UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI "MARCO FANNO"

DIPARTIMENTO DI SCIENZE STATISTICHE

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA INTERNAZIONALE
L-33 Classe delle lauree in SCIENZE ECONOMICHE

Tesi di laurea

Alcuni metodi di previsione della produzione di gas naturale in Algeria

Some forecasting methods of the natural gas production in Algeria

Relatore:
Prof. GUSEO RENATO

Laureando:
PELLEGRINI MARCO

Anno Accademico 2015-2016

Sommario

Introduzione

In questo lavoro ci si propone di analizzare l'articolo di R. Guseo, C. Mortarino, M.A.Darda (2015) concernente lo sviluppo della produzione di gas naturale in Algeria e la possibilità di stimarne l’evoluzione negli anni futuri. Ciò viene realizzato assimilando la produzione di gas ai meccanismi di diffusione di un prodotto innovativo. Il lavoro pertanto viene discusso con riferimento ad alcuni dei principali modelli statistici utilizzati per interpretare e predire la diffusione di questa speciale "innovazione". In particolare ci si riferisce ai modelli di F.M. Bass (1969), di A.C. Bemmaor e J. Lee (2002) e di R. Guseo, C. Mortarino e M.A. Darda (2015).

Premessa al modello di Bass

In questa prima parte del lavoro ci si propone di descrivere il modello di Bass (1969) (in seguito denominato semplicemente "B") proposto nell'ambito dei processi di diffusione dell'innovazione. In particolare si dimostra come B possa essere applicato a diversi contesti in cui un prodotto si diffonde all'interno di un mercato. Esso presuppone, al fine di poter fare delle previsioni, una omogeneità all'interno della popolazione di adottanti. Queste previsioni possono essere utili per consentire ai manager di aziende, che operano in un mercato dove si diffonde una nuova tecnologia, di prendere delle decisioni strategiche. Ciò appare di cruciale importanza qualora ci si trovi ad operare in condizioni di emergenza, come potrebbe accadere in una crisi economica repentina.

Bass partendo dalla tesi proposta da Rogers (2003), che si orienta verso una visione sociale del fenomeno, cerca di descrivere la vita di un prodotto innovativo dal suo lancio fino al momento in cui il mercato giunge a saturazione e quindi il prodotto ha cessato di diffondersi. Il modello da lui proposto trova fondamento nell'equazione di Riccati a coefficienti costanti

$$y' + a * y^2 + b * y + c = 0$$

dove la Y' rappresenta la variazione istantanea di un processo ed è funzione quadratica del processo cumulativo stesso, y.

Il modello di Bass può essere molto utile per verificare se, per esempio, un'azienda stia pubblicizzando tramite i social network un prodotto in un modo efficace. Oppure se essa sia in grado di influenzare il mercato tramite sponsorizzazioni o promozioni che possono alterare il normale ciclo di vita del prodotto (si parla in questo caso di fattori esogeni al mercato). A partire dai primi dati di apprezzamento di un prodotto si può capire se un bene è gradito all'interno di un mercato oppure se esso viene rifiutato perché i consumatori non lo trovano innovativo. In questo caso il prodotto è destinato a rimanere un'invenzione ma non si diffonderà e non potrà quindi diventare una vera innovazione.

Nel caso particolare del gas naturale dell'Algeria il modello può essere usato per prevedere le estrazioni di gas naturale a partire dall'osservazione dei dati storici in quanto queste produzioni "mimano" la diffusione delle tecnologie che adottano lo specifico gas metano.

Il modello di Bass

Definiamo come f(t) la funzione di densità di probabilità di un evento, in questo caso l'acquisto, al tempo t e come F(t) la corrispondente funzione di ripartizione (o cumulativa delle adozioni).

