

Università degli Studi di Salerno  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E STATISTICHE

Anna Parziale

IL FITNESS LANDSCAPE: UN NUOVO  
APPROCCIO PER L'ANALISI DEL  
FEDERALISMO FISCALE

WORKING PAPER 3.187<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Questo lavoro è in parte frutto della ricerca finanziata nell'ambito del progetto FIRB MIUR n° RBAU01B49F/001” Scienza e Tecnologia nella società della conoscenza: Economia e Complessità”.



## **Indice**

Introduzione .....	3
Il federalismo fiscale e la teoria economica tradizionale.....	4
I limiti dei modelli tradizionali: economia e complessità.....	7
La co-evoluzione.....	9
Il federalismo fiscale: esempio di sistema economico complesso.	12
Il fitness landscape, il patching e il modello NK .....	14
Il caso $K=0$ .....	18
Il caso $K= N-1$ .....	19
Federalismo fiscale :un'applicazione del modello NK.....	21
Conclusioni .....	33
Bibliografia .....	37



## **Introduzione**

L'obiettivo di questo lavoro è quello di rianalizzare alla luce delle recenti evoluzioni della letteratura sulla coevoluzione dei sistemi uno dei principali problemi di finanza pubblica che si è posto negli ultimi tempi all'attenzione degli studiosi: Il federalismo fiscale. Questo viene considerato come esempio tipico di un sistema economico complesso.

Il lavoro parte descrivendo il passaggio dall'approccio "tradizionale" a quello "complesso" nella teoria della scienza e nell'economia; si evidenzia così se ed in che modo può rivelarsi opportuno per il decisore politico utilizzare il nuovo approccio, epistemologico e metodologico, della scienza dei sistemi complessi. A questo fine, in prima battuta si sintetizzano gli aspetti salienti dell'approccio tradizionalmente utilizzato per lo studio del federalismo fiscale: la teoria economica dei governi di diverso livello.

Si prosegue, poi, evidenziando i limiti di tali modelli. Principalmente il fatto che tali modelli si sono spesso rivelati incapaci di cogliere adeguatamente le dinamiche comportamentali dei sistemi. Si accenna, quindi, al modo in cui studiosi di diverse discipline (fisica, biologia, economia) hanno iniziato a testare la bontà delle teorie e dei modelli tradizionali. Su questa base, si è quindi iniziato ad esplicitare nuovi principi che partendo dall'inadeguatezza dell'approccio tradizionale costituiscono le fondamenta per la costruzione di una nuova teoria interdisciplinare: "la teoria della complessità". Questa è basata sulle interrelazioni tra gli elementi del sistema e sulla coevoluzione degli stessi.

Ovviamente, il concetto di coevoluzione ben si addice ad entità istituzionali "federali" che interagiscono nell'ambito della stessa area nazionale, ripartendosi risorse e modificando le risorse a disposizione degli altri. Essendo gli strumenti elettivi per l'analisi della coevoluzione la nozione di "fitness landscape" e il "modello NK" ci si è concentrati quindi, dopo aver delineato le loro principali caratteristiche, sul loro uso per reinterpretare in chiave

complessa alcuni tradizionali concetti concernenti il federalismo fiscale.

L'obiettivo è di delineare i problemi sottostanti alla costruzione di un modello che permetta di analizzare le interdipendenze e quindi le relazioni tra il gettito delle istituzioni considerate e l'efficienza relativa della fornitura di beni e servizi pubblici al fine di orientarsi verso scelte efficaci ed efficienti nella pianificazione di una struttura fiscale territoriale.

### **Il federalismo fiscale e la teoria economica tradizionale.**

Il federalismo è un "Hydra dalle molte teste", sia nella teoria che nella realtà. L'etichetta "federalismo" viene abitualmente adoperata per individuare una vasta gamma di modelli politico-istituzionali. Tali modelli sono caratterizzati dall'unione funzionale e strutturale di una molteplicità di enti territoriali, variamente denominati (Stati, repubbliche, cantoni, regioni, Länder, province autonome, etc.), ma tutti dotati, nel proprio ambito, di poteri più o meno ampi di autogoverno<sup>1</sup>.

Questa unione nasce da un patto che tenta di coniugare insieme il principio dell'unità con il rispetto e la tutela delle diversità. Il federalismo, quindi, indica molte cose, spesso tra loro molto diverse, e nessun federalismo concretamente esistente è uguale ad un altro.

Anche dal punto di vista teorico esistono differenze significative nell'approccio alla tematica del federalismo. Ciò è testimoniato da due illustri studiosi di economia pubblica: James M. Buchanan, che privilegia un approccio al federalismo dal punto di vista della filosofia politica; Richard M. Musgrave, che, invece, considera il federalismo principalmente dall'angolo visuale della teoria della finanza pubblica<sup>2</sup>.

Due sembrano i principali vantaggi del federalismo: a) maggiore efficienza dei governi locali nell'offerta di alcuni beni e servizi pubblici; b) migliore efficienza nell'allocazione delle risorse. Su

---

<sup>1</sup> Sui principali esempi di Stato federale, cfr. Brosio (1994).

<sup>2</sup> cfr. Buchanan e Musgrave (1999), p.177.

questi punti si sono concentrati i padri fondatori di tale approccio: Buchanan, Musgrave, Oates, Tiebout che hanno dominato il pensiero economico federalista fino agli anni '80.

Varie argomentazioni<sup>3</sup> sono portate a sostegno di una pretesa maggiore efficienza dei governi locali nell'offerta di alcuni beni e servizi pubblici. I governi locali, a causa delle loro maggiori informazioni circa la struttura delle preferenze dei cittadini, sarebbero più in grado di adeguare l'offerta dei beni e servizi pubblici e la gestione delle politiche ai bisogni e alle condizioni locali.

La maggiore vicinanza dei cittadini ai processi decisionali gli conferirebbe maggiori poteri di controllo sugli amministratori pubblici.

Il finanziamento dei servizi collettivi potrebbe avvenire attraverso forme di imposizione che meglio riflettono la responsabilità fiscale per i benefici ottenuti.

Il decentramento politico, poi, sarebbe uno strumento per aumentare la concorrenza tra i governi locali a beneficio dei cittadini, attraverso l'attrazione esercitata su persone e capitali dalle giurisdizioni in grado di ridurre le imposte, i rischi ed i costi di transazione

L'esistenza di un ruolo dei governi locali nell'allocazione efficiente delle risorse trova, poi, il suo più importante punto di riferimento nella fornitura di beni e servizi pubblici locali, il cui fondamento teorico è rappresentato dalla teoria dei club e nella teoria dei beni pubblici locali<sup>4</sup>.

La teoria dei club di Buchanan (1965) giunge alla determinazione contemporanea sia della dimensione ottimale del club che della sua attività, limitatamente allo svolgimento di una sola funzione. Il club, a differenza della giurisdizione, ha un aspetto di natura volontaria, caratterizzato dalla libera partecipazione di ciascun membro alla sua attività. La giurisdizione, invece, è caratterizzata

---

<sup>3</sup> Parziale (2006).

<sup>4</sup> Bosio (2003).

dal punto di vista politico, cioè presenta elementi in qualche misura coercitivi.

Una importante conseguenza della non corrispondenza tra club e giurisdizione è che i confini della giurisdizione, stabiliti in virtù di criteri politici, non corrispondono all'ottima ampiezza del club stabilita dalla teoria economica.

Per una giustificazione economica del federalismo dal punto di vista dell'efficiente allocazione delle risorse, più proficuo si presenta l'approccio basato sulla teoria dei beni pubblici locali.

Questi, pur avendo le caratteristiche della "non-rivalità", della "non-escludibilità" e della libera disponibilità per tutti, arrecano i loro benefici solo ad un'area limitata. Per essi Tiebout (1956) sostiene che, in certe condizioni, la quantità ottimale può essere conseguita attraverso il cosiddetto "voto con i piedi" (voting by feet).

L'emigrazione dei cittadini, che rappresenta un meccanismo analogo a quello di mercato, provoca una concorrenza fiscale tra enti locali, che comporta una diversa offerta di beni pubblici nelle diverse giurisdizioni, in riferimento alle diverse preferenze dei cittadini.

Questo modello prevede condizioni molto restrittive per il verificarsi dei benefici derivanti dalla competizione tra le giurisdizioni<sup>5</sup>. Esso sembra quindi molto poco realistico. Ciò nonostante, va notato che ha dato luogo ad un'ampia letteratura.

Per la teoria normativa del federalismo fiscale, le decisioni allocative dovrebbero essere effettuate dal livello di governo più prossimo alla distribuzione spaziale dei benefici dei beni pubblici.

Rientra in questo approccio il cosiddetto "teorema della decentralizzazione" di Oates (1972), che riguarda i guadagni di benessere derivanti da un sistema decentralizzato. Rilevanti sono i limiti di applicabilità anche di questo teorema, che ipotizza uniformità delle preferenze all'interno delle singole giurisdizioni, e, nel caso di un sistema centralizzato, assenza sia di "effetti di traboccamento" (spillovers) che di economie di scala.

---

<sup>5</sup>cfr. Bewley (1981).

Gli anni '90 hanno visto un rinnovato interesse degli economisti sui temi del federalismo fiscale, con una esplosione di ricerche e di nuovi risultati impressionante.

In pratica, nella teoria del local government è successo quello che era successo 10 anni prima nella teoria dell'organizzazione industriale. Nuovi modelli e nuovi strumenti teorici mutuati dalla teoria dei giochi<sup>6</sup>, dalla stessa economia industriale, dalla political economy, hanno rivoluzionato il campo, producendo nuovi risultati teorici ed empirici di notevole interesse.

Per esempio, anche nel contesto della teoria dei governi di diverso livello si può cominciare a parlare di comportamenti strategici, di concorrenza, di co-evoluzione, di asimmetrie informative, della incapacità di commitment da parte dello Stato e delle ragioni del perché questo avviene, ecc.

Bisogna pertanto prestare un'attenzione molto più precisa a come si formano i meccanismi decisionali all'interno dei sistemi di governo e degli incentivi che i diversi assetti istituzionali offrono ai governi locali, inibendo o magnificando le loro capacità di agire efficientemente<sup>7</sup>

### **I limiti dei modelli tradizionali: economia e complessità**

L'economia tradizionale ha sempre cercato di semplificare la complessità della realtà, andando alla ricerca di strutture analitiche formali (equazioni o sistemi di equazioni) adeguate a trattare i dati disponibili. Ha dato quindi origine ad una serie di modelli (quelli fino ad ora considerati ne rappresentano, ovviamente, solo un esempio) generalmente lineari e statici, in grado di offrire soluzioni uniche e deterministiche da verificare attraverso procedure di test statistici.

I modelli formali derivano dalla traduzione in forma semplificata delle intuizioni di ricercatori sui meccanismi di funzionamento della realtà. Il problema di questo procedimento, che è comune a tutte le scienze, riguarda il modo in cui la semplificazione debba

---

<sup>6</sup> Parziale (2006).

<sup>7</sup> per un introduzione a questi temi, vedi Persson e Tabellini, (2000).

essere operata ed il livello fino a cui possa spingersi senza determinare la perdita di elementi esplicativi rilevanti. Non è quindi in questione se la semplificazione debba essere operata o meno.

Tuttavia i modelli formali che godono di generale approvazione sono quelli che, pur con un certo grado di astrazione, mantengono un legame forte con il fenomeno rappresentato. Più discussa, invece, è la validità di quei modelli che si discostano in maniera sostanziale da ciò che tentano di approssimare, nonostante la loro apparente maggiore capacità di sintesi dei dati rispetto a modelli meno formalizzati.

Secondo i critici di un tale tipo di approccio si tratta di costrutti astratti che non fanno che sintetizzare fenomeni che in questo modo si evita completamente di investigare.

In virtù del crescente interesse per la dinamica evolutiva dei sistemi, che in alcuni casi può costituire la reale base degli eventi che si stanno osservando, studiosi di diverse discipline (fisica, biologia, economia) hanno iniziato a testare la bontà delle teorie e dei modelli tradizionali. Tali modelli si sono spesso rivelati incapaci di cogliere adeguatamente le dinamiche comportamentali dei sistemi. Si è quindi iniziato ad esplicitare contemporaneamente nuovi principi che offrirebbero una giustificazione di tale inadeguatezza costituendo le fondamenta per la costruzione di una nuova teoria interdisciplinare: la teoria della complessità.

