

Innovation diffusion processes: competition and substitution in energy technologies

Renato Guseo¹

¹Dipartimento di Scienze Statistiche
Centro Studi di Economia e Tecnica dell'Energia Giorgio Levi Cases
Università degli Studi di Padova

Presentazione del progetto di ricerca
Padova, 19 Febbraio 2015

Chi siamo

- ▶ Il gruppo di ricerca è così composto:
 - Renato Guseo** (Professore ordinario di Statistica, Università di Padova);
 - Cinzia Mortarino** (PhD, Professore Associato di Statistica, Università di Padova);
 - Alessandra Dalla Valle** (PhD, Professore Associato di Statistica, Università di Padova);
 - Claudia Furlan** (PhD, Ricercatore confermato in Statistica, Università di Padova);
 - Mariangela Guidolin** (PhD, Ricercatore non confermato in Statistica Economica, Università di Padova);
 - Md Abud Darda** (PhD, Assistant Prof. in Statistics, Natural Science Academic Group, National University, Gazipur 1704, Bangladesh);



Cosa facciamo

Abstract del progetto di ricerca:

“The research project aim is to study the area of **Energy Dynamics** and related forecasts of **renewable** and **non-renewable** technologies, within European countries, for the electric energy production. In particular, the dynamics among **competing technologies** will be studied in an **innovation diffusion context.**”

Attività previste

- ▶ Studio delle dinamiche future di **energia elettrica**, mettendo in competizione il **gas** e il **nucleare** con il **solare** e l'**eolico**.
- ▶ La **competizione-sostituzione** dipende da nazione a nazione. Il focus verrà messo sull'Europa, ma continueranno ad essere osservati i leader mondiali delle diverse tecnologie.
- ▶ Inizialmente studio separato di ogni tecnologia per poi passare alla modellazione della competizione, paese per paese.
- ▶ Particolare attenzione alla **competizione in Germania**, che ha programmato la dismissione del nucleare nel 2022 (**phaseout**).



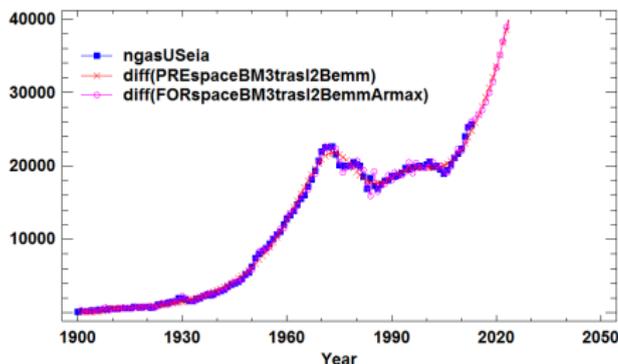
Fracking

Shale Gas – Shale Oil: generalità

- ▶ Negli ultimi anni possenti investimenti nella tecnica del **fracking** hanno permesso di ottenere **shale oil** e **shale gas**, soprattutto negli **USA**.
- ▶ Gli USA stanno particolarmente **beneficiando** degli investimenti nello **shale gas**.
- ▶ Negli USA si sta verificando una “**oil renaissance**” grazie allo shale oil, ma la recente **caduta del prezzo** del petrolio **minaccia** l'estrazione del petrolio con il **fracking**.

Fracking

Shale Gas – USA



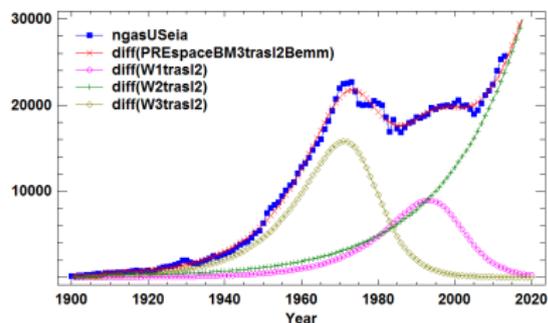
Negli ultimi 10 anni, gli USA passano da essere i maggiori importatori di gas ad essere autosufficienti (e si preparano per esportarlo). Il prezzo del gas è diminuito: **2-3 \$ per milione di btu.**