In generale si tratta di una funzione che restituisce la probabilità di realizzazione di un evento prima di un certo punto nel tempo. Assumiamo inoltre che

F(t)'=$f(t)$

da cui risulta automaticamente

F(t)=$\int_{-\infty}^{t} f(s)ds$

Si ricorda che una buona approssimazione della densità è

$f(t)$=F(t+0,5)-F(t-0,5)

Il modello usato da Bass si propone di determinare la probabilità condizionale di un acquisto al tempo t noto che non sia verificato prima utilizzando una funzione hazard, ovverosia una funzione che definisce la probabilità condizionata al fatto che l'evento non si sia ancora verificato. Formalmente l'hazard è

h(t)=f(t)/1-F(T)

dove f(t) si riferisce alla densità di probabilità non condizionata di adozione del prodotto all'istante t e 1-F(T) si riferisce alla probabilità condizionante che il prodotto non sia stato ancora adottato. Questa formula è un caso particolare di probabilità condizionata dipendente dal rapporto tra probabilità congiunta e probabilità condizionante. In formule si ha

$P(\,A \mid B\,) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$

da cui si ha

$P(A \cap B) = P(\,A \mid B\,) * P(B)$

Assumendo che la probabilità di adozione possa essere correlata a 3 dinamiche presenti nella popolazione di adottatori, ovverosia gli innovatori, gli imitatori e i neutrali, a questo punto noi possiamo calcolare h(t) usando il teorema delle probabilità totali e quindi scriviamo:

h(t)=1*p+F(t)*q+0*(1-p-q)=p+q*F(t)

Questa espressione può essere altresì scritta nella forma

$P(A) = P(A \cap B1) + P(A \cap B2) + P(A \cap B3) = P(\,A \mid B_1\,) * P(B_1) + P(\,A \mid B_2\,) *$
$P(B_2) + P(\,A \mid B_3\,) * P(B_3) = 1 * p + F(t) * q + 0 * (1 - p - q) = p + q * F(t)$

Quindi si ha

$\frac{f(t)}{1-F(t)} = p + q * F(t)$

da cui si può ricavare il modello standard di Bass del 1969, che è così definito:

$f(t) = \big(p + q * F(t)\big) * \big(1 - F(t)\big) = p - p * F(t) + q * F(t) - q * F(t)^2$

Inoltre, introducendo il parametro m, che rappresenta il mercato potenziale, e scrivendo l'espressione

Z(t)'=m*f(t)

che rappresenta le vendite istantanee, lo possiamo riscrivere nella forma

m*f(t)=(p+q*F(t))*(1-F(t))*m(ovvero Z(t)'=(p+q*$\frac{Z(t)}{m}$)*(m-Z(t)))

Ponendo

F(0)=0

e quindi ottenendo l'espressione

$F(t)' + q * F(t)^2 + (p - q) * F(t) - p = 0$

si ottiene la soluzione

F(t)=$\frac{1-e^{-(p+q)*t}}{1+\frac{q}{p}*e^{-(p+q)*t}}$, dato che $r_1 = -\frac{q}{p}$ e $r_2 = 1$.

In altre parole:

I neutrali hanno probabilità 0 di adottare, gli innovatori probabilità 1 e gli imitatori F(t) che è la probabilità di adozione degli imitatori nel tempo dopo aver appreso dell'esistenza del prodotto da parte degli adottanti. Si definisce così una probabilità condizionata di cambiamento di stato, in cui ci sono 3 sottopopolazioni a cui viene attribuita una probabilità di adozione. Questa probabilità di adozione è correlata direttamente al livello di conoscenza del prodotto che nel tempo aumenta.

Nell'equazione standard di Bass può essere a questo punto introdotto un nuovo termine, 1-F(t), che considera il mercato residuo dopo che si è avviato il processo di diffusione del prodotto. Il mercato residuo viene influenzato dagli innovatori e dagli imitatori e per questo viene moltiplicato per p+q*F(t). Possiamo poi vedere come m rappresenti il mercato potenziale e la densità, che è la derivata prima della funzione di ripartizione, rappresenti la probabilità di adozione istantanea. A partire dal grafico di una funzione di densità si può osservare il ciclo di vita di un prodotto: un prodotto dopo essere stato lanciato nel mercato si sviluppa, raggiunge la maturità e poi declina. Nel contempo il mercato potenziale giunge a saturazione (per questo la funzione di ripartizione F(t) assume una forma ad S), nel senso che tutti i potenziali adottatori con la diffusione del passaparola hanno finito per adottare tutti il prodotto (dopo che gli innovatori hanno influenzato gli imitatori e questi altri imitatori ancora), raggiungendo quindi il valore 1 a cui la funzione di ripartizione tende asintoticamente.