Da una visione meccanicistica e lineare (ispirata ai principi newtoniani)<sup>8</sup>, dove l'intero è sempre uguale alla somma delle parti, si è così passati ad una concezione non lineare, complessa. In tal senso la visione lineare rappresenta soltanto uno dei molteplici stati in cui può transitare un sistema: caos e ordine coesistono.

Il parametro d'ordine del sistema, ossia le variabili che misurano lo stato macroscopico di un sistema, influenzato da forze macroscopiche, o parametri di controllo, può manifestare

---

<sup>8</sup>In Peters (1999:136-137) si legge: "Newtonian physics is based on linear relationships between variables. It assumes that: For every cause, there is a direct effect. All system seek an equilibrium where the system is at rest. · Nature is orderly."

alternativamente dinamiche lineari o non lineari e, in questo ultimo caso, dinamiche coerenti (configurazioni) oppure puramente caotiche. Questo sviluppo ha dato vita a nuovi modelli e concetti come quello di sistema critico auto-organizzato ed in particolare quello di sistema complesso adattativo<sup>9</sup>.

La chiave per comprendere il tutto è rappresentata dal grado di interazione tra i molteplici elementi, o agenti, che costituiscono il sistema<sup>10</sup>. Evidentemente, perché gli agenti possano scambiare informazioni e beni essi devono essere eterogenei. Non è più sufficiente la ripartizione tra due o più gruppi ma ciascun agente deve possedere caratteristiche sue proprie<sup>11</sup>. In questo caso modelli puramente analitici non sono più sufficienti. Sono necessari modelli di simulazione. In quanto laboratorio virtuale per i modelli degli scienziati cognitivi e dei teorici della complessità, il computer, quindi, ha permesso di dar luogo ad un nuovo modo di fare scienza, a metà strada tra teoria matematica ed esperimento di laboratorio.

I ricercatori che percorrono questa “terza via” non elaborano complicate teorie matematiche con assiomi, teoremi, ecc., né tentano di riprodurre in laboratorio il comportamento del sistema che stanno studiando. Costruiscono un modello computazionale del sistema in questione e del suo ambiente, poi osservano il comportamento del modello del sistema “immerso” nel modello dell’ambiente (esperimento virtuale o simulazione) e, se qualcosa non va, ritornano al modello e lo modificano); e così via.

### **La co-evoluzione**

Come è stato in precedenza sottolineato, la teoria della complessità parte dal presupposto che l’evoluzione dei sistemi emerge dalle interrelazioni, interazioni e interconnessioni tra elementi all'interno di un sistema e tra il sistema ed il suo ambiente.

---

<sup>9</sup> Per un approfondimento di questo punto si veda Salzano (1996).

<sup>10</sup> Parziale (2006).

<sup>11</sup> Si vedano per tutti, su questo tipo di modelli ad agenti eterogenei, i contributi di Kirman e Salzano (2005).

In virtù di tali assunzioni, la nozione di complessità è frequentemente collegata alla nozione di co-evoluzione<sup>12</sup>. La co-evoluzione si riferisce al modo in cui ogni elemento influenza ed è influenzato a sua volta da tutti altri relativi elementi all'interno di un (eco)sistema<sup>13</sup>. Gli elementi quindi evolvono insieme.

Dal momento che l'ambiente in cui operiamo si modifica continuamente come conseguenza delle azioni nostre e di quelle degli altri, possiamo solamente sopravvivere in un tale ambiente cercando al suo interno un livello sufficiente di fitness, anziché tentare di massimizzare il nostro benessere.

Dobbiamo adattarci alle condizioni del nostro ambiente ma abbiamo anche bisogno di ottenere un sufficiente livello di unicità al fine di conservare il valore aggiunto di questo ambiente<sup>14</sup>. Il dilemma centrale è tra l'identità (lo stare in piedi da solo) e la partecipazione (seguire la corrente, ovvero, essere facilmente influenzabili). L'identità rappresenta il valore aggiunto di un attore per il suo ambiente. Quando gli attori riescono ad individuare la soluzione di questo problema, può emergere una vantaggiosa co-evoluzione.

Attraverso la co-evoluzione l'entità (organizzazione, istituzione, giurisdizione, impresa) si adatta ed influenza a sua volta il suo ambiente al fine di sopravvivere. Attraverso movimenti adattivi sia dell'entità e sia del suo ambiente il landscape o l'ambiente cambiano. A causa di questi continui cambiamenti di landscape, gli attori devono continuamente cercare posizioni ottimali per sopravvivere.

Un esempio banale ma efficace per comprendere il concetto di co-evoluzione e il suo contributo al fitness landscape è quello di una popolazione di rane che abiti un picco del proprio paesaggio di fitness. Se nell'area comparisse all'improvviso un serpente abituato a nutrirsi di rane, il paesaggio adattivo degli anfibi muterebbe ed essi potrebbero ritrovarsi in fondo a una valle. Molte rane

---

<sup>12</sup> Oliver e Roos,(1999); Merry,(1999); Stacey,(1992;1995).

<sup>13</sup> Mitleton-Kelly (2003).

<sup>14</sup> Oliver, Roos, (1999); Stacey (1995); Flood (1999).

verrebbero mangiate dal serpente, ma la popolazione potrebbe evolversi, sviluppare la mimetizzazione e raggiungere un altro picco di fitness locale.

A causa dell'interazione, dunque, qualsiasi cambiamento evolutivo di una specie può indurre cambiamenti evolutivi in un'altra. Partendo dal fatto che ogni miglioramento in una specie le procurerà un vantaggio selettivo, di norma, una variazione porterà ad aumentare il fitness di una specie o di un'altra.

In virtù della co-evoluzione, miglioramenti in una specie procureranno vantaggi competitivi per un'altra specie nel senso che le permetteranno di reperire gran parte delle risorse disponibili per tutti. In tale contesto l'aumento di fitness di un sistema causerà la diminuzione di fitness di un altro sistema.

L'unica soluzione possibile, per un sistema coinvolto in una competizione è quella di adattarsi velocemente e continuamente al fine di mantenere il proprio livello di fitness rapportato a quello degli altri e modificare alternativamente la propria configurazione.

Tale fenomeno va sotto il nome di "Red Queen effect" e si basa sulle parole pronunciate dalla regina di cuori ad Alice nella favola di Lewis Carroll "Alice nel paese delle meraviglie": "...now, here, you see, it takes all the running you can do to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that..."<sup>15</sup>.

Alice quindi deve correre più che può, mentre il tappeto le si muove sotto, per rimanere nello stesso posto. Per poter cambiare posizione deve correre il doppio. Allo stesso modo per i sistemi che co-evolvono e che sono in competizione, risultano necessari cambiamenti continui e veloci per poter conservare il proprio livello di fitness, in relazione agli altri sistemi con i quali co-evolvono.

Merry (1999) ha applicato la metafora del "Red Queen effect" al fitness landscape per strategie organizzative. Egli afferma che l'aumento di interdipendenze tra le organizzazioni spinge verso la direzione della co-evoluzione. Ogni scelta strategica di una entità

---

<sup>15</sup> Cit Lewis C.

conduce a cambiamenti di posizione degli altri. Per questo motivo, ogni entità (per esempio una giurisdizione) deve continuamente riorganizzarsi al fine di sopravvivere.

Un'organizzazione adattativa e co-evolutiva è un'organizzazione che si auto-organizza. La sua flessibilità e la sua sensibilità a cambiamenti locali rendono possibile un rapido adattamento. Può esistere, in termini di condizione necessaria ma non sufficiente, una co-evoluzione favorevole soltanto quando vi è co-evoluzione tra un sistema dinamico e un ambiente dinamico. Quando uno dei due rimane statico questo processo è distorto<sup>16</sup>

### **Il federalismo fiscale: esempio di sistema economico complesso**

Un sistema economico, è dunque un sistema complesso composto da miriadi di agenti interattivi, ergo, non prevedibile e non manipolabile. Gli agenti economici non sono tutti uguali, non hanno tutti le stesse preferenze (innate ed immutabili), non vivono in uno squarcio di tempo uniperiodale (o al massimo biperiodale) ma soprattutto non si avvalgono di strumenti matematico-statistici per agire.

Diversamente essi cambiano continuamente preferenza (spontaneamente o in maniera indotta) e sono talmente influenzabili che le loro scelte non possono essere ritenute sempre razionali (come vorrebbe invece buona parte della teoria economica ortodossa).

Da tale contesto risulta chiaramente come il sistema economico non possa essere percepito come una macchina, che generi dei risultati predefiniti, abbassando semplicemente una leva. La leva si può abbassare, ma non sappiamo cosa potrà accadere, poiché le variabili del sistema, se così possiamo dire, sono troppe, e la soluzione molto complessa.

Una delle conseguenze di quanto affermato è che anziché pensare ad un sistema economico semplice, ottenuto al più associando due economie e verificando in quali casi e a quali condizioni si possa raggiungere, in questa situazione, un equilibrio ottimale, si passa a

---

<sup>16</sup>Boisot e Child (1999).

considerare un sistema economico complesso, ottenuto associando varie economie, si rischia di trovarsi di fronte a un'evoluzione complicata, caotica, più che ad un piacevole equilibrio.

Anche lo Stato, è un enorme sistema complesso adattivo nel quale agiscono diverse forze difficilmente compatibili con una moltitudine di esseri umani, umori variabili e con continui scenari politici ed economici.

Essendo difficile organizzare l'intera struttura finanziaria, riuscendo a soddisfare tutti si fa ricorso al federalismo fiscale, alla dimensione delle competenze tra più livelli di governo e alla creazione di giurisdizioni locali, sistemi complessi di dimensioni ridotte dotate di autonomia tributaria. In tal senso come un sistema complesso adattivo che evolve, il sistema fiscale evolve nel tempo. In questo lavoro si asserisce che la futura evoluzione del regime federale ha bisogno di migliorarsi attraverso le proprietà adattive dei sistemi che coinvolge.

Tale evoluzione richiederà una maggiore flessibilità per la distribuzione delle risorse e delle forze giurisdizionali così come l'utilizzo di nuovi strumenti di ricerca per aumentare lo sviluppo di politiche robuste e adattabili.

Per la valutazione di un nuovo paradigma è importante sottolineare che come gli outputs e (allo stesso tempo) gli inputs di sistemi di policymaking, gli strumenti e le risorse delle politiche fiscali sono contemporaneamente outputs ed inputs di sistemi complessi adattivi che co-evolvono. Questo perché le proprietà distintive dei sistemi complessi hanno effetti unici sulla fattibilità e l'appropriatezza (fitness), che, in essenza, limitano la capacità umana di prevedere il comportamento del sistema.

In base a queste premesse anche il federalismo fiscale, inteso come algoritmo per le scelte fiscali può conferire al sistema strumenti per la valutazione della fattibilità delle scelte di policymaking, cercando di fornire meccanismi di sperimentazione e stabilità che sono essenziali per lo sviluppo di politiche sostenibili.

I sistemi considerati possono dunque essere classificati come sistemi complessi per almeno due caratteristiche fondamentali. La

prima consiste nell'irriducibilità dei diversi livelli di organizzazione a una struttura unica fatta di componenti elementari; la seconda nell'irriducibilità della storia a fattori strumentali.

Ciò comporta la necessità di tenere adeguatamente conto della sequenza dei fenomeni studiati dal momento che ciò che accade attualmente risente di tutte le fasi intermedie dell'itinerario che a partire da determinate condizioni iniziali ha portato al suo verificarsi oggi.

### **Il fitness landscape, il patching e il modello NK**

Il fitness landscape è uno degli strumenti utilizzati dai sostenitori della teoria della complessità quale strumento di analisi per comprendere, attraverso un algoritmo co-evolutivo, l'evoluzione dei sistemi complessi adattivi. Avendo in precedenza affermato che anche il federalismo fiscale (set di strumenti di politica fiscale), quale "patching algorithm", può conferire al sistema strumenti per la valutazione delle scelte di policymaking, utilizzeremo il fitness landscape per analizzare l'evoluzione del sistema fiscale attraverso le proprietà adattive dei sistemi che coinvolge.