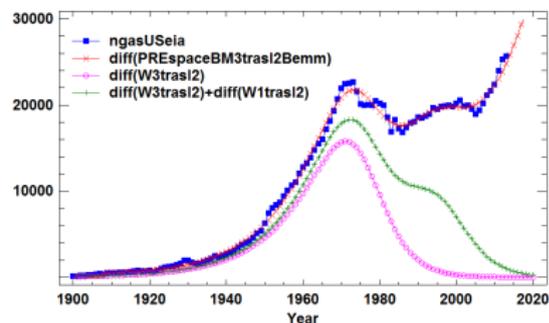
Fracking

Shale Gas – USA: rappresentazione delle 3 ondate

Separate



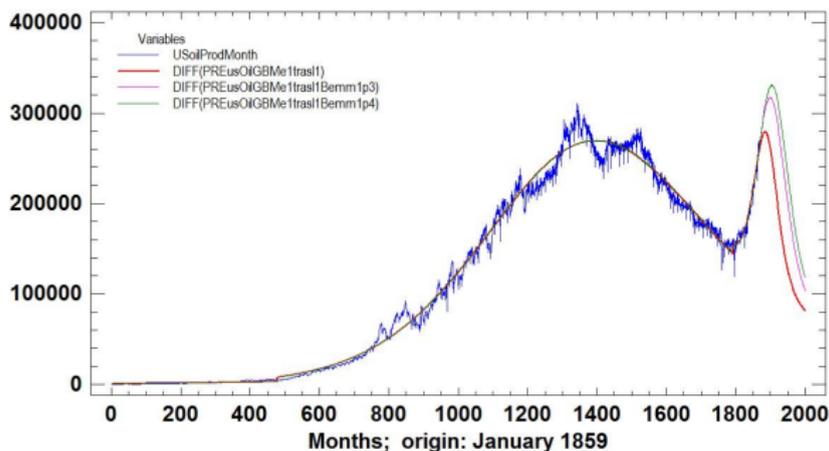
Sommate



Fracking

Shale Oil – USA: produzione mensile (migliaia di barili). Fonte dati: EIA.

EIA U.S. Field Production of Crude Oil (Thousand Barrels); GBM and Bemmaor Models; R. Guseo



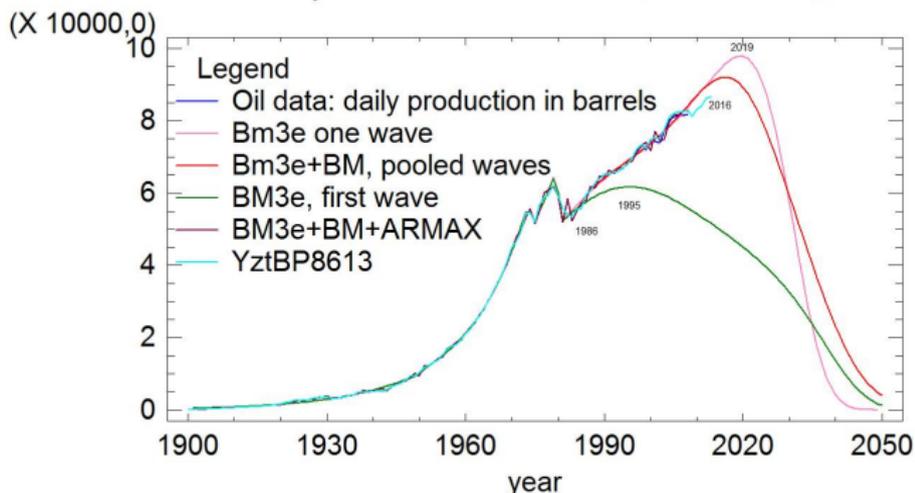
Per il petrolio, il fracking sembra avere un ruolo limitato nel tempo.