Per stimare questi tre parametri, m, p e q, si può utilizzare il metodo dei minimi quadrati, che minimizza la devianza residua, ovverossia lo scostamento fra dati osservati e modello teorizzato definito dalla formula

$\sum_{t=0}^{T}(W(t) - Z(t))^2$

Il modello in questo senso deve interpolare i dati osservati ed essere in grado, a partire dall'inizio della curva, di prevedere come si svilupperà il prodotto, anche se già l'R quadrato piuttosto basso dimostra come questo modello rispetto agli altri 2 modelli che illustreremo non sia sempre molto affidabile.

Bass separa per la prima volta opinion leader e imitatori ma non fa altre specificazioni. Un altro limite del modello nella sua equazione standard, analogamente nella versione generalizzata in cui può essere inclusa l'influenza di fattori esogeni, è di non aver considerato che il passaparola possa variare nel tempo e che gli ultimi adottatori possano essere meno propensi dei primi a parlare entusiasti del prodotto. In molti casi inoltre gli ultimi adottatori hanno caratteristiche differenti rispetto ai primi e quindi rispondono differentemente.

Per concludere possiamo poi notare come Bass presupponga che il mercato potenziale sia fisso, mentre nella realtà non è così. Possiamo inoltre osservare come la curva, che rappresenta il ciclo di vita del prodotto, si presenti perfettamente simmetrica localmente. Si presuppone infatti una completa omogeneità nelle due sottopopolazioni di imitatori e di innovatori , anche se è presente un'asimmetria a livello totale.

Le asimmetrie verranno qui di seguito analizzate considerando il modello di Bemmaor che invece modella l' eterogeneità latente delle unità adottanti.

Il modello Gamma Shifted Gompertz di Bemmaor

Il modello di Bemmaor e Lee (2002) , in seguito denominato semplicemente "BM", ha preso in considerazione con 3+1 parametri l'eterogeneità degli agenti all'interno del processo di diffusione dell'innovazione. Questo modello ha permesso di valutare meglio le variazioni del tasso di penetrazione e quindi di avvicinarsi di più alla realtà. Va inoltre considerato che l'R quadrato di questo modello è più elevato di quello del modello di Bass. In questo modo si possono inglobare modalità di diffusione simmetriche e asimmetriche che possono avere un'inflessione in un qualunque stadio del processo di diffusione, differentemente da come aveva operato Bass che, ignorando le micro variabili che possono determinare le scelte dei diversi individui nella popolazione di riferimento, non aveva incluso l'eterogeneità come variabile fondamentale all'interno di un processo di diffusione.

Partiamo definendo

$\tilde{F}(t) = (1 - e^{-bt}) * e^{-\eta * e^{-bt}}$

come una funzione Shifted Gompertz individuale con parametro η (variabile casuale) misurante la propensione individuale all'acquisto e con un parametro b che governa la dinamica intertemporale comune a tutti gli agenti, dove $(1 - e^{-bt})$ rappresenta la parte monomolecolare del modello che prende in esame l'inizializzazione del processo di innovazione e deforma i tempi legati al fenomeno di generalizzazione facendo traslare la funzione, mentre $e^{-ŋ*e^{-bt}}$ è una distribuzione di Gompertz.

Assumendo che P(T$\leq t$) con t>0 dati i parametri ŋ e b, e che la derivata della funzione, ovverosia la corrispondente funzione di densità, è

$\tilde{f}$(t|ŋ,b))=$\tilde{F}'(t) =$ b*$e^{(-b*t-ŋ*e^{-bt})} * \left(1 + ŋ * (1 - e^{-bt})\right)$

e che ŋ si distribuisca come una funzione Gamma avente parametro di forma α e parametro di scala $\frac{1}{\beta}$(in formule si può scrivere ŋ$\sim G\left(\frac{1}{\beta}, \alpha\right)$), si calcola la media di F(t) rispetto a ŋ$\sim G(\frac{1}{\beta}, \alpha)$ e si scrive quindi $E_g(\tilde{F}$(t))=F(t)

Procedendo così si ottiene la funzione di ripartizione di Bemmaor (detta funzione allocativa nel tempo)

F(t)= $\frac{(1-e^{-bt})}{(1+\beta*e^{-bt})^{\alpha}}$

la cui derivata e quindi funzione di densità è

f(t)=b*$e^{-bt} * (1 + \beta * e^{-bt})^{-(\alpha+1)}$*[1+α*β+β*$e^{-bt} * (1 - \alpha)$]

Se sostituiamo nella funzione di ripartizione b=p+q e β=$\frac{q}{p}$ si trova che

F(t)=$\frac{(1-e^{-(p+q)*t})}{(1+\frac{q}{p}*e^{-(p+q)*t})^{\alpha}}$, con t≥ 0, e α, p, q> 0

Importante da notare è che se α=1 BM si riconduce a B e quindi in un certo senso lo ingloba.