Un sistema si muove all'interno del suo landscape attraverso vari meccanismi. Uno è rappresentato dal cammino adattivo -adaptive walk- che consiste in passi in salita, in discesa o attraverso piani basati sugli effetti del movimento lungo il landscape riflessi sull'intero sistema. L'adaptive walk è efficiente nel trovare il punto più alto del landscape in un sistema senza interconnessioni o spillovers tra gli elementi; in altre parole è come se il sistema fosse intrappolato in un picco di fitness locale.

Un altro meccanismo è il patching, che è una variante dell'adaptive walk, dove i movimenti lungo il fitness landscape avvengono stimando gli effetti su elementi indipendenti delle componenti del sistema (decisione a livelli di sotto-sistema.) del movimento lungo il landscape di quegli elementi.

Un patching algorithm migliora il cammino casuale perché permette a configurazioni locali di cambiare in modo da poter risultare sub-

ottimale nel breve periodo. Tuttavia potendo alterare l'ambiente di altre unità locali, in ultima analisi, permette al sistema di realizzare una migliore soluzione complessiva attraverso un grande numero di mosse.

In parole semplici ogni elemento del sistema NK viene assegnato ad un sottogruppo "patch" costituito da un certo numero di elementi. L'adaptive walk muta lo stato di un elemento casualmente selezionato e poi si calcola l'effetto di questa inversione sul fitness globale dei membri del patch di cui l'elemento considerato è membro, piuttosto che sul fitness della nuova configurazione del sistema nella sua interezza.

Se il fitness del patch dopo la mutazione è più alto di quello precedente la mutazione, si cambia la configurazione di sistema nella nuova configurazione ottenuta con il cambiamento di stato effettuato. Se invece il fitness del patch dopo il cambiamento è più basso di quello precedente il cambiamento, si ritorna di nuovo alla configurazione iniziale, cioè precedente al cambiamento.

L'algoritmo di patching in altre parole valuta ogni cambiamento di stato nei termini degli effetti che quel cambiamento produce sul fitness del patch cui l'elemento è membro.

Patching<sup>17</sup> è l'equivalente della regola di decisione seguente: all'elemento sarà concesso il cambiamento da uno stato ad un altro se, e solo se, l'effetto del cambiamento sul fitness globale dei membri del suo patch è positivo.

Pertanto, l'algoritmo di patching ricerca miglioramenti nei fitness locali, all'interno del patch, piuttosto che miglioramenti globali. Invece di adottare cambiamenti di stato che hanno un impatto positivo sul sistema nella sua interezza, esso adotta cambiamenti di stato che hanno impatto positivo sui sottoinsiemi del sistema. Ad ogni patch è permesso di massimizzare il suo fitness indipendentemente dal fitness dei non membri o dal fitness globale, cioè del sistema nel suo insieme.

Kauffman ha mostrato come questo algoritmo di patching in determinate circostanze, accresca l'efficienza di ricerca del fitness

---

<sup>17</sup> Parziale (2006).

in modo più che proporzionale al crescere dell'aggregazione del sistema. Un adaptive walk, su un sistema di patch, trova dopo un numero determinato di passi, punti più alti sul landscape di quelli che potrebbe trovare su un sistema senza patching.

Come risultato il sistema può potenzialmente raggiungere un livello superiore abbandonando quindi il picco locale di fitness. Va sottolineato il fatto che l'approccio di fitness landscape deriva dalla biologia e che non tutti i tipi di dinamiche biologiche possono essere di interesse in altri settori disciplinari.

Pertanto l'approccio interdisciplinare si è concentrato su ciò che di questa metodologia può essere di interesse per il calcolo computazionale ed il suo "spinoff", come già accennato in precedenza, ha riguardato i sistemi complessi adattivi.

Un sistema complesso adattivo (es. organizzazioni, sistemi economici, sistemi fiscali, società) può essere descritto utilizzando alcune variabili. La prima è il numero di unità, o agenti che lo compongono. Questa variabile è realmente indicata con "N". Ogni N può trovarsi in uno tra un numero di differenti stati possibile, ognuno dei quali genera un differente livello di soddisfazione per N. Questo livello di soddisfazione rappresenta il fitness. Ogni N non vive da solo ma possiede un numero di differenti connessioni "K" con altri agenti.

Come risultato il fitness di N dipende non solo dal suo stato o dalle sue decisioni, ma anche dallo stato o dalle decisioni di K altri agenti con cui è connesso. K può assumere valori compresi tra 0 e N-1. In un contesto di politica fiscale, tale parametro, che analizzeremo tra poco, potrebbe riflettere il limite in relazione al quale i cambiamenti in un insieme di norme fiscali influenza la capacità di poter utilizzare altre norme.

Il modello NK, studiato in maniera approfondita da Stuart Kauffman e presentato in "The Origin of Order" (Kauffman 1993), mette in luce questi nuovi elementi dei processi evolutivi. Kauffman ha presentato una struttura con cui poter simulare vaste popolazioni di genotipi che evolvono insieme a tutti i diversi tipi di sistemi ed ambienti (configurazioni di N e K). Tale struttura è uno

spazio tridimensionale  $\langle X, R, f \rangle$  virtuale, caratterizzato da monti e valli, che un sistema può attraversare nel cercare di raggiungere la vetta più alta, la quale rappresenta l'ottimo (locale o globale). In un tale contesto  $X = A^N$  (di solito  $X = \{0,1\}^N$  è lo spazio di configurazione),  $R \subseteq X \times X$  è una relazione di vicinato su  $X$ , e  $f : X \rightarrow R$  è una funzione di fitness.

Nel modello di Kauffman, ogni organismo, e quindi ogni sistema, è composto da  $N$  cromosomi o elementi. Il vettore binario  $N$ , poi, determina la posizione dei geni, ognuno dei quali assume quindi, un valore nell'insieme degli alleli  $A$  ( $A = \{0,1\}$ ).

Volendo ricondurre il modello NK all'oggetto di studio di questo lavoro definiamo:

l'istituzione come cromosoma  $\alpha \in A^N$  e gli alleli  $a_1^i, \dots, a_K^i$  i gettiti delle singole istituzioni.

Il valore dei fitness di ogni elemento  $i \in \{1, \dots, N\}$  in una istituzione  $\alpha = (a_1, \dots, a_N) \in A^N$  dipende dall'allele  $a_i$  e  $K$  altri alleli  $a_1^i, \dots, a_K^i$  attraverso alcune funzioni di fitness locali  $f^i(a) = f^i(a_i; a_1^i, \dots, a_K^i)$ , solitamente normalizzate in modo che  $f^i(a) \in [0,1]$ .

Il fitness totale di un istituzione  $\alpha \in A^N$  è la sommatoria normalizzata dei fitness locali dei suoi elementi:

$$f(a) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f^i(a_i; a_1^i, \dots, a_K^i) \in [0,1].$$

dove  $f^i$  (i cui valori sono essi stessi estratti casualmente da una distribuzione uniforme all'interno dell'intervallo  $[0,1]$ ) denota il contributo dell'elemento  $i$  al valore di fitness ed è una funzione del

suo singolo stato e dello stato degli altri elementi casualmente estrapolati dagli N-1 rimanenti.

I valori di fitness, definendo l'ottimo locale e globale, sono dipendenti dalle interazioni tra i K elementi definite "relazioni epistatiche". L'insieme di relazioni epistatiche tra gli elementi fa emergere una determinata struttura che può essere definita "architettura del landscape".

### **Il caso K=0**

$$f_i(0) \neq f_i(1) \forall i = 1, \dots, N$$

Ogni istituzione è posizionata su una traiettoria connessa ad un singola istituzione ottimale. Esiste quindi un unico ottimo globale facilmente individuabile. Il landscape è massimamente uniforme. I

punti "adiacenti"  $\alpha, \alpha'$  (altre istituzioni) sono altamente correlati: si

ha necessariamente che  $|f(\alpha) - f(\alpha')| \leq 1/N$ ; il numero atteso di passi per raggiungere l'ottimo (usando un unico mutante vicino) è N/2. In parole semplici ogni elemento contribuisce autonomamente al fitness del sistema, ed è quindi sufficiente ottimizzare indipendentemente ciascun elemento per ottenere il massimo della superficie di fitness (il "picco" del paesaggio). Non solo: questo picco è unico, e la superficie si presenta come una superficie abbastanza regolare e liscia, con un profilo pressoché "collinare".

Poiché il valore di ogni gene è indipendente dai valori degli altri geni, il landscape non ha massimi locali. Il suo unico massimo globale può essere ricercato nel valore corretto, che dipende dal fatto se 1 o 0 dà il fitness più elevato, ricercandolo indipendentemente per ogni gene. Vale la pena notare che in questo profilo, se qualche elemento si scosta dalla configurazione ottimale le conseguenze non sono particolarmente catastrofiche, poiché nelle vicinanze del picco, il fitness rimane abbastanza alto e prossimo a quello ottimale.

Di seguito sono riportate due immagini in relazione ai diversi valori di K. L'immagine contrassegnata dalla lettera A) rappresenta un taglio bidimensionale, al livello di landscape, nello spazio N-

dimensionale. Quelle contrassegnate dalla lettera B) una configurazione tridimensionale, a livello di fitness.

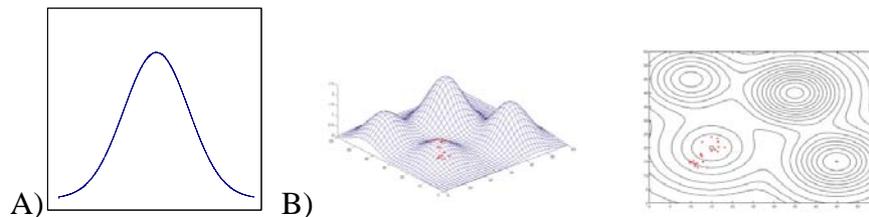


Fig 1. Fitness Landscape con  $K=0$

### Il caso $K= N-1$

L'effetto di ogni gene è relativo ai valori di tutti gli altri geni; ogni cambiamento modifica gli effetti dell'intera configurazione. Il landscape è completamente casuale e quindi non correlato. Il numero di ottimi di fitness locali è estremamente elevato, e precisamente il numero atteso è  $2N/(N+1)$

La probabilità che una data istituzione  $\alpha$  sia un ottimo locale è uguale a  $1/(N+1)$ . Un'istituzione può "arrampicarsi" solamente su un limitato numero di ottimi locali. Soltanto una piccola frazione di istituzioni può arrampicarsi su ogni dato ottimo. Se  $N$  aumenta, il fitness degli ottimi locali crolla (precipita) in direzione del fitness medio dello spazio intero.

In altre parole, al crescere delle interdipendenze ( $K$ ) il paesaggio diventa più frastagliato. Il numero di picchi (di massimi locali in linguaggio matematico) si moltiplica, dando vita a un paesaggio che ricorda quello "alpino" (per questi paesaggi Kauffman ha coniato il termine di Rugged Landscapes).

La ragione di questo effetto è intuibile: al crescere delle interdipendenze, si moltiplicano i circuiti di elementi collegati da relazioni di complementarità, ma aumentano anche le possibilità di conflitto e competizione fra tali circuiti. Ciò genera una pluralità di configurazioni del sistema che sono localmente ottimali (non

possono cioè essere migliorate modificando lo stato di un solo elemento).

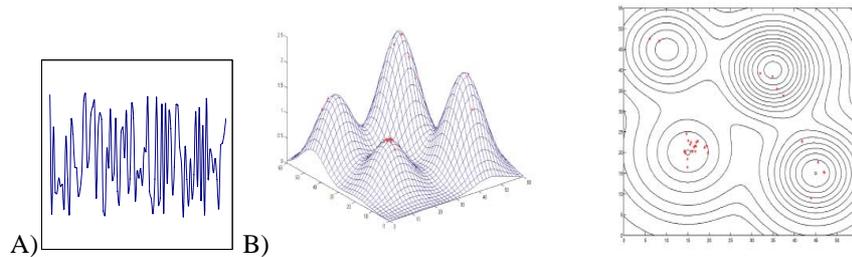


Fig.2. Landscape con  $K=N-1$

Non solo: al crescere del numero di picchi, cresce anche anche la ripidità del profilo del paesaggio: esso presenta sbalzi di altitudine più profondi e la scesa ai picchi si fa più ripida. Inoltre, i picchi si distanziano fra loro nello spazio. Al contempo, cresce l'altezza media dei picchi, e cresce anche l'altezza dell'ottimo globale (picco più alto di tutti, poiché vi sono più complementarità potenzialmente utilizzabili. Cresce anche, in media, la differenza di fitness fra i picchi locali e l'ottimo globale.