Fracking

Shale Oil – Livello Mondiale: Guseo (2011). Energy Policy. 39(9), 5572-77.

Two Waves in Daily World Oil Production, 1900-2008, and Forecasts



Dopo il cedimento del 2008, il ritmo di crescita raggiunge i livelli previsti. Invece, la produzione non raggiunge i livelli previsti, nonostante la “US shale renaissance”.



Energia Nucleare

La produzione di energia elettrica da fonte nucleare tra le **top seven** è

- ▶ in forte crescita nei paesi in espansione economica: **Cina**, **Korea del Sud** (recente stop per scandalo sulla sicurezza) e **Russia***
- ▶ sta ancora crescendo in quei paesi che hanno investito negli ultimi decenni nelle centrali: **Francia** (recente rallentamento), **Canada**
- ▶ ha un rallentamento nei paesi in cui non è più economicamente competitiva (**USA**) o che avevano programmato la dismissione del nucleare (**Germania**)



Energia Nucleare

- ▶ L'evoluzione a **livello mondiale** del nucleare si bilancia con una leggera predominanza negativa che genera una leggera **flessione**.
- ▶ I dati di produzione/consumo di energia nucleare confermano che le decisioni delle nazioni a livello di politica nucleare non sono state cambiate dopo l'incidente di Fukushima, a meno di rallentamenti temporanei per alzare e/o controllare i livelli di sicurezza esistenti.

Energia nucleare – Consumo Mondiale

CON e SENZA il Giappone

La tecnologia nucleare a livello mondiale stava già cominciando ad avere una flessione, ora acuita dallo stop della produzione giapponese (modello GGM, 2009).

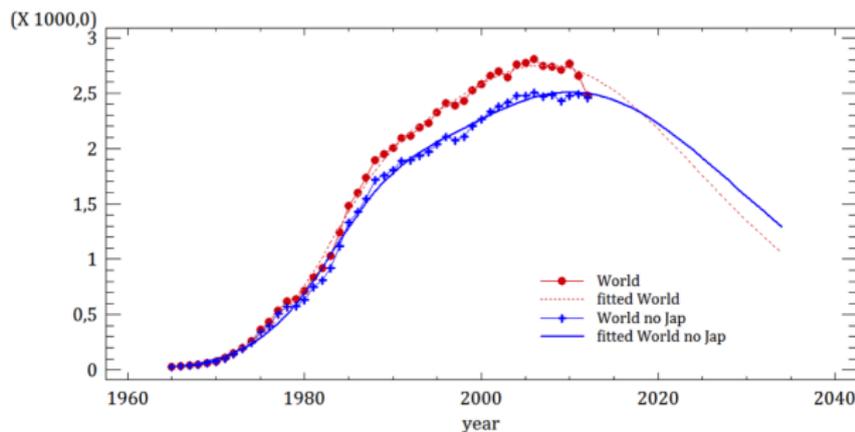


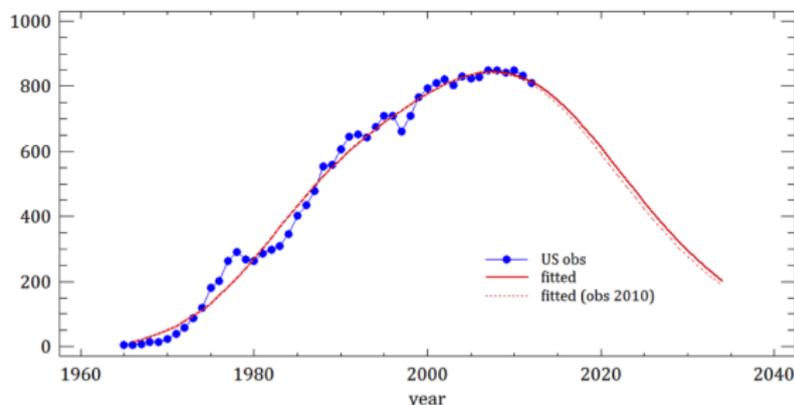
Figura: Furlan, Guidolin, Guseo (2014). *47th Scientific Meeting of Italian Statistical Society, Cagliari 11th-13th of June, 2014.*



