P.H., Collum K.K., Hoshide A.K., Asare E. (2013). Grower perceptions of native pollinators and pollination strategies in the lowbush blueberry industry. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28: 1-8. doi: 10.1017/s1742170513000331

- Hansen G.L., Jensen C.L. (2014). Jointness through vessel capacity input in multispecies fishery. *Agricultural Economics*, 45: 745-756. doi: 10.1111/agec.12119
- Havlik P., Veyssset P., Boisson J.M., Lehrm M., Jacquet F. (2005). Joint production under uncertainty and multifunctionality of agriculture: policy considerations and applied analysis. *European Review of Agricultural Economics*, 4: 209-228. doi: 10.1093/erae/jbi027
- Klein A.-M., Vaissiere B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., Tscharntke T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*, 274: 303-313. doi: 10.1098/rspb.2006.3721
- Lau L. (1972). Profit functions of technologies with multiple inputs and outputs. *Review of Economics and Statistics*, 54: 281-289. doi: 10.2307/1937989
- Lynne G.D. (1988). Allocatable fixed inputs and jointness agricultural production: implication for economic modeling. A comment. *American Journal of Agricultural Economics*, 70: 947-949. doi: 10.2307/1241941
- Peerlings J., Polman N. (2004). Wildlife and landscape services production in Dutch dairy farming; jointness and transaction costs. *European Review of Agricultural Economics*, 31: 427-449. doi: 10.1093/erae/31.4.427
- Pilati L., Boatto V. (1999). Produzioni congiunte, economie di scopo e costi sommersi nell'impresa agraria multiprodotto. *Rivista di Economia Agraria*, 3: 399-421.
- Potts S.G., Vulliamy B., Dafni A., Ne'eman G., Wilmer P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84: 2628-2642. doi: 10.1890/02-0136
- Rucker R.R., Thurman W.N., Burgett M. (2012). Honey bee pollination markets and the internalization of reciprocal benefits. *American Journal of Agricultural Economics*, 94: 956-977. doi: 10.1093/ajae/aas031
- Shumway C.N., Pope R.D., Nash E.K. (1984). Allocatable fixed inputs and jointness in agricultural production: implication for economic modeling. *American Journal of Agricultural Economics*, 66: 72-78. doi: 10.2307/1240617
- Schmickl T., Crailsheim K. (2007). HoPoMo: A model of honeybee intracolony population dynamics and resource management. *Ecological Modelling*, 204: 219-245. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.01.001
- Williams I.H., Carreck N., Little D.J. (1993). Nectar sources for honey bees and the movement of honey bee colonies for crop pollination and honey production in England. *World Bees*, 74: 160-175. doi: 10.1080/0005772X.1993.11099182
- Wossink A., Swinton S.M. (2007). Jointness in production and farmers' willingness to supply non-marketed ecosystem services. *Ecological Economics*, 64: 297-304. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.07.003