Paesaggi dal profilo più frastagliato, corrispondenti a una maggior densità di interdipendenze, hanno caratteristiche di tutt'altra natura. Perché mai si dovrebbe rinunciare alla robustezza dei paesaggi collinari per avventurarsi in sistemi che presentano maggiore difficoltà di coordinamento come i Rugged Landscape ?

Vi sono almeno due importanti ragioni: la prima è che maggiori interdipendenze creano picchi potenzialmente più alti (in quanto consentono di sfruttare maggiori complementarità); la seconda è che tali paesaggi presentano una maggior varietà di possibili configurazioni di elementi coerenti fra loro, e pertanto offrono maggiori opportunità di differenziazioni.

Se la robustezza è la caratteristica dei paesaggi collinari, varietà e alta performance sono le caratteristiche promesse dai sistemi a maggior interdipendenza con possibilità di sviluppi in differenti

direzioni e quindi elasticità. Promesse per altro non sempre facili da cogliere.

La ricerca di soluzioni in un paesaggio complesso è essenzialmente la ricerca di nuove complementarità. Ciò rende frustrante e potenzialmente dirompente un processo di ricerca non coordinato. E' necessario cercare di cambiare simultaneamente diverse caratteristiche del sistema per poter migliorare configurazioni insoddisfacenti.

Il miglioramento incrementale non porta oltre il più vicino picco locale spesso molto lontano dalle soluzioni migliori. Ciò fa sì che i costi di tale ricerca (costi di comunicazione, condivisione delle informazioni e verifiche della compatibilità delle diverse soluzioni) siano estremamente elevate, specialmente nelle fasi iniziali quando deve ancora essere individuato il picco da scalare definitivamente.

### **Federalismo fiscale :un'applicazione del modello NK**

In questo paragrafo, si tenterà di analizzare la questione relativa all'efficienza dinamica del gettito e la conseguente fornitura di beni e servizi pubblici.

A questo fine si utilizzerà un approccio metodologico del fitness landscape, utilizzato in letteratura per sviluppare modelli organizzativi delle attività tecnologiche ed innovative delle imprese, per evidenziare come sia possibile per le istituzioni muoversi intelligentemente in un landscape.

E' stato più volte ripetuto in questo lavoro che i sistemi complessi, nel nostro caso specifico le istituzioni, sono caratterizzati da vincoli conflittuali causati dalle interdipendenze fra i loro elementi costitutivi. Questi vincoli possono condurre le istituzioni a rimanere bloccate all'interno di un ottimo locale oppure in un landscape accidentato.

Possiamo pertanto distinguere tre forme di struttura fiscale:

1) una struttura fiscale centralizzata in cui l'efficienza del gettito e della conseguente fornitura di beni e servizi pubblici è valutata con riferimento al sistema nel suo complesso, nel nostro caso l'intera nazione.

2) una struttura fiscale decentralizzata in cui l'efficienza del gettito e della conseguente fornitura di beni e servizi pubblici è valutata con riferimento ad agenti individuali esclusivamente, nel nostro caso le singole istituzioni locali.

3) La terza forma di organizzazione è rappresentata da un network di alleanze strategiche, nel nostro caso politiche fiscali comuni, in cui il gettito e la relativa efficienza della fornitura di beni e servizi pubblici è valutata con riferimento agli agenti -le istituzioni locali-, che partecipano alla struttura del network. Per spiegare la differenza tra struttura centralizzata e decentralizzata utilizzando il modello NK, consideriamo l'esempio di un fitness landscape di tre istituzioni con riguardo ai rispettivi gettiti per la fornitura di beni e servizi pubblici.

Definiamo pertanto  $N=3$  e  $K=218$

123	f(a1)	f(a2)	f(a3)	F(a)
000	0.5	0.1	0.7	0.43
001	0.2	0.2	0.8	0.40
010	0.7	0.8	0.6	0.70
011	0.6	0.5	0.3	0.47
100	0.9	0.5	0.8	0.73
101	0.2	0.3	0.4	0.30
110	0.5	0.9	0.4	0.60
111	0.4	0.8	0.1	0.43

Fig.3.Tavola di fitness

---

<sup>18</sup> Ricordiamo che  $N$  rappresenta il numero di elementi che costituiscono il sistema complesso e  $K$  è il parametro che misura il livello di interazione (relazioni epistatiche) tra i suddetti elementi.  $N=3$  vuol dire che il sistema è costituito da 3 elementi 1,2,3,  $K=2$  che ogni elemento è influenzato da due elementi e a sua volta ne influenza due, in base alle relazioni epistatiche.

Graficamente otteniamo la situazione illustrata di seguito:

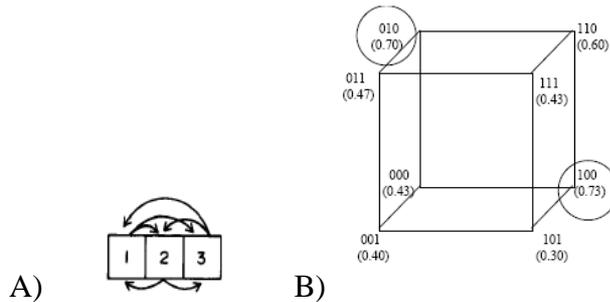


Fig.4. A) Architettura delle relazioni epistatiche  $N=3$   $K=2$ .

Fig.5 B) Simulazione di un fitness landscape di un sistema  $N=3$  e  $K=2$

Quando la struttura fiscale è centralizzata ed è posizionata in un “hill-climbing” locale, abbiamo due ottimi: la stringa 010 e 100. Per queste stringhe si sostiene che ogni mutazione di un elemento potrebbe ridurre il valore del fitness dei singoli elementi  $a_N$ .

Contrariamente, quando la struttura fiscale è decentralizzata vi è un ottimo soltanto: la sequenza 010. Di conseguenza, una volta che i tre agenti, e quindi le tre istituzioni hanno trovato la stringa 010, ovvero l’ottimo, nessuna singola istituzione è incentivata a cambiare i propri elementi.

Questo equilibrio è generalmente chiamato Nash-equilibrium. Per verificare se il punto 010 è un Nash-equilibrium si può guardare ai gettiti di ogni istituzione e controllare se ogni istituzione può migliorare il proprio gettito attraverso una mutazione.

Nel nostro caso i gettiti sono:  $a_1(010)=0.7$  per l’istituzione 1 responsabile del primo elemento;  $a_2(010)=0.8$  per l’istituzione 2 responsabile del secondo elemento;  $a_3(010)=0.6$  per l’istituzione 3 responsabile del terzo elemento. Una mutazione nell’istituzione 1 condurrebbe verso il punto 110 e al gettito  $a_1(110)=0.5$ ; un cambiamento dell’istituzione 2 condurrebbe al punto 000 e al

gettito  $a_2(000)=0.1$ ; un cambiamento dell'istituzione 3 condurrebbe al punto 011 con gettito  $a_3(011)=0.5$ .

Il valore di fitness che corrisponde a 100 sarebbe ottimale dal punto di vista dell'utente, essendo il fitness medio  $F(a)$  di tutti gli elementi ed il più alto relativamente a questo landscape. Tuttavia, nonostante possa rappresentare l'ottimo per gli utenti, la sequenza 100 non sarà accettata dall'istituzione-agente che controlla il secondo elemento, in quanto questa istituzione può migliorare il suo fitness individuale mutando da 0 a 1 e muovendosi dal punto 100 ( $a_2=0.5$ ) al punto 110 ( $a_2=0.9$ ).

Come dimostrato nella simulazione<sup>19</sup> le strutture fiscalmente decentralizzate generalmente non ottimizzano un sistema complesso. In molti casi le sequenze corrispondenti agli ottimi quando la struttura è centralizzata, non corrispondono agli ottimi quando la struttura è decentralizzata. La spiegazione del fatto che esistano meno ottimi per una struttura completamente decentralizzata rispetto ad una completamente centralizzata è che per sequenze corrispondenti agli ottimi nella struttura centralizzata, esiste generalmente almeno una gente che può provare a migliorare il proprio fitness mutando i propri elementi.

Inoltre una struttura fiscalmente decentralizzata corre il rischio di non trovare nessun ottimo quando, per tutte le stringhe, c'è la possibilità che ogni agente possa migliorare il proprio fitness mutando i propri elementi. Pertanto, consapevoli del fatto che per una struttura fiscalmente decentralizzata esistono pochi ottimi, si è generalmente portati ad operare più cambiamenti, rispetto ad una struttura centralizzata, per ricercare l'ottimo.

Tuttavia, analizzando bene i risultati ottenuti<sup>20</sup> è emerso che nonostante nel caso di una struttura decentralizzata esistano meno ottimi, la media del fitness di questi ottimi è più alta rispetto a quella degli ottimi trovati nel caso di una struttura fiscale centralizzata.

---

<sup>19</sup> Kauffman, Lobo, Macready (2000).

<sup>20</sup> Kauffman, Lobo, Macready (2000).

Queste considerazioni sono in linea con la nota assunzione che una decisionalità centralizzata, che dia luogo a norme con validità erga omnes, spinge a raggiungere degli standard di livello medi, inferiori rispetto ad una decisionalità decentralizzata. Ciò è comprensibile dal momento che gli ottimi a livello decentralizzato devono superare il duro vincolo che tutti gli  $N$  agenti-istituzioni non possano provare a migliorare il proprio fitness nel senso che non provano a mutare i propri elementi.

In tal modo, anche se a livello decentralizzato si ha bisogno di molto più tempo per raggiungere un ottimo locale e, nonostante si corra il serio rischio di non trovarne, il valore atteso del fitness di un ottimo locale per una struttura fiscale decentralizzata è più alto rispetto al valore atteso di fitness di un ottimo locale per una struttura fiscale centralizzata.

Si argomenta<sup>21</sup>, tuttavia, che entrambe le strutture fiscali, centralizzata e decentralizzata, possano essere seriamente carenti nell'ottimizzare i sistemi complessi nel significato di locali hill-climbing.

In un contesto centralizzato, generalmente un'istituzione finisce in ottimi locali bassi dal momento che la maggior parte delle stringhe corrisponde a soluzioni con un fitness basso. In un contesto decentralizzato, la ricerca collettiva basata generalmente sul comportamento degli agenti-istituzioni a livello locale, conduce ad ottimi nettamente migliori, ma il processo di ricerca è molto più lungo rispetto a quello centralizzato.

Sotto queste premesse bisogna quindi trovare una forma alternativa di coordinamento in modo che possa bilanciare i pro e i contro delle due strutture fiscali fin qui considerate.

È possibile pertanto studiare una forma di coordinamento intermedia tra centralizzazione e decentralizzazione. Queste forme intermedie di coordinamento si riferiscono al caso in cui vi siano alcuni agenti, istituzioni locali, ognuno dei quali ha un controllo esclusivo su più elementi (un numero maggiore di uno ma minore

---

<sup>21</sup> Frenken (2001).

del numero totale degli elementi). Il numero di elementi controllati da ogni agente-istituzione è indicato con  $P$  e possiamo avere :

$P=2$  abbiamo un massimo di  $2/N$  istituzioni che controllano tutte due elementi.

$P= \frac{1}{2} N$ : abbiamo un massimo di due istituzioni entrambe controllanti la metà degli elementi.

$P=1$  corrisponde ad una struttura decentralizzata con  $N$  istituzioni locali.

$P=N$  corrisponde ad una struttura centralizzata con una sola istituzione.

Riguardo al suo blocco di  $P$  elementi, un agente-istituzione può mutare i suoi singoli elementi. Ogni cambiamento di un elemento è valutato in base all'effetto su tutti i  $P$  elementi controllati da un singolo agente-istituzione ignorando quindi gli effetti che un cambiamento potrebbe avere sugli altri elementi controllati da altri agenti.