Energia nucleare – USA

Effetti dell'incidente di Fukushima sul consumo di energia nucleare

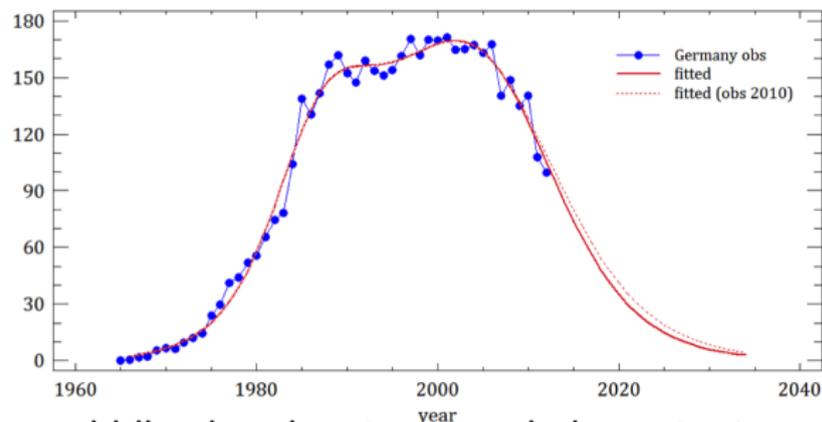
Aumento di controlli di sicurezza soprattutto nei reattori più vecchi soprattutto in presenza di uprating (modello GGM, 2009)



La sicurezza però ha un costo che rende il nucleare economicamente meno competitivo, soprattutto in un momento storico in cui lo è il gas naturale (shale gas).



Energia nucleare – Germania

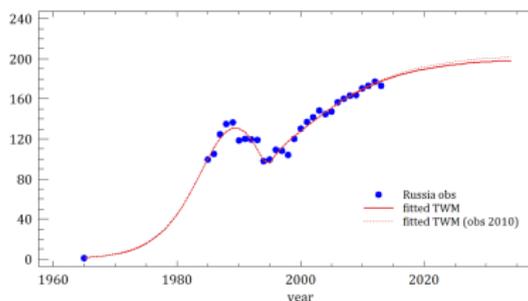


L'opinione pubblica ha giocato un ruolo importante per questa scelta. Infatti, già nel 2002 si era deciso per la dismissione totale del nucleare entro il 2022 (modello GGM, 2009).

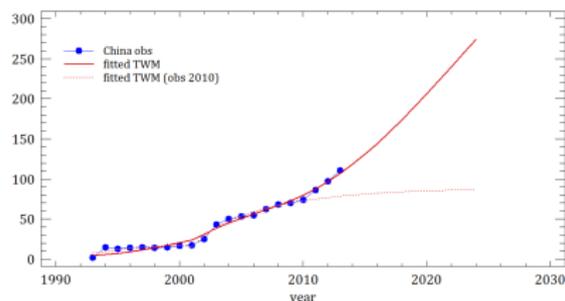


Energia nucleare – Russia e Cina

Russia



Cina



Fukushima ha probabilmente rallentato temporaneamente la crescita per i controlli di sicurezza e di fattibilità di nuove centrali (modello multifase).