In altri termini, mentre gli approcci di Chartterjee e Eliashberg (1990) considerano l'eterogeneità nelle percezioni iniziali dell'adozione e la percepita affidabilità su cui avviene l'aggiornamento a partire dalla struttura di preferenza del consumatore, Bemmaor postula che ogni consumatore segua nella fase di adozione temporale una funzione di distribuzione Shifted Gompertz in cui la propensione all'acquisto individuale (ŋ) si distribuisce come una Gamma con parametri $\frac{1}{\beta}$ di scala e α di forma (per questo si parla di modello Gamma Shifted Gompertz).

Quando si fa la media (ogni individuo è eterogeneo e quindi ha un suo peso) delle distribuzioni individuali condizionate si ottiene la distribuzione di Bemmaor. La funzione di Bemmaor (prodotto di 2 funzioni di ripartizione in quanto la sua derivata è una funzione di densità e la funzione di densità è la derivata prima della funzione di ripartizione), come nel modello di Bass, rappresenta la funzione di ripartizione e la sua derivata prima rappresenta la funzione di densità (la probabilità di acquisto istantaneo). All'interno di questa funzione di ripartizione esercitano un'influenza gli imitatori che sono fra di loro eterogenei. Bemmaor inoltre, come Bass, presuppone che il mercato potenziale normato sia pari ad 1(la funzione di ripartizione presenta una forma ad S), mentre la funzione di densità assume la forma di una curva alla sommità della quale il prodotto può dirsi al picco massimo della diffusione Imponendo il passaggio per l'origine della funzione di ripartizione si viene così a costituire una funzione che graficamente assume una forma ad S. Si può alla fine vedere come facendo le opportune sostituzioni nei parametri BM si riconduca a B.

A seconda di come varia il parametro di forma α la funzione cambia di forma: se α=1 la funzione è quella di Bass, se α è molto più piccolo di 1 la funzione è concentrata verso l'origine in quanto si presuppone un'omogeneità all'interno della popolazione e quindi un passaparola molto più rapido con un conseguente tempo di adozione più corto. Viceversa se α è alto la funzione si sposta verso destra progressivamente e questo implica che ci sia una forte eterogeneità fra gli agenti, il passaparola sia più lento e quindi il tempo di adozione sia più lungo a parità di quantità venduta di prodotto. Si può dunque affermare che così si viene a generare un'asimmetria nella distribuzione. A seconda quindi del valore assunto da α si può comprendere se ci sia stato un contagio fra gli imitatori oppure no. BM è quindi un modello più generale di quello di B e offre un importante contributo per spiegare la velocità della partenza della diffusione e la velocità della diffusione dopo la partenza. Tuttavia, in compenso, apre troppo la prospettiva ed è qui che si vede l'importante contributo offerto da un terzo modello che media fra i 2 analizzati finora: quello di Guseo, Mortarino, Darda (2015).

Il modello di Guseo, Mortarino e Darda, BBM

Il modello proposto da Guseo, Mortarino, Darda nel 2015 (2015), in seguito denominato semplicemente "BMM", si propone come un modello utile per fare delle previsioni nel lungo periodo e per individuare la traiettoria principale del ciclo di vita di un prodotto in cui si privilegiano aspetti di eterogeneità latente sia a livello di imitatori come avviene nel modello di Bemmaor sia a livello della componente innovativa.

Il modello può essere definito dalla seguente equazione:

$$F(t)= \frac{(1-e^{-(p+q)*t})^{\delta}}{(1+\frac{q}{p}*e^{-(p+q)*t})^{\alpha}}$$

In altre parole:

Il modello BMM modifica la funzione di ripartizione di Bemmaor, che presentava un'esponenziale al denominatore, tramite l'introduzione di un'esponenziale al numeratore (che

introduce l'eterogeneità fra gli innovatori). Esso si basa sul semplice principio che, elevando a potenza una funzione di ripartizione, si ottiene ancora una funzione di ripartizione. BMM si propone quindi come una generalizzazione di BM.
Si può inoltre affermare che il modello BMM è più equilibrato per fare delle previsioni ed è per questo più realistico rispetto agli altri due. Includendo 4+1 parametri si pone come una via di mezzo fra B e BM: mentre B chiudeva troppo la prospettiva e BM la apriva troppo, il modello esteso ingloba al suo interno BM, il quale a sua volta si presenta come un modello più generale di B. I modelli risultano così nidificati e quello di BMM si presenta come il più completo, nei residui sembra più efficiente e presenta un R quadrato più elevato sia di BM che di quello di B.