Indichiamo con "patching" la partizione degli elementi tra gli agenti-istituzioni e con "pacht" ogni blocco di elementi controllato da un singolo agente. Partendo dal presupposto di voler analizzare il parametro  $K$ , Kauffman<sup>22</sup> ha trovato che il patching conduca verso ottimi migliori rispetto a quelli di una struttura centralizzata quando  $K$  eccede un valore critico. Inoltre, la grandezza ottimale del patch è soltanto una frazione della grandezza  $N$  del sistema. Questo risultato indica che una maggiore riduzione di tempo e costi può essere ottenuta dal patching dal momento che la grandezza ottimale del patch è considerevolmente più piccola della grandezza del sistema.

Il network come forma alternativa di coordinamento di agenti-istituzioni presuppone che ogni agente-istituzione controlli ancora soltanto un elemento, ma che i patches di alcuni elementi emergano dalla collaborazione tra agenti-istituzioni e quindi dallo stabilire politiche comuni relative al gettito e alla fornitura di beni e servizi pubblici.

---

<sup>22</sup> Kauffman, Lobo,. Macready (2000).

Quando  $Q$  agenti-istituzioni decidono di formare un network di grandezza  $Q$  coinvolgendo  $Q$  elementi del sistema, il cambiamento, da parte di un agente-istituzione, di un elemento è accettato o rifiutato in base agli effetti sui valori di fitness di tutti i partecipanti al network.

Usando differenti criteri di accettazione per la fornitura di nuovi beni e servizi pubblici di un agente-istituzione all'interno di un network di agenti-istituzioni, si possono analizzare le performance di differenti network in base ai parametri  $N, K, Q$ .

In questo lavoro, restringiamo i nostri risultati analitici<sup>23</sup> alla fattispecie di landscape con massima complessità ( $K=N-1$ ). Per tale landscape è evidente che ogni cambiamento in ogni elemento influenza i valori di fitness di tutti gli altri elementi. Per tale ragione, ogni cambiamento produrrà  $N$  nuovi valori di fitness che sono scelti casualmente da una distribuzione uniforme  $[0,1]$  e conseguentemente in quel caso non esisterà nessuna correlazione tra valori di fitness di una stringa e le sue stringhe vicine. Questa proprietà rende i landscape  $NK$  assoggettabili alle analisi analitiche.

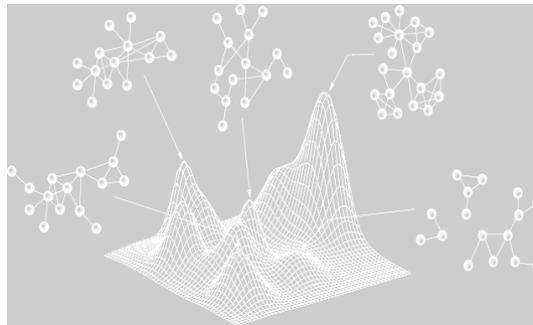


Fig.6 Landscape di una struttura a network

---

<sup>23</sup> Frenken (2001).

Per analizzare le differenze tra organizzazione centralizzate, decentralizzate, e network bisogna derivare il numero atteso di ottimi.

Per strutture fiscali centralizzate si sostiene<sup>24</sup> che il numero di ottimi locali possa essere derivato dalla probabilità che una stringa sia superiore a tutte le sue vicine con un elemento individuale che cambia. Questa probabilità è  $1/N+1$ .

Il numero totale atteso di ottimi locali è dato da:

$$L(\text{centralizzato}) = 2^N / N + 1$$

Nel caso di strutture decentralizzate il numero di ottimi locali è derivato dalla probabilità che una stringa sia un Nash-equilibrium. Dato che ognuno degli  $N$  elementi può aumentare il suo fitness mutando i propri elementi con probabilità dimezzata, la probabilità che nessun singolo agente-istituzione possa aumentare il proprio fitness con una mutazione è  $2^{-N}$ . il numero totale di ottimi attesi in questo caso è:

$$L(\text{decentralizzato}) = 2^N \cdot 2^{-N} = 1$$

Così, a patto che  $N$  sia la grandezza del sistema, in media, esiste soltanto un ottimo in una struttura decentralizzata. Questo vuol dire, come è stato già visto in precedenza, che in molti casi, quando per tutte le sequenze esiste sempre almeno un agente che può migliorare il suo fitness, non esisteranno per nulla ottimi.

Nel caso di un network, il ruolo specifico che gli agenti-istituzioni seguono quando decidono di collaborare, nel senso di concertare le politiche fiscali, influenza il numero di ottimi. Assumiamo che gli agenti-istituzioni cambieranno quando cambiamenti contemporanei dei loro partners non faranno diminuire il valore di fitness di un agente-istituzione e viceversa. Per esempio nella figura 3 esistono quattro sequenze che incontrano questo criterio (010, 011, 100 e 110).

Il numero di ottimi dipende dalla grandezza dei networks che possono essere costituiti.

---

<sup>24</sup> Frenken (2001).

Analizzeremo le probabilità di networks di una data grandezza Q<sup>25</sup>.

Per il networks bilaterali (Q=2) abbiamo  $[N(N-1)/2]$  possibili collaborazioni. La probabilità che una mutazione simultanea di entrambi i partner aumenti i valori di entrambi i fitness è uguale a  $2-2=1/4$ . Di conseguenza la probabilità che una mutazione simultanea fallisca è uguale a  $(1-2-2)=3/4$ . La probabilità che ogni possibile collaborazione fallisca è pari a:

$$L(\text{bilaterali})2^N \cdot 0.75^{(N(N-1)/2)}$$

Per derivare il numero di ottimi per network di una data grandezza, si ha anche la necessità di determinare il numero di possibili network di grandezza Q per un dato N che chiameremo R:

$$R(Q) = N \cdot \prod_{q=1}^{Q-1} [(N-q)/(q+1)]$$

questa funzione parabolica prima cresce e poi decresce, indicando che il numero di possibili networks, per un dato N variando Q, prima cresce e poi decresce.

Il numero atteso di ottimi come una funzione del numero di partecipanti in un network Q diventa:

$$L(Q) = 2^N \cdot (1 - 2^{-Q})^{N \cdot \prod_{q=1}^{Q-1} [(N-q)/(q+1)]}$$

Nella figura 7 il numero atteso di ottimi è stato stimato per differenti valori di N e Q.

Rispetto ad ogni grandezza Q del network, le funzioni del numero atteso di ottimi hanno un massimo in corrispondenza di alcuni valori di N; variando N per un dato Q il numero atteso di ottimi prima aumenta e poi diminuisce. Confrontiamo le funzioni del numero atteso di ottimi stimate per alcune grandezze di network, Q<sup>2</sup>.....Q<sup>6</sup>, con le funzione del numero atteso di ottimi stimate per strutture fiscali centralizzate, CEN, e decentralizzate, DEC.

Quando il numero atteso di ottimi di un particolare network Q per un particolare valore di N eccede il numero atteso di ottimi di una struttura centralizzata, il valore medio di fitness F(a) di questi di

---

<sup>25</sup> Frenken (2001).

ottimi può essere inferiore ai valori di fitness  $F(a)$  dell'ottimo trovato in una struttura centralizzata.

Quando il numero atteso di ottimi di un particolare network  $Q$  per un particolare valore di  $N$  si trova tra il numero atteso di ottimi delle strutture fiscali centralizzate e decentralizzate, il valore medio di fitness  $F(a)$  di questi ottimi si attende sia superiore ai valori di fitness  $F(a)$  trovati per una struttura centralizzata. In questo ultimo caso, il network permette performances migliori.

In base ai risultati riportati nella figura 7 è chiaro che per ogni valore del network di grandezza  $Q$ , esiste una regione di valori di  $N$  dove il numero di ottimi si trova compreso tra il numero di ottimi della decentralizzazione e della centralizzazione.

Inoltre la grandezza più piccola possibile di networks ( $Q=2$ ) genera meno ottimi locali rispetto alla struttura centralizzata e più ottimi locali rispetto a quella decentralizzata soltanto nel caso di  $N=4$ . Sistemi più piccoli di  $N=4$  sono meglio ottimizzati da una struttura centralizzata. Così, un'organizzazione a network conduce verso risultati migliori soltanto quando la grandezza del sistema complesso eccede una grandezza critica.

Questo suggerisce che processi di decision-making possano essere invece considerati più efficaci relativamente a sistemi piccoli mentre la trasformazione in network diventa efficiente quando si supera la grandezza critica del sistema.

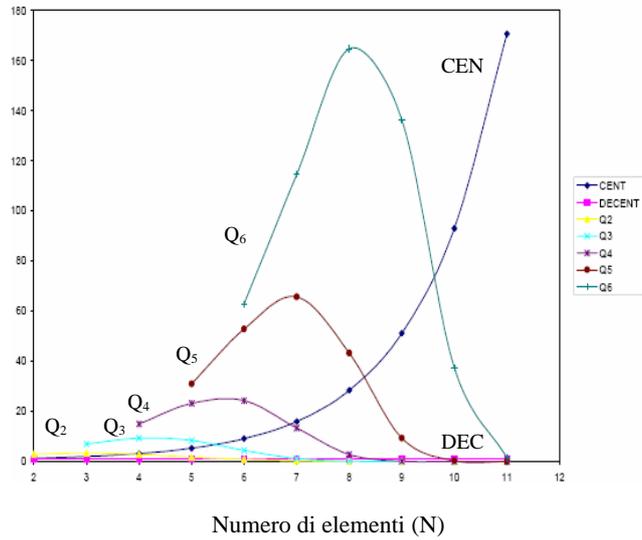


Fig.7 Numero atteso di ottimi in un fitness landscape ( $K=N-1$ ) completamente casuale confrontato con differenti valori di N per strutture fiscali centralizzate (CENT), decentralizzate (DECENT) e differenti valori della grandezza Q (Q2.....Q6) del network.



## **Conclusioni**

In questo lavoro la nozione di fitness landscape ci ha aiutato a reinterpretare in chiave complessa alcuni tradizionali concetti concernenti il federalismo fiscale. Si tratta ovviamente di un approccio iniziale, ovvero il primo passo di una ricerca che ha l'obiettivo di capire in che modo il "patching algorithm" possa offrire soluzioni ai problemi di federalismo fiscale, valutando i vantaggi e gli svantaggi dei vari approcci e la loro realizzabilità in termini di efficacia ed efficienza.

La nostra attenzione si è focalizzata sui diversi attori organizzativi, all'interno di sistemi complessi, i decision-maker, a livello centrale e/o decentralizzato, le istituzioni, che co-evolvono e che si auto-organizzano. Ha ancora senso proporre in tale contesto il punto di vista del decision making? Non è forse un ossimoro la stessa nozione di "organizzare" un sistema che si auto-organizza? In realtà, la nostra ricerca sui sistemi complessi mostra proprio che, benché i processi di auto-organizzazione possono essere molto potenti, essi vengono influenzati dalle varie componenti strutturali che interagiscono all'interno degli stessi sistemi.

I processi di auto-organizzazione dipendono infatti dall'ambiente nel quale essi sorgono, e manipolando questo contesto è possibile influenzare la dinamica di tali processi. Dal momento che il nostro ambiente si modifica e co-evolve continuamente come conseguenza delle azioni nostre e degli altri, bisogna solamente sopravvivere in un tale ambiente cercando al suo interno un livello sufficiente di fitness determinato dalle relazioni e interdipendenze tra gli elementi. Poiché nella co-evoluzione è impossibile applicare un meccanismo di ottimizzazione, come asserito da Bankes, a causa dell'incertezza profonda, è invece necessario scegliere delle strategie siano robuste in presenza di tal fenomeno.

Una migliore comprensione dei legami fra le interdipendenze e i paesaggi di fitness é stata fornita appunto dal modello NK di Kauffman. Tale metodologia, che nella versione originale considerava l'organizzazione delle attività tecnologiche e

innovative, è stata invece applicata, per la prima volta alla disciplina del federalismo fiscale. L'obiettivo è stato quello di analizzare le interdipendenze e quindi le relazioni epistatiche tra i gettiti delle istituzioni considerate e l'efficienza relativa alla fornitura di beni e servizi pubblici.