Energie rinnovabili: solare fotovoltaico

USA

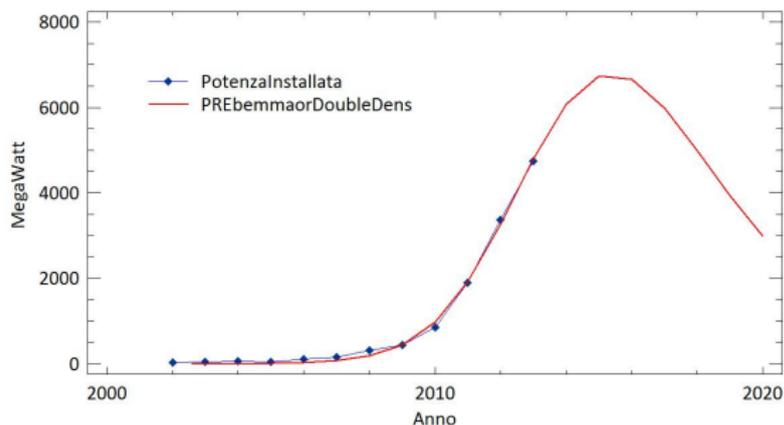


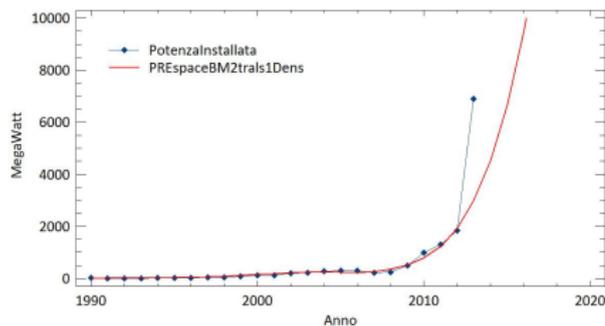
Figura: USA: Potenza installata di solare fotovoltaico in MW (modello: Bemmaor double).



Energie rinnovabili: solare fotovoltaico

Giappone

Figura: Giappone: Potenza installata di solare fotovoltaico in MW (modello multifase).



	Consumi (TWh)			
	2011	2012	2013	$\Delta\%_{13-12}$
Solare	4,5	6,1	10,7	+75%
Eolico	4,5	4,7	5,1	+8%



Energie rinnovabili: solare fotovoltaico

Germania

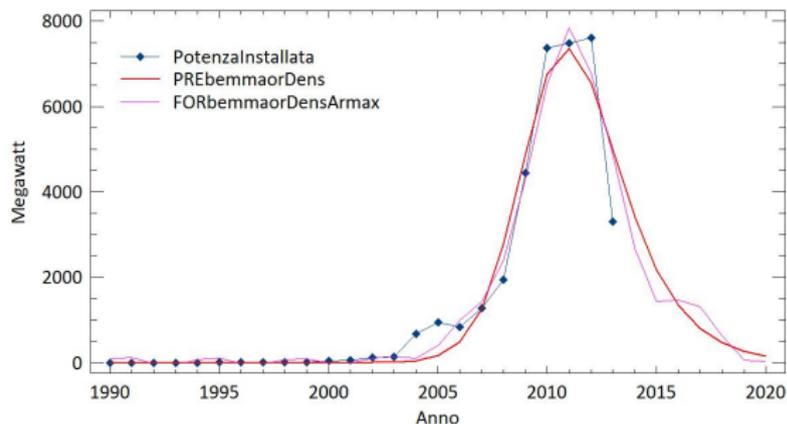


Figura: Germania: Potenza installata di solare fotovoltaico in MW (modello di Bemmar).



Energie rinnovabili: solare fotovoltaico

Cina

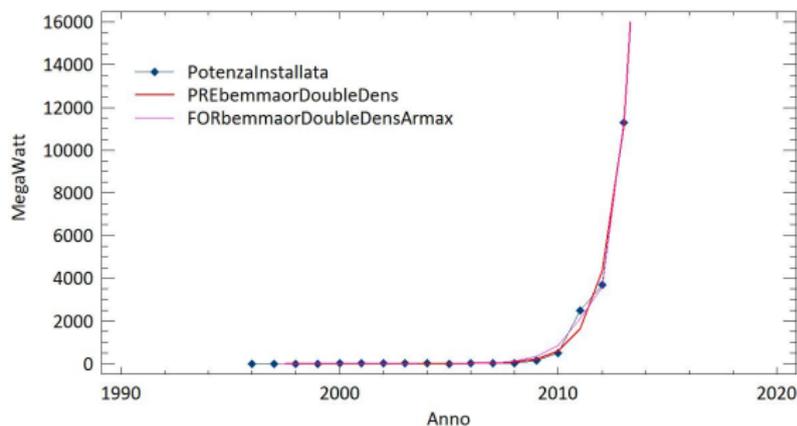


Figura: Cina: Potenza installata di solare fotovoltaico in MW (modello: Bemmaour double).