Il modello BMM introducendo un'esponente al numeratore modifica BM presupponendo un'eterogeneità fra gli innovatori oltre che fra gli imitatori. In questo modello quindi se δ e α sono =1 ci si riconduce a B, se δ è <1 si accelererà il processo di adozione fin dall'inizio (innovatori più omogenei), se δ è >1 si ritarderà il processo di contagio (innovatori più eterogenei). Normalmente δ e α nella realtà sono molto più grandi di 1.
In questi modelli così si è cercato di dimostrare come si possano introdurre degli esponenti al numeratore e al denominatore per spiegare l'eterogeneità all'interno della popolazione di imitatori e di innovatori.

I modelli di Bass, Bemmaor e BMM a confronto

I modelli di Bass, Bemmaor e BMM possono essere messi a confronto considerando diversi parametri e vedendo come questi parametri si comportano a seconda che la popolazione di adottanti venga considerata omogenea o eterogenea nell'assumere le decisioni.
Nello specifico consideriamo un'applicazione alla previsione delle potenzialità future della produzione di gas metano in Algeria. I dati di riferimento sono forniti dalla British Petroleum (6,7,8).

Table 1
Parameter estimates and respective asymptotic 95% confidence intervals.

Model Parameters		Bass	BM	BMM
General penetration parameters	m	2687 (2565.83, 2807.57)	4948 (4060.67, 5835.57)	3029 (2652.85, 3405.08)
	p	0.0018 (0.0017, 0.0019)	0.0379 (0.0353, 0.0405)	0.0013 (−0.00006, 0.00262)
	q	0.124 (0.1186, 0.1286)	0.0096 (−0.0011, 0.0203)	0.1155 (0.0847, 0.1463)
Exponential shock parameters	a			
	b			
	c			
Propensity parameters (asymmetries)	α		22.17 (2.4064, 41.9398)	0.763 (0.5388, 0.9864)
	δ			3.233 (2.3156, 4.1512)
R^2		0.999407	0.999877	0.999907
Model standard error		14.9322	6.81086	5.9028

In primo luogo osserviamo come il modello di Bass comprenda 2+1 parametri: p, detto coefficiente di innovazione, che misura la propensione dei potenziali adottatori innovativi di diventare adottatori, e q, detto coefficiente di imitazione, che misura la propensione dei potenziali adottatori ad adottare il prodotto già acquistato dai precedenti adottatori. Questi due parametri(con valore medio pari a p=0,0018 e q=0,0379) vengono assunti considerando una popolazione di adottanti omogenea, e permettono di vedere se un prodotto viene considerato innovativo dal consumatore oppure no. L'R quadrato (detto coefficiente di determinazione, che è il quadrato del coefficiente di correlazione e misura il grado di affidabilità del modello) pari a 0,999407 e l'errore standard (che definisce la deviazione standard dello stimatore) pari a 14,9322 mostrano come lo stimatore assunto in questo modello sia impreciso e non consenta di determinare con affidabilità il ciclo di vita possibile di un prodotto. Si può notare come questo avvenga perché ci sono pochi parametri significativi e per questo risulta impreciso nella previsione del fenomeno.

Passando al modello BM si può vedere come in questo caso non si prendano in esame più solo i parametri p e q ma anche un terzo parametro, α, che misura la velocità con cui l'innovazione si diffonde fra gli imitatori a seconda che questi siano omogenei oppure eterogenei. Questo modello, in cui i parametri p e q (sempre calcolati come medie) assumono valori rispettivamente pari a 0,0379 e 0,0096, e il parametro α assume un valore pari a 22,17, si presenta più preciso in quanto considera l'eterogeneità che è una caratteristica che nella realtà è molto frequente trovare fra le unità adottanti. A riprova della maggior precisione di questo modello si può vedere come in questo caso R quadrato sia uguale a 0,999877 e l'errore standard sia pari a 6,81086. BM quindi riesce meglio ad interpolare i dati analizzati riducendo la distanza fra modello teorizzato e dati osservati.