L'idea di base è che manipolando la struttura delle interdipendenze, sia reali che percepite, si possano orientare le caratteristiche delle superfici di fitness cui gli attori e quindi le istituzioni, si adattano individualmente e collettivamente. In questo modo è possibile orientare la qualità di processi di adattamento spontaneo senza che sia necessario prescrivere specifici comportamenti. Il ruolo dei centri decisionali (centralizzati e/o decentralizzati) è quello di capire il fallimento delle politiche fiscali in relazione a quelli che sono i cambiamenti esterni ed interni dei sistemi coinvolti. Per comprendere le cause di un eventuale fallimento, i centri decisionali devono modificare le proprie aspettative concernenti i risultati che le politiche fiscali possono conseguire.

Un primo passo necessario da compiere è il cambiamento delle aspettative spostando l'enfasi dall'ottimizzazione statica ai sistemi adattivi. Inoltre, data l'incertezza e la prevedibilità limitata per i sistemi economici complessi e quindi dei sistemi fiscali multilivello, i decision-maker hanno bisogno di accettare la necessità di sperimentare e monitorare da vicino e con attenzione gli effetti dinamici delle politiche adottate. Sottolineiamo in tal modo che scenari di una politica fiscale evolvono nel tempo.

Come diretta conseguenza di questo stato di cose, e come è stato precedentemente affermato, i decision-maker devono essere disposti ad utilizzare e a sviluppare nuovi strumenti di ricerca come: algoritmi genetici, modelli esplorativi, fitness landscape e simulazioni per analizzare potenziali conseguenze di lungo periodo delle scelte fiscali, della loro adattabilità e robustezza attraverso il cambiamento degli scenari.

Tuttavia, l'aver persuaso i decision-making a cambiare le loro aspettative e ad adottare nuovi strumenti di ricerca non è sufficiente. Questi ultimi devono anche essere disposti a valutare e

a tentare di incidere sulle configurazioni dei sistemi coinvolti. Una tale valutazione richiede di individuare dove il “patchness” dell’attuale sistema conferisce un bilanciamento appropriato tra struttura globale e casualità locale.



## **Bibliografia**

Arachi G., Zanardi A., (2000). "Il federalismo fiscale regionale: opportunità e limiti", in Bernardi L. (a cura di), *La finanza pubblica italiana. Rapporto 2000*, Il Mulino.

Arrow K.J. (1970) "Political and Economic Evaluation of Social Effects and Externality". in Margolis J. "The analysis of Public Output", NBER, Columbia University Press.

Artoni R.,(1999), "Elementi di Scienza delle finanze", Il Mulino, Bologna.

B Buchanan J.M (2001) "Ubiquità. Dai terremoti al crollo dei mercati, dai trend della moda alle crisi militari: la nuova legge universale del cambiamento" Mondadori

Berglas E., Pines D.,(1981), "Clubs, Local Public Goods and Transportation Models: a Synthesis" *Journal of Public Economics*, 15.

Bewley T. (1981), A Critique of Tiebout's Theory of Local Public Expenditures, in "Econometrica", vol. 49, n. 3, pp. 713-740.

Bird R.M., (1999), "Rethinking Subnational Taxes: A New Look at Tax Assignment", *Imf Working Paper* n.165.

Boisot M and Child.J. 1999. "Organizations as Adaptive Systems in Complex Environments The Case of China". *Organization Science*, 10 (3):237-252

Boisot, M. & Child, J. (1999) "Organizations as adaptive systems in complex environments: the case of China. In: *Organization Science*, vol. 10, no. 3, May-June, p. 237-252.

Bonomi A. (2002), "Sistemi Complessi nella gestione delle tecnologie e della ricerca e sviluppo".

Bordignon M, Volpi G. (1995) "Le ipotesi di federalismo per L'Italia:una rassegna critica" in "Quaderni di economia e finanza", anno IV,3.

Bordignon M. (2000) "Federalismo fiscale? Riflessioni in merito alle recenti riforme in Italia", il Mulino Bologna.

Bordignon M., Trascrizioni di un dibattito tenutesi tra Massimo Bordignon e Domenicantonio Fausto, Roma, Università la Sapienza, Dicembre 2000 con Postilla, giugno 2002.

Bordignon M., Fausto D. (2003), "Il federalismo fiscale. Un confronto" Idelson-Gnocchi, Napoli.

Bordignon, M (2000b), Federalismo fiscale a che punto siamo?, in «Il Mulino», Bologna, Aprile.

Bosi P. e M.C. Guerra, (2005), "I tributi nell'economia italiana", sesta edizione, il Mulino, Bologna.

Brosio G. (1994), "Equilibri instabili", Boringhieri, Torino.

Brosio G. (2002) "Economia e finanza Pubblica" Carocci, Roma.

Brosio G, Maggi M, Piperno S. (2003) "Governo e finanza locale" Giappichelli-Torino.

Buchanan J. M. and R. M. Musgrave (1999), "Public Finance and Public Choice. Two Contrasting Visions of the State", The MIT Press, Cambridge, Mass.

Buchanan J.M (1960), "Fiscal theory and Political Economy. Selected Essays", Chapel Hill, The University of North Carolina Press.

Buchanan J.M (1965), "An Economic Theory of Clubs", *Economia*, 32

Buchanan J.M. (1950), "Federalism and fiscal equity", *American Economic Review*, XL.

Buchanan J.M.(1962), "Joint Supply, Externality and Optimally", *Economica*, 1962.

Buchanan J.M., Stubblebine W.C.(1962), "Externality", *Economica*.

Buuren, M.W. van & Edelenbos, J. (2005) "Joint knowledge management in regional developments - the case of water systems". Paper presented at the 45th Congress of the European Regional Science Association, 23-27 August 2005, Amsterdam.

Cherry B.A. (2001) "The Telecommunications Economy and Regulation As Coevolving Complex Adaptive Systems: Implications for Federalism" <http://www.undp.org/pei/pdfs/CommunityCommons.pdf>

- Cherry, B., & Bauer, J. (2004, September). "Adaptive regulation: contours of a policy model for the internet economy" <http://quello.msu.edu/complexity//CherryTPRC04.pdf>
- Coase R.H. (1960), "The problem of social Costs", *Journal of Law and Economics*, 3.
- Colander D. (2000), "Complexity and the History of Economic Thought. Perspectives on the history of economic thought". Londra, New York, Routledge.
- Faggini M. "The caotic system and new perspective for economics methodology .A note" WP.2005
- Flood, R.L. (1999) "Knowing of the Unknowable". In: "Systemic Practice and Action Research", vol. 12 no. 3, p. 247-256.
- Frenken K., (2001), "Modelling the organisation of innovative activity using the NK model", <http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/frenken.pdf>
- Frenken K., (2005) "Technological innovation and complexity theory" <http://econ.geog.uu.nl/frenken/frenken.html>
- Frenken, K. (2005), "Innovation, Evolution and Complexity Theory" (Cheltenham & Northampton MA: Edward Elgar), forthcoming.
- Frenken, K.and M. Valente (2004), "A fitness landscape approach to decentralised problem-solving", mimeo, Utrecht University,
- Geu, T. (1998). "Chaos, complexity, and co-evolution: the web of law, management theory, and law related services at the millennium". *Tenn. L. Rev.*, 66.
- Haynes, Ph. (2003) "Managing complexity in the public services." Open University Press, Maidenhead.
- Kauffman S.A. (1992), "The Origin of Order: Self-Organization and selection in Evolution" New York, Oxford University Press.
- Kauffman S.A. (1995), "At Home in the Universe: The Search for Laws of Self Organization and Complexity", New York, Oxford University Press.
- Kauffman S.A., Levin S. (1987), "Towards a general Theory of adaptive walks on rugged landscape", *Journal of Theoretical Biology*, 128.

- Kauffman S.A., Lobo J., Macready W.G. (2000), "Optimal search on a technology.
- Kiel, L.D. (1994) "Managing Chaos and Complexity in Government. A new paradigm for managing change, innovation, and organizational renewal". Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
- Kooiman, J. ed. (1993) "Modern governance: new government – society interactions." Sage, London.
- Koppenjan, J.F.M. & Klijn, E-H. (2004) "Managing uncertainties in networks." Routledge, London.
- Levinthal, D.A. (1997)," Adaptation on rugged landscapes", *Management Science*, 43.
- McCarthy, I.P. (2004), "Manufacturing strategy: understanding the fitness landscape", *International Journal of Operations & Production Management*, 24.
- McElroy, M.W. (2003) "The New Knowledge Management. Complexity, learning, and sustainable innovation". Knowledge Management Consortium International Press, London.
- Merry, U. (1999) Organizational strategy on different landscapes: a new science approach. In: *Systemic Practice and Action Research*, vol. 12, no. 3, p. 257-278.
- Mitleton-Kelly, E. (2003) "Ten principles of complexity and enabling structures". In: Mitleton-Kelly, E. (ed.) "Complex systems and evolutionary perspectives of organisations: the application of complexity theory to organisations". Elsevier.
- Mitleton-Kelly, E. (2003). "Ten principles of complexity and enabling infrastructures". In E. Mitleton-Kelly (Ed.), "Complex Systems and Evolutionary Perspectives on Organizations: the Application of Complexity Theory to Organizations" (pp. 23-50). Amsterdam, Netherlands: Pergamon.
- Musgrave R. A., Musgrave P.B., (1976) "Public Finance in Theory and Practice", New York.
- Musgrave, R.A., (1959). "The Theory of Public Finance: A Study in Public Economy". McGraw-Hill, New York.

- Oates W.E.,(1993), “ Fiscal Decentralization and Economic Development”, National Tax Journal, XLV, n. 2.
- Oliver, D. & J. Roos (1999) “Striking a balance: complexity and knowledge landscapes”. McGraw-Hill Publishing Company, London.
- Parziale A. (2006) tesi di laurea “Il settore pubblico in chiave di complessità: applicazione di alcuni strumenti”.
- Persson T. e Tabellini G. (2000) “Political Economics” , Harvard Mit Press.
- Peters E. (1999). “Complexity, Risk, and Financial Market. New York”, NY: John Wiley& Sons, Inc.
- Salzano M. (1999),”Tax Competition in an open border scenario: an Evolutionary Game Approach”. [http://www.unipv.it/websiep/secure/\\_pdf99.htm](http://www.unipv.it/websiep/secure/_pdf99.htm)) e in Federico Caffè Centre Research Report n. 1/2000.
- Salzano M. (2002), “Optimal non-linear Income Taxation and Heterogeneous Agents’ Preferences” (<http://www.ecople.org/>)
- Salzano M., (1996),”The Control of Economics as a Complex System”, Roskilde University Department Social Sciences, & in “Economics and Complexity” , 1997.
- Salzano M., (1998) “Control of the Economy through the Fiscal Variables”, “Economics and Complexity”, Vol. 1, N. 2 Spring.
- Salzano M; Kirman A (2005), “Economics: Complex Windows” Springer.
- Stacey, R.D. (1992) “ Managing the unknowable. Strategic boundaries between order and chaos in organizations”. Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
- Stacey, R.D. (1995) “The science of complexity: an alternative perspective for strategic change processes”. In: Strategic Management Journal, vol. 16, p. 477-495.
- Stacey, R.D. (2003) “Strategic Management en Organizational Dynamics. The challenge of complexity”. Prentice Hall.