Un modello generale per la competizione tra due tecnologie: UCRCD (Guseo e Mortarino, 2014)

Il modello è un sistema di equazioni differenziali dove $z_1'(t)$ e $z_2'(t)$ indicano le adozioni istantanee della prima e della seconda tecnologia, rispettivamente (I_A : indicatrice evento A),

$$z_1'(t) = m \left\{ \left[p_{1a} + q_{1a} \frac{z(t)}{m} \right] (1 - I_{t > c_2}) + \left[p_{1c} + (q_{1c} + \delta) \frac{z_1(t)}{m} + q_{1c} \frac{z_2(t)}{m} \right] I_{t > c_2} \right\} \left[1 - \frac{z(t)}{m} \right],$$

$$z_2'(t) = m \left[p_2 + (q_2 - \gamma) \frac{z_1(t)}{m} + q_2 \frac{z_2(t)}{m} \right] \left[1 - \frac{z(t)}{m} \right] I_{t > c_2},$$

$$m = m_a (1 - I_{t > c_2}) + m_c I_{t > c_2}$$

$$z(t) = z_1(t) + z_2(t) I_{t > c_2}.$$



La competizione tra nucleare e rinnovabili: il caso della Germania

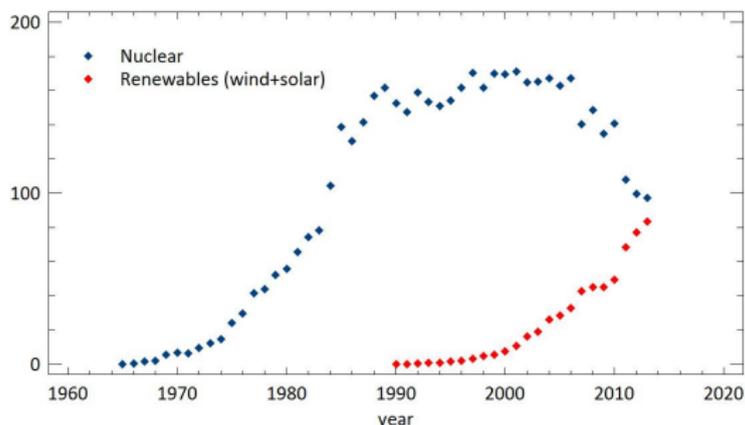


Figura: Serie storiche di consumi di energia nucleare, eolica e solare in Germania (in TWh). Fonte: BP Statistical Review 2014



La competizione tra nucleare e rinnovabili: il caso della Germania

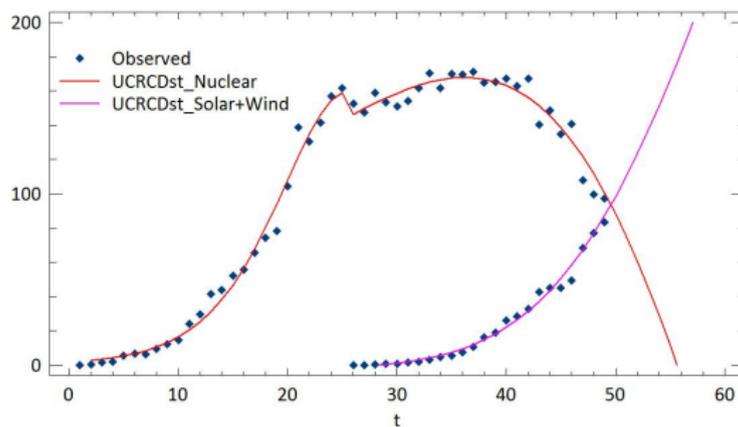


Figura: Serie storiche di consumi di energia nucleare, eolica e solare in Germania e previsioni con modello UCRCD standard (ex Guidolin, Guseo; ISI-2015, Rio de Janeiro, 26-31 July 2015)