Arrivando quindi al modello BMM proposto nel 2015 si può vedere come adesso i parametri non siano più 3 ma bensì 4, in quanto troviamo p, q, α e un altro parametro, δ, che misura la velocità con cui gli innovatori diffondono il prodotto nel mercato a seconda che siano più o meno eterogenei. Più precisamente i parametri, calcolati come medie, assumono i seguenti valori: p=0,0013, q=0,1155, α=0,793 e δ=3,233. Osservando come in questo caso R quadrato sia pari a 0,999907 e l'errore standard a 5,9028, si può vedere come questo modello sia migliore di B e di BM, nel senso che incorporando più parametri degli altri descrive meglio la tendenza futura del fenomeno e permette di avvicinarsi ancora di più alla realtà in quanto sia gli imitatori che gli innovatori in questo caso sono considerati eterogenei.

Infine in questi 3 modelli un ultimo parametro che possiamo considerare è l'm, misurante il mercato potenziale (in questo caso il massimo estraibile), che assume valori (stiamo sempre parlando di valori calcolati come medie) rispettivamente nel modello B pari a 2687, nel modello BM pari a 4948 e nel modello BMM pari a 3029. In ogni caso questo parametro risulta di rilievo ai fini delle nostre valutazioni.

Ciò che è importante notare è che, anche se tutti e 3 i modelli presentano un grado di affidabilità piuttosto elevato, il modello BMM risulta il più generale ma anche il più realistico, e per questo migliore. Vediamo ora alcune applicazioni di questi 3 modelli al gas naturale algerino.

I modelli di Bass, Bemmaor e BMM applicati al caso algerino

L'Algeria deteneva il 2,4% di tutte le riserve globali alla fine del 2012 (8) e il rapporto tra riserve e produzione era stimato in 55.3 anni. Tale stima tuttavia è stata spesso messa in discussione in quanto non considerava le dinamiche non lineari di estrazione. Difatti applicando questi 3 modelli si può vedere come i dati possano portare a fare delle previsioni differenti.

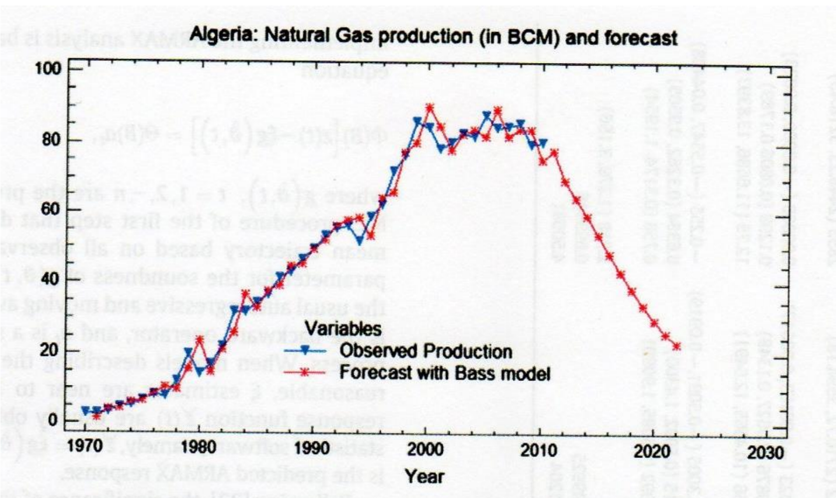

Fig. 3. Algerian natural gas forecast with the Bass model and ARMAX(2,2).

Cominciando dal modello di B si osserva come la produzione di gas naturale sia aumentata dal 1970 ad un tasso di crescita elevato fino al 1999 (a parte gli shocks negativi del 1980 e del 1992), per poi subire un rallentamento fino a raggiungere di nuovo un picco nel 2008. Successivamente la produzione ha cominciato a scendere, salvo un piccolo aumento finale. I dati storici arrivano fino al 2010 e la previsione con questo modello mostra negli anni futuri una progressiva diminuzione nella produzione del gas naturale algerino. Questo anche perché si sta considerando un modello basato su un'estrazione di una risorsa con un ciclo di vita finito e quindi si sta parlando di una risorsa destinata ad esaurirsi.