WORKING PAPERS DEL DIPARTIMENTO

- 1988, 3.1 Guido CELLA  
*Linkages e moltiplicatori input-output.*
- 1989, 3.2 Marco MUSELLA  
*La moneta nei modelli di inflazione da conflitto.*
- 1989, 3.3 Floro E. CAROLEO  
*Le cause economiche nei differenziali regionali del tasso di disoccupazione.*
- 1989, 3.4 Luigi ACCARINO  
*Attualità delle illusioni finanziarie nella moderna società.*
- 1989, 3.5 Sergio CESARATTO  
*La misurazione delle risorse e dei risultati delle attività innovative: una valutazione dei risultati dell'indagine CNR- ISTAT sull'innovazione tecnologica.*
- 1990, 3.6 Luigi ESPOSITO - Pasquale PERSICO  
*Sviluppo tecnologico ed occupazionale: il caso Italia negli anni '80.*
- 1990, 3.7 Guido CELLA  
*Matrici di contabilità sociale ed analisi ambientale.*
- 1990, 3.8 Guido CELLA  
*Linkages e input-output: una nota su alcune recenti critiche.*
- 1990, 3.9 Concetto Paolo VINCI  
*I modelli econometrici sul mercato del lavoro in Italia.*
- 1990, 3.10 Concetto Paolo VINCI  
*Il dibattito sul tasso di partecipazione in Italia: una rivisitazione a 20 anni di distanza.*
- 1990, 3.11 Giuseppina AUTIERO  
*Limiti della coerenza interna ai modelli con la R.E.H..*
- 1990, 3.12 Gaetano Fausto ESPOSITO  
*Evoluzione nei distretti industriali e domanda di istituzione.*
- 1990, 3.13 Guido CELLA  
*Measuring spatial linkages: input-output and shadow prices.*
- 1990, 3.14 Emanuele SALSANO  
*Seminari di economia.*

- 1990, 3.15 Emanuele SALSANO  
*Investimenti, valore aggiunto e occupazione in Italia in contesto biregionale: una prima analisi dei dati 1970/1982.*
- 1990, 3.16 Alessandro PETRETTO- Giuseppe PISAURO  
*Uniformità vs selettività nella teoria della ottima tassazione e dei sistemi tributari ottimali.*
- 1990, 3.17 Adalgiso AMENDOLA  
*Inflazione, disoccupazione e aspettative. Aspetti teorici dell'introduzione di aspettative endogene nel dibattito sulla curva di Phillips.*
- 1990, 3.18 Pasquale PERSICO  
*Il Mezzogiorno e le politiche di sviluppo industriale.*
- 1990, 3.19 Pasquale PERSICO  
*Priorità delle politiche strutturali e strategie di intervento.*
- 1990, 3.20 Adriana BARONE - Concetto Paolo VINCI  
*La produttività nella curva di Phillips.*
- 1990, 3.21 Emiddio GALLO  
*Varianze ed invarianze socio-spaziali nella transizione demografica dell'Italia post-industriale.*
- 1991, 3.22 Alfonso GAMBARDELLA  
*I gruppi etnici in Nicaragua. Autonomia politica ed economica.*
- 1991, 3.23 Maria SCATTAGLIA  
*La stima empirica dell'offerta di lavoro in Italia: una rassegna.*
- 1991, 3.24 Giuseppe CELI  
*La teoria delle aree valutarie: una rassegna.*
- 1991, 3.25 Paola ADINOLFI  
*Relazioni industriali e gestione delle risorse umane nelle imprese italiane.*
- 1991, 3.26 Antonio e Bruno PELOSI  
*Sviluppo locale ed occupazione giovanile: nuovi bisogni formativi.*
- 1991, 3.27 Giuseppe MARIGLIANO  
*La formazione del prezzo nel settore dell'intermediazione commerciale.*
- 1991, 3.28 Maria PROTO  
*Risorse naturali, merci e ambiente: il caso dello zolfo.*
- 1991, 3.29 Salvatore GIORDANO  
*Ricerca sullo stato dei servizi nelle industrie del salernitano.*

- 1992, 3.30 Antonio LOPES  
*Crisi debitoria e politiche macroeconomiche nei paesi in via di sviluppo negli anni 80.*
- 1992, 3.31 Antonio VASSILLO  
*Circuiti economici semplici, complessi, ed integrati.*
- 1992, 3.32 Gaetano Fausto ESPOSITO  
*Imprese ed istituzioni nel Mezzogiorno: spunti analitici e modalità di relazione.*
- 1992, 3.33 Paolo COCCORESE  
*Un modello per l'analisi del sistema pensionistico.*
- 1994, 3.34 Aurelio IORI  
*Il comparto dei succhi di agrumi: un caso di analisi interorganizzativa.*
- 1994, 3.35 Nicola POSTIGLIONE  
*Analisi multicriterio e scelte pubbliche.*
- 1994, 3.36 Adriana BARONE  
*Cooperazione nel dilemma del prigioniero ripetuto e disoccupazione involontaria.*
- 1994, 3.37 Adriana BARONE  
*Le istituzioni come regolarità di comportamento.*
- 1994, 3.38 Maria Giuseppina LUCIA  
*Lo sfruttamento degli idrocarburi offshore tra sviluppo economico e tutela dell'ambiente.*
- 1994, 3.39 Giuseppina AUTIERO  
*Un'analisi di alcuni dei limiti strutturali alle politiche di stabilizzazione nei LCDs.*
- 1994, 3.40 Bruna BRUNO  
*Modelli di contrattazione salariale e ruolo del sindacato.*
- 1994, 3.41 Giuseppe CELI  
*Cambi reali e commercio estero: una riflessione sulle recenti interpretazioni teoriche.*
- 1995, 3.42 Alessandra AMENDOLA, M. Simona ANDREANO  
*The TAR models: an application on italian financial time series.*
- 1995, 3.43 Leopoldo VARRIALE  
*Ambiente e turismo: Parco dell'Iguazù - Argentina.*

- 1995, 3.44 A. PELOSI, R. LOMBARDI  
*Fondi pensione: equilibrio economico-finanziario delle imprese.*
- 1995, 3.45 Emanuele SALSANO, Domenico IANNONE  
*Economia e struttura produttiva nel salernitano dal secondo dopoguerra ad oggi.*
- 1995, 3.46 Michele LA ROCCA  
*Empirical likelihood and linear combinations of functions of order statistics.*
- 1995, 3.47 Michele LA ROCCA  
*L'uso del bootstrap nella verosimiglianza empirica.*
- 1996, 3.48 Domenico RANESI  
*Le politiche CEE per lo sviluppo dei sistemi locali: esame delle diverse tipologie di intervento e tentativo di specificazione tassonomica.*
- 1996, 3.49 Michele LA ROCCA  
*L'uso della verosimiglianza empirica per il confronto di due parametri di posizione.*
- 1996, 3.50 Massimo SPAGNOLO  
*La domanda dei prodotti della pesca in Italia.*
- 1996, 3.51 Cesare IMBRIANI, Filippo REGANATI  
*Macroeconomic stability and economic integration. The case of Italy.*
- 1996, 3.52 Annarita GERMANI  
*Gli effetti della mobilitazione della riserva obbligatoria. Analisi sull'efficienza del suo utilizzo.*
- 1996, 3.53 Massimo SPAGNOLO  
*A model of fish price formation in the north sea and the Mediterranean.*
- 1996, 3.54 Fernanda MAZZOTTA  
*RTFL: problemi e soluzioni per i dati Panel.*
- 1996, 3.55 Angela SPAGNUOLO  
*Concentrazione industriale e dimensione del mercato: il ruolo della spesa per pubblicità e R&D.*
- 1996, 3.56 Giuseppina AUTIERO  
*The economic case for social norms.*
- 1996, 3.57 Francesco GIORDANO  
*Sulla convergenza degli stimatori Kernel.*
- 1996, 3.58 Tullio JAPPELLI, Marco PAGANO  
*The determinants of saving: lessons from Italy.*

- 1997, 3.59 Tullio JAPPELLI  
*The age-wealth profile and the life-cycle hypothesis: a cohort analysis with a time series of cross sections of Italian households.*
- 1997, 3.60 Marco Antonio MONACO  
*La gestione dei servizi di pubblico interesse.*
- 1997, 3.61 Marcella ANZOLIN  
*L'albero della qualità dei servizi pubblici locali in Italia: metodologie e risultati conseguiti.*
- 1997, 3.62 Cesare IMBRIANI, Antonio LOPES  
*Intermediazione finanziaria e sistema produttivo in un'area dualistica. Uno studio di caso.*
- 1997, 3.63 Tullio JAPPELLI  
*Risparmio e liberalizzazione finanziaria nell'Unione europea.*
- 1997, 3.64 Alessandra AMENDOLA  
*Analisi dei dati di sopravvivenza.*
- 1997, 3.65 Francesco GIORDANO, Cira PERNA  
*Gli stimatori Kernel per la stima non parametrica della funzione di regressione.*
- 1997, 3.66 Biagio DI SALVIA  
*Le relazioni marittimo-commerciali nell'imperiale regio litorale austriaco nella prima metà dell'800.*  
*I. Una riclassificazione delle Tafeln zur Statistik der Österreichischen Monarchie.*
- 1997, 3.67 Alessandra AMENDOLA  
*Modelli non lineari di seconda e terza generazione: aspetti teorici ed evidenze empiriche.*
- 1998, 3.68 Vania SENA  
*L'analisi econometrica dell'efficienza tecnica. Un'applicazione agli ospedali italiani di zona.*
- 1998, 3.69 Domenico CERBONE  
*Investimenti irreversibili.*
- 1998, 3.70 Antonio GAROFALO  
*La riduzione dell'orario di lavoro è una soluzione al problema disoccupazione: un tentativo di analisi empirica.*
- 1998, 3.71 Jacqueline MORGAN, Roberto RAUCCI  
*New convergence results for Nash equilibria.*

- 1998, 3.72 Rosa FERRENTINO  
*Niels Henrik Abel e le equazioni algebriche.*
- 1998, 3.73 Marco MICOCCI, Rosa FERRENTINO  
*Un approccio markoviano al problema della valutazione delle opzioni.*
- 1998, 3.74 Rosa FERRENTINO, Ciro CALABRESE  
*Rango di una matrice di dimensione K.*
- 1999, 3.75 Patrizia RIGANTI  
*L'uso della valutazione contingente per la gestione del patrimonio culturale: limiti e potenzialità.*
- 1999, 3.76 Annamaria NESE  
*Il problema dell'inefficienza nel settore dei musei: tecniche di valutazione.*
- 1999, 3.77 Gianluigi COPPOLA  
*Disoccupazione e mercato del lavoro: un'analisi su dati provinciali.*
- 1999, 3.78 Alessandra AMENDOLA  
*Un modello soglia con eteroschedasticità condizionata per tassi di cambio.*
- 1999, 3.79 Rosa FERRENTINO  
*Su un'applicazione della trasformata di Laplace al calcolo della funzione asintotica di non rovina.*
- 1999, 3.80 Rosa FERRENTINO  
*Un'applicazione della trasformata di Laplace nel caso di una distribuzione di Erlang.*
- 1999, 3.81 Angela SPAGNUOLO  
*Efficienza e struttura degli incentivi nell'azienda pubblica: il caso dell'industria sanitaria.*
- 1999, 3.82 Antonio GAROFALO, Cesare IMBRIANI, Concetto Paolo VINCI  
*Youth unemployment: an insider-outsider dynamic approach.*
- 1999, 3.83 Rosa FERRENTINO  
*Un modello per la determinazione del tasso di riequilibrio in un progetto di fusione tra banche.*
- 1999, 3.84 DE STEFANIS, PORZIO  
*Assessing models in frontier analysis through dynamic graphics.*
- 1999, 3.85 Annunziato GESUALDI  
*Inflazione e analisi delle politiche fiscali nell'U.E..*
- 1999, 3.86 R. RAUCCI, L. TADDEO  
*Dalle equazioni differenziali alle funzioni  $e^x$ ,  $\log x$ ,  $a^x$ ,  $\log_a x$ ,  $x^x$ .*

- 1999, 3.87 Rosa FERRENTINO  
*Sulla determinazione di numeri aleatori generati da equazioni algebriche.*
- 1999, 3.88 C. PALMISANI, R. RAUCCI  
*Sulle funzioni circolari: una presentazione non classica.*
- 2000, 3.89 Giuseppe STORTI, Pierluigi FURCOLO, Paolo VILLANI  
*A dynamic generalized linear model for precipitation forecasting.*
- 2000, 3.90 Rosa FERRENTINO  
*Un procedimento risolutivo per l'equazione di Dickson.*
- 2000, 3.91 Rosa FERRENTINO  
*Un'applicazione della mistura di esponenziali alla teoria del rischio.*
- 2000, 3.92 Francesco GIORDANO, Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Bootstrap variance estimates for neural networks regression models.*
- 2000, 3.93 Alessandra AMENDOLA, Giuseppe STORTI  
*A non-linear time series approach to modelling asymmetry in stock market indexes.*
- 2000, 3.94 Rosa FERRENTINO  
*Sopra un'osservazione di De Vylder.*
- 2000, 3.95 Massimo SALZANO  
*Reti neurali ed efficacia dell'intervento pubblico: previsioni dell'inquinamento da traffico nell'area di Villa S. Giovanni.*
- 2000, 3.96 Angela SPAGNUOLO  
*Concorrenza e deregolamentazione nel mercato del trasporto aereo in Italia.*
- 2000, 3.97 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Teoremi ingannevoli.*
- 2000, 3.98 Francesco GIORDANO  
*Una procedura per l'inizializzazione dei pesi delle reti neurali per l'analisi del trend.*
- 2001, 3.99 Angela D'ELIA  
*Some methodological issues on multivariate modelling of rank data.*
- 2001, 3.100 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Nuove classi di funzioni scalari quasiconcave generalizzate: caratterizzazioni ed applicazioni a problemi di ottimizzazione.*
- 2001, 3.101 Adriana BARONE, Annamaria NESE  
*Some insights into night work in Italy.*
- 2001, 3.102 Alessandra AMENDOLA, Marcella NIGLIO