Diffusione delle innovazioni

Riferimenti bibliografici

- ▶ Dalla Valle, A. Furlan, C. (2011). Forecasting accuracy of wind power technology diffusion models across countries, *International Journal of Forecasting*, 27, 592-601.
- ▶ Dalla Valle, A., Furlan, C. (2014). Diffusion of nuclear energy in some developing countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), 1746-1760.
- ▶ Furlan, C., Oliveira, A.P., Soares, J., Codato, G., Escobedo, J.F. (2012). The role of clouds in improving the regression model for hourly values of diffuse solar radiation, *Applied Energy*, 92, 240-254.
- ▶ Guidolin, M., Guseo, R. (2012). A nuclear power renaissance? *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), 1746-1760.
- ▶ Guidolin, M., Guseo, R. (2014). Modelling seasonality in innovation diffusion. *Technological Forecasting and Social Change*, 86, 33-40.



Diffusione delle innovazioni

Riferimenti bibliografici

- ▶ Guidolin, M., Guseo, R. (2015). Modelling competition between nuclear power and renewable energy technologies: some results and forecasts for Germany. *60th World Statistics Congress - ISI 2015 - Rio de Janeiro, Brazil, 26-31 July.*
- ▶ Guidolin, M., Mortarino, C. (2010). Cross-country diffusion of photovoltaic systems: modelling choices and forecasts for national adoption patterns, *Technological Forecasting and Social Change*, 77(2), 279-296.
- ▶ Guseo, R. (2011). Worldwide Cheap and Heavy Oil Productions: A Long-Term Energy Model. *Energy Policy*, 39(9), 5572-5577.
- ▶ Guseo, R., Dalla Valle, A. (2005). Oil and Gas Depletion: Diffusion Models and Forecasting under Strategic Intervention, *Statistical Methods and Applications*, vol. 14, 3, 375-387.
- ▶ Guseo, R., Dalla Valle, A., Guidolin, M. (2007). World Oil Depletion Models: Price Effects Compared with Strategic or Technological Interventions; *Technological Forecasting and Social Change*, 74(4), 452 - 469.



Diffusione delle innovazioni

Riferimenti bibliografici

- ▶ Guseo, R., Guidolin, M. (2008). Cellular Automata and Riccati Equation Models for Diffusion of Innovations. *Statistical Methods and Applications*, 17(3), 291 - 308.
- ▶ Guseo, R., Guidolin, M. (2009). Modelling a Dynamic Market Potential: A Class of Automata Networks for Diffusion of Innovations. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(6), 806-820.
- ▶ Guseo, R., Guidolin, M. (2010). Cellular Automata with Network Incubation in Information Technology Diffusion. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389(12), 2422-2433.
- ▶ Guseo, R., Guidolin, M. (2011). Market potential dynamics in innovation diffusion: modelling the synergy between two driving forces. *Technological Forecasting and Social Change*, 78(1), 13-24.
- ▶ Guseo, R., Guidolin, M. (2015). Heterogeneity in Diffusion of Innovations Modelling: A Few Fundamental Types. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 514-524.



Diffusione delle innovazioni

Riferimenti bibliografici

- ▶ Guseo, R., Mortarino, C. (2010). Correction to the paper Optimal Product Launch Times in a Duopoly: Balancing Life-Cycle Revenues with Product Cost. *Operations Research*, 58(5), 1522-1523.
- ▶ Guseo, R., Mortarino, C. (2012). Sequential Market Entries and Competition Modelling in Multi-Innovation Diffusions. *European Journal of Operational Research*, 216, 658-667.
- ▶ Guseo, R., Mortarino, C. (2014). Within-brand and cross-brand word-of-mouth for sequential multi-innovation diffusions. *IMA Journal of Management Mathematics*, 25, 287-311.
- ▶ Guseo, R., Mortarino, C., Darda, Md Abud (2015). Homogeneous and heterogeneous diffusion models: Algerian natural gas production. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 366-378.