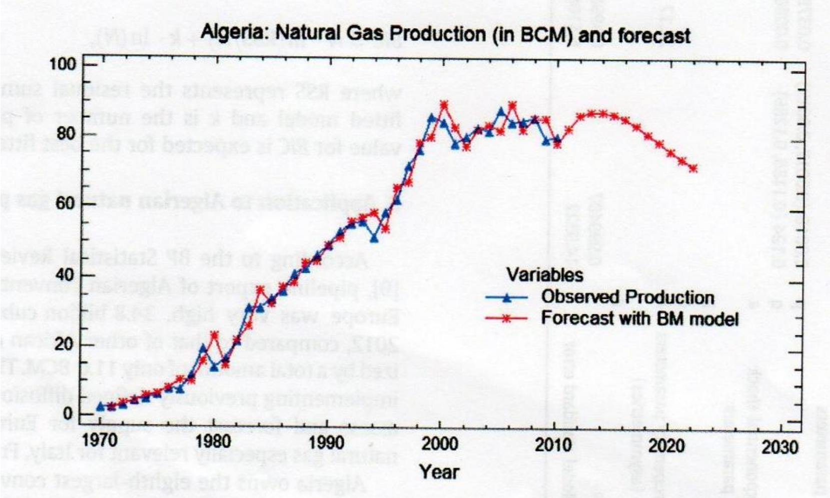

Fig. 4. Algerian natural gas forecast with the Bemmaor (BM) model and ARMAX(2,2).

Nel modello di BM invece le traiettorie di modello assomigliano al precedente sino al 2010 ma dopo di allora è previsto un aumento della produzione fino al 2014 per poi assistere a una progressiva diminuzione ma non così veloce come aveva invece previsto il modello B: questo perché il BM è l'unico fra i modelli postulati che non considera che il gas naturale abbia già raggiunto la metà del suo ciclo di vita.

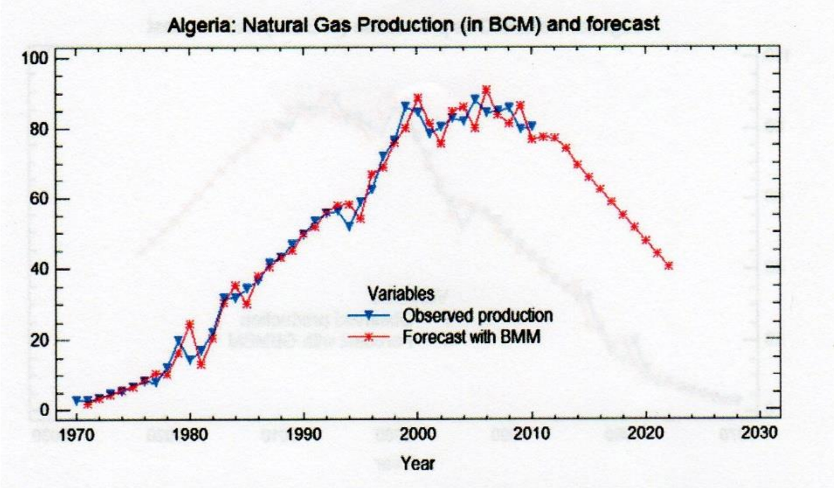

Fig. 5. Algerian natural gas forecast with the modified Bemmaor model (BMM) and ARMAX(1,4).

Infine prendiamo in esame il modello BMM o Bemmaor modificato: i dati osservati presentano più o meno lo stesso trend dei modelli precedenti e tendono a discostarsi rispetto alle traiettorie descritte dagli altri modelli per quanto riguarda la produzione degli ultimi anni. Le previsioni dopo il 2010 indicano che il gas naturale si sta esaurendo con una certa celerità in quanto il modello presenta un andamento rapidamente decrescente nella produzione di gas. Il modello BMM sembra risultare più accurato e preciso in quanto la distanza fra dati storici osservati e modello è ridotta in corrispondenza dello shock positivo del 2000 rispetto agli altri 2 modelli. Questo permette quindi di concludere che probabilmente la quantità di gas naturale che possiamo estrarre tenderà progressivamente a ridursi negli anni.

I tre grafici illustrano come il gas naturale possa essere considerato con un ciclo di vita finito e con una previsione di esaurimento nell'arco di poco più di un decennio. Più aumenta la domanda locale di imprese e di consumatori che usano il gas naturale più tende ad aumentare l'estrazione. Tuttavia va anche considerato che il progressivo esaurimento della risorsa porta necessariamente ad un aumento dei costi di estrazione e ad un tendenziale aumento del prezzo della risorsa stessa. Ciò comporta che imprese e consumatori potrebbero nel tempo trovare sempre meno conveniente l'utilizzo del gas e rivolgersi ad altre risorse energetiche determinando di conseguenza una riduzione dell'estrazione.