*Predictive distributions of nonlinear time series models.*

- 2001, 3.103 Roberto RAUCCI  
*Sul concetto di certo equivalente nella teoria HSSB.*
- 2001, 3.104 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*On stackelberg games: a result of unicity.*
- 2001, 3.105 Roberto RAUCCI  
*Una definizione generale e flessibile di insieme limitato superiormente in  $\mathfrak{R}^n$*
- 2001, 3.106 Roberto RAUCCI  
*Stretta quasiconcavit  nelle forme funzionali flessibili.*
- 2001, 3.107 Roberto RAUCCI  
*Sugli insiemi limitati in  $\mathfrak{R}^m$  rispetto ai coni.*
- 2001, 3.108 Roberto RAUCCI  
*Monotonie, isotonie e indecomponibilit  deboli per funzioni a valori vettoriali con applicazioni.*
- 2001, 3.109 Roberto RAUCCI  
*Generalizzazioni del concetto di debole Kuhn-Tucker punto-sella.*
- 2001, 3.110 Antonia Rosa GURRIERI, Marilene LORIZIO  
*Le determinanti dell'efficienza nel settore sanitario. Uno studio applicato.*
- 2001, 3.111 Gianluigi COPPOLA  
*Studio di una provincia meridionale attraverso un'analisi dei sistemi locali del lavoro. Il caso di Salerno.*
- 2001, 3.112 Francesco GIORDANO  
*Reti neurali per l'analisi del trend: un approccio per identificare la topologia della rete.*
- 2001, 3.113 Marcella NIGLIO  
*Nonlinear time series models with switching structure: a comparison of their forecast performances.*
- 2001, 3.114 Damiano FIORILLO  
*Capitale sociale e crescita economica. Review dei concetti e dell'evidenza empirica.*
- 2001, 3.115 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Generalizzazione del concetto di continuit  e di derivabilit .*
- 2001, 3.116 Marcella NIGLIO  
*Ricostruzione dei dati mancanti in serie storiche climatiche.*

- 2001, 3.117 Vincenzo VECCHIONE  
*Mutamenti del sistema creditizio in un'area periferica.*
- 2002, 3.118 Francesco GIORDANO, Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Bootstrap variable selection in neural network regression models.*
- 2002, 3.119 Roberto RAUCCI, Luigi TADDEO  
*Insiemi debolmente convessi e concavità in senso generale.*
- 2002, 3.120 Vincenzo VECCHIONE  
*Know how locali e percorsi di sviluppo in aree e settori marginali.*
- 2002, 3.121 Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Neural networks with dependent data.*
- 2002, 3.122 Pietro SENESI  
*Economic dynamics: theory and policy. A stability analysis approach.*
- 2002, 3.123 Gianluigi COPPOLA  
*Stima di un indicatore di pressione ambientale: un'applicazione ai comuni della Campania.*
- 2002, 3.124 Roberto RAUCCI  
*Sull'esistenza di autovalori e autovettori positivi anche nel caso non lineare.*
- 2002, 3.125 Maria Carmela MICCOLI  
*Identikit di giovani lucani.*
- 2002, 3.126 Sergio DESTEFANIS, Giuseppe STORTI  
*Convexity, productivity change and the economic performance of countries.*
- 2002, 3.127 Giovanni C. PORZIO, Maria Prosperina VITALE  
*Esplorare la non linearità nei modelli Path.*
- 2002, 3.128 Rosa FERRENTINO  
*Sulla funzione di Seal.*
- 2003, 3.129 Michele LA ROCCA, Cira PERNA  
*Identificazione del livello intermedio nelle reti neurali di tipo feedforward.*
- 2003, 3.130 Alessandra AMENDOLA, Marcella NIGLIO, Cosimo VITALE  
*The exact multi-step ahead predictor of SETARMA models.*
- 2003, 3.131 Mariangela BONASIA  
*La dimensione ottimale di un sistema pensionistico: means tested vs programma universale.*
- 2003, 3.132 Annamaria NESE  
*Abitazione e famiglie a basso reddito.*

- 2003, 3.133 Maria Lucia PARRELLA  
*Le proprietà asintotiche del Local Polynomial Bootstrap.*
- 2003, 3.134 Silvio GIOVE, Maurizio NORDIO, Stefano SILVONI  
*Stima della prevalenza dell'insufficienza renale cronica con reti bayesiane: analisi costo efficacia delle strategie di prevenzione secondaria.*
- 2003, 3.135 Massimo SALZANO  
*Globalization, complexity and the holism of the italian school of public finance.*
- 2003, 3.136 Giuseppina AUTIERO  
*Labour market institutional systems and unemployment performance in some Oecd countries.*
- 2003, 3.137 Marisa FAGGINI  
*Recurrence analysis for detecting non-stationarity and chaos in economic times series.*
- 2003, 3.138 Marisa FAGGINI, Massimo SALZANO  
*The reverse engineering of economic systems. Tools and methodology.*
- 2003, 3.139 Rosa FERRENTINO  
*In corso di pubblicazione.*
- 2003, 3.140 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Sui problemi di ottimizzazione in giochi di Stackelberg ed applicazioni in modelli economici.*
- 2003, 3.141 Carmine SICA  
*In corso di pubblicazione.*
- 2004, 3.142 Sergio DESTEFANIS, Antonella TADDEO, Maurizio TORNATORE  
*The stock of human capital in the Italian regions.*
- 2004, 3.143 Elena Laureana DEL MERCATO  
*Edgeworth equilibria with private provision of public good.*
- 2004, 3.144 Elena Laureana DEL MERCATO  
*Externalities on consumption sets in general equilibrium.*
- 2004, 3.145 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Su alcuni criteri delle serie a termini non negativi.*
- 2004, 3.146 Rosa FERRENTINO, Roberto RAUCCI  
*Legame tra le soluzioni di Minty e di Stempacenhia nelle disequazioni variazionali.*

- 2004, 3.147 Gianluigi COPPOLA  
*In corso di pubblicazione.*
- 2004, 3.148 Massimo Spagnolo  
*The Importance of Economic Incentives in Fisheries Management*
- 2004, 3.149 F. Salsano  
*La politica monetaria in presenza di non perfetta osservabilità degli obiettivi del banchiere centrale.*
- 2004, 3.150 A. Vita  
*La dinamica del cambiamento nella rappresentazione del territorio. Una mappa per i luoghi della Valle dell'Irno.*
- 2004, 3.151 Celi  
*Empirical Explanation of vertical and horizontal intra-industry trade in the UK: a comment.*
- 2004, 3.152 Amendola – P. Vitale  
*Self-Assessment and Career Choices: An On-line resource for the University of Salerno.*
- 2004, 3.153 A. Amendola – R. Troisi  
*Introduzione all'economia politica dell'organizzazione: nozioni ed applicazioni.*
- 2004, 3.154 A. Amendola – R. Troisi  
*Strumenti d'incentivo e modelli di gestione del personale volontario nelle organizzazioni non profit.*
- 2004, 3.155 Lavinia Parisi  
*La gestione del personale nelle imprese manifatturiere della provincia di Salerno.*
- 2004, 3.156 Angela Spagnuolo – Silvia Keller  
*La rete di accesso all'ultimo miglio: una valutazione sulle tecnologie alternative.*
- 2005, 3.157 Davide Cantarelli  
*Elasticities of Complementarity and Substitution in Some Functional Forms. A Comparative Review.*
- 2005, 3.158 Pietro Coretto – Giuseppe Storti  
*Subjective Expectations in Economics: a Statistical overview of the main findings.*
- 2005, 3.159 Pietro Coretto – Giuseppe Storti  
*Moments based inference in small samples.*

- 2005, 3.160 Massimo Salzano  
*Una simulazione neo-keynesiana ad agenti eterogeni.*
- 2005, 3.161 Rosa Ferrentino  
*Su alcuni paradossi della teoria degli insiemi.*
- 2005, 3.162 Damiano Fiorillo  
*Capitale sociale: uno o molti? Pochi.*
- 2005, 3.163 Damiano Fiorillo  
*Il capitale sociale conta per outcomes (macro) economici?.*
- 2005, 3.164 Damiano Fiorillo – Guadalupi Luigi  
*Attività economiche nel distretto industriale di Nocera inferiore – Gragnano. Un'analisi su Dati Tagliacarne.*
- 2005, 3.165 Rosa Ferrentino  
*Pointwise well-posedness in vector optimization and variational inequalities.*
- 2005, 3.166 Roberto Iorio  
*La ricerca universitaria verso il mercato per il trasferimento tecnologico e rischi per l'Open Science: posizioni teoriche e filoni di indagine empirica.*
- 2005, 3.167 Marisa Faggini  
*The chaotic system and new perspectives for economics methodology. A note.*
- 2005, 3.168 Francesco Giordano  
*Weak consistent moving block bootstrap estimator of sampling distribution of CLS estimators in a class of bilinear models*
- 2005, 3.169 Edgardo Sica  
*Tourism as determinant of economic growth: the case of south-east asian countries.*
- 2005, 3.170 Rosa Ferrentino  
*On Minty variational inequalities and increasing along rays functions.*
- 2005, 3.171 Rosa Ferrentino  
*On the Minty and Stampacchia scalar variational inequalities*
- 2005, 3.172 Destefanis - Storti  
*A procedure for detecting outliers in frontier estimation*
- 2005, 3.173 Destefanis - Storti  
*Evaluating business incentives through data. An analysis on capitalia firm data*

- 2005, 3.174 Nese – O'Higgins  
*In and out of the capitalia sample: evaluating attrition bias.*
- 2005, 3.175 Maria Patrizia Vittoria  
*Il Processo di terziarizzazione in Campania. Analisi degli indicatori principali nel periodo 1981-2001*
- 2005, 3.176 Sergio Destefanis – Giuseppe Mastromatteo  
*Inequality and labour-market performance. A survey beyond an elusive trade-off.*
- 2006, 3.177 Giuseppe Storti  
*Modelling asymmetric volatility dynamics by multivariate BL-GARCH models*
- 2006, 3.178 Lucio Valerio Spagnolo – Mario Cerrato  
*No euro please, We're British!*
- 2006, 3.179 Maria Carmela Miccoli  
*Invecchiamento e seconda transizione demografica*
- 2006, 3.180 Maria Carmela Miccoli – Antonio Cortese  
*Le scuole italiane all'estero: una realtà poco nota*
- 2007, 3.181 Rosa Ferrentino  
*Variational inequalities and optimization problems*
- 2007, 3.182 Lavinia Parisi  
*Estimating capability as a latent variable: A Multiple Indicators and Multiple Causes Approach. The example of health*
- 2007, 3.183 Rosa Ferrentino  
*Well-posedness, a short survey*
- 2007, 3.184 Roberto Iorio – Sandrine Labory – Daniele Paci  
*Relazioni tra imprese e università nel biotech-salute dell'Emilia Romagna. Una valutazione sulla base della co-authorship delle pubblicazioni scientifiche*
- 2007, 3.185 Lavinia Parisi  
*Youth Poverty after leaving parental home: does parental income matter?*
- 2007, 3.186 Pietro Coretto – Christian Hennig  
*Identifiability for mixtures of distributions from a location-scale family with uniform*

Stampa a cura della C.U.S.L. Cooperativa Universitaria Studio e Lavoro, Via Ponte Don Melillo, Fisciano per conto Del Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche  
Finito di stampare il 29 maggio 2007