Possiamo dunque affermare come questi 3 modelli siano differenti fra di loro ma che effettivamente se l'estrazione di gas naturale in Algeria continuerà probabilmente nel giro di qualche decennio la produzione di gas naturale si esaurirà.

Bisogna tener conto tuttavia di come i modelli di diffusione dell'innovazione possano essere influenzati da diverse variabili quali l'intervento di nuove politiche, tecnologie o altri fattori che possono modificare la dinamica del processo, e di come, considerando l'eterogeneità di innovatori e imitatori, si può stimare il ciclo di vita di diffusione dei prodotti più efficientemente e con una predizione minima di errori.

In sintesi

In questo lavoro si è cercato di descrivere le dinamiche che operano all'interno del processo di diffusione dell'innovazione di un prodotto in un mercato valutandone poi l'impatto nel caso specifico della produzione di gas naturale algerino. Il primo modello analizzato è stato quello di Bass, il quale presuppone che la popolazione di adottanti sia costituita da individui fra di loro omogenei. Egli presuppone che, dopo che l'impresa ha immesso nel mercato un nuovo prodotto, esso si diffonda dapprima presso gli innovatori e poi fra gli imitatori. Questo modello però non considera come il passaparola possa variare nel corso del tempo in quanto gli ultimi adottatori possono non essere altrettanto entusiasti dei primi nel parlare del nuovo prodotto, venendosi così a creare una sorta di eterogeneità nella classe degli imitatori. Il modello di Bemmaor invece considera proprio l'eterogeneità nella popolazione degli imitatori. Il modello studia il comportamento della popolazione di imitatori assumendo che ogni individuo sia caratterizzato da una propensione individuale all'acquisto e cerca di analizzare come variano le dinamiche di adozione a seconda che la popolazione di adottanti sia più o meno omogenea nell'assumere le decisioni. Infine si è analizzato il modello proposto da Guseo, Darda e Mortarino nel 2015, il quale assume una popolazione di adottanti eterogenea sia nella componente innovativa che imitativa.

Si è quindi cercato di dare un riscontro empirico alle assunzioni teoriche postulate applicandole al caso dell'estrazione del gas naturale in Algeria. Comparando i tre modelli si è potuto valutare come il modello di Guseo, Darda e Mortarino sia il più realistico ed affidabile in quanto riesce meglio ad interpolare i dati e a studiarne la possibile evoluzione. Secondo tale modello la produzione di gas naturale si esaurirà nel giro di non molti anni. Va tuttavia ricordato che le dinamiche di diffusione sono correlate all'ambiente in cui operano e sono specifiche al contesto. Per esempio si può osservare come nel mondo più elevata è la domanda locale delle tecnologie che usano gas naturale e più elevata è l'estrazione, tuttavia l'estrazione stessa può essere frenata da limitazioni ambientali e dai costi di estrazione. Nel caso algerino si dimostra come eventi rilevanti che modificano il processo di estrazione possano alterare le dinamiche di estrazione nel tempo successivo.

BIBLIOGRAFIA

1) F.M. Bass, A new product growth model for consumer durables. Manag. Sci. 15 (1969) 215-227.

2) A.C. Bemmaor, J. Lee, The impact of heterogeneity and ill-conditioning on diffusion model parameter estimates. Mark. Sci. 21 (2002) 209-220.

3) R. Chatterjee, J. Eliashberg, The innovation diffusion process in a heterogeneous population: a micromodeling approach. Manag. Sci. 36 (1990) 1057-1079.

4) R. Guseo, C. Mortarino, M.A. Darda, Homogeneous and heterogeneous diffusion models: Algerian natural gas production. Technol. Forecast. Soc. Chang. 90 (2015) 366-378.

5) E.M. Rogers, Diffusion of innovations. 5th ed. Free Press, New York, 2003.

6) BP, BP Statistical Review of World Energy, http://www.bp.com 2011.

7) BP, BP Statistical Review of World Energy, http://www.bp.com 2012.

8) BP, BP Statistical Review of World Energy, http://www.bp.com 2013.