

A. Arrighetti e S. Curatolo

**OPPORTUNISMO E COORDINAMENTO:
SOLUZIONI REGOLATIVE E ISTITUZIONALI**

Dipartimento di Economia
Università degli Studi di Parma

Alessandro.Arrighetti@unipr.it
Salvatore.Curatolo@unipr.it

Economics Department, Working Papers,
WP 2010-EP02

(Marzo 2010)

Abstract

The present paper builds on Arrighetti e Curatolo, 2009, 2010 by introducing heterogeneous opportunists into an agent-based simulated world populated by heterogeneous loyal agents playing a repeated coordination game. On average, opportunistic exploitation of economic resources lowers coordination, especially in less endowed contexts. Simulation strategy proposed in the paper compares, keeping constant the aggregate cost of policy, three different kinds of public schemes aimed at reducing the economic cost of opportunism: regulatory schemes, incentive (or premiality) schemes and a third scheme based on institutional catalyst agents. Regulatory schemes based on sanctions produce the emergence of adverse redistribution effects: removal of opportunism is an efficient strategy only for less endowed local contexts, while the policy taxation burden hits too much the local environments where collective action is stronger. In line with many authors (see Hall, 2005; Camerer e Hogarth, 1999; Verdier, 2004), incentive (premiability) schemes perform badly especially because their net effects are limited to the first stages of the games. The schemes based on institutional catalyst agents seems to be the best performers: in facts, these schemes are efficient, especially through a process of learning, in pulling the other agents toward an high degree of coordination, so counter-balancing the effects of opportunists' exploitation. Moreover an high degree of synergy emerges from a combined regulatory-institutional catalyst scheme, while incentive scheme (premiability) show, at the opposite, negative synergy both with institutional catalyst agents' and regulatory schemes.

Keywords: Opportunism, Coordination Games, Regulation, Incentives, Institutions.

JEL Codes: B4; C15; C71.

1. Introduzione

Come è noto, la tendenza al fallimento della cooperazione e del coordinamento in contesti di incertezza strategica è mitigata, anche se solo parzialmente, dalla ripetizione del gioco nel tempo (Palfrey e Rosenthal, 1994), dalla predisposizione spontanea di meccanismi di segnalazione prospettica dei comportamenti (*cheap talk* nelle sue varie articolazioni: comunicazione, obbligazioni pubbliche, ecc.) o dalla reputazione acquisita dagli agenti durante le fasi precedenti del gioco (Milinski, Semmann e Krambeck, 2002)¹. Una maggiore efficacia in termini di incremento della propensione a cooperare è assicurata, comunque, da meccanismi di sanzionamento e di premio finalizzati a modificare la struttura dei payoff in modo tale da rendere dominante la soluzione cooperativa su quella individuale. Tali meccanismi, nella modellistica come nella realtà, frequentemente assumono la configurazione di terze parti istituzionali (parlamenti, tribunali, ecc.) orientate a definire regole di condotta generali che vengono sottoposte ad enforcement attraverso schemi sanzionatori che colpiscono comportamenti in contrasto con le prescrizioni stabilite. Attori istituzionali, inoltre, possono contrastare il fallimento della cooperazione fornendo incentivi al conseguimento di risultati cooperativi: la convergenza verso la soluzione cooperativa in questo caso determina il conseguimento di un premio che, se adeguatamente elevato, scoraggia la “temptation to defect”.

Tali meccanismi generalmente sono concepiti come esterni al gioco. Possono essere comunque individuati meccanismi endogeni costituiti da agenti istituzionali, dotati di risorse e regole di condotta specifiche che hanno il compito di favorire la cooperazione partecipando direttamente al gioco. Le politiche basate su network broker, la partecipazione istituzionale alla formazione di consorzi tra imprese e l'azione svolta da numerose agenzie di promozione dello sviluppo locale sono esempi di tali meccanismi (Rosenfeld, 1996; Hargadon e Sutton, 1997; Hargadon, 1998; Provan e Human, 1999; Howells, 2006; Szogs, Cummings, e Chaminade 2009). Gli attori istituzionali non si propongono di eliminare o contrastare il free riding, ma di agevolare l'esito cooperativo catalizzando e accelerando la diffusione di esperienze cooperative nei contesti in cui il livello dei costi di coordinamento iniziali ostacola in modo significativo l'azione collettiva.

Gli obiettivi del presente lavoro sono: a) esaminare come l'opportunismo possa condizionare l'esito cooperativo in riferimento ad una ampia classe di situazioni come quelle

¹ Per una interpretazione alternativa (onerosa) della fase di pre-gioco, intesa come analisi preventiva dei caratteri degli agenti con i quali coordinare la soluzione cooperativa e quindi soggetta a costi informativi positivi, definita “expensive talk”, si veda Arrighetti e Curatolo, 2009, 2010.

associate a problemi di coordination failure; b) analizzare come meccanismi sanzionatori o premiali agevolino il raggiungimento di esiti di cooperazione tra gli agenti; c) verificare l'impatto di agenti istituzionali sul risultato cooperativo; d) comparare l'efficacia relativa dei diversi meccanismi nel contenimento del coordination failure.

Le simulazioni effettuate mostrano che l'opportunismo è in grado di accrescere la probabilità di coordination failure dell'intero ambiente di interazione. Nel contrastare questo fenomeno, meccanismi fondati su agenti istituzionali che partecipano al gioco di coordinamento determinano una più efficace limitazione dei danni dell'opportunismo, rispetto agli strumenti regolativi e premiali, trainando gli agenti verso un più alto grado di azione collettiva.

L'adozione di combinazioni dei diversi meccanismi mostra che esistono effetti di sinergia negativa tra politiche regolative e premiali: l'aggravio di costi per il sistema è tale da più che controbilanciare l'effetto congiunto di deterrenza dell'opportunismo e di incentivazione delle condotte cooperative. Al contrario, un marcato effetto sinergico positivo emerge dalla combinazione di un meccanismo regolativo e di uno schema basato su agenti istituzionali: la deterrenza dell'opportunismo tutela infatti i contesti di interazione locale più deboli ma, grazie all'azione di traino esercitata dagli agenti istituzionali, non si manifesta l'effetto perverso di redistribuzione avversa a danno degli agenti più efficienti.

2. La letteratura di riferimento

Già Olson (1965) aveva mostrato come in contesti di gruppi ad elevata numerosità l'utilizzo di sanzioni o premi selettivi cambi il sistema degli incentivi favorendo la cooperazione tra gli agenti economici. La letteratura successiva ha permesso di precisare ed articolare più efficacemente il ruolo delle politiche di regolazione e premiali, partendo dall'analisi delle determinanti dei comportamenti non cooperativi. Si è infatti evidenziato come le condotte di *free riding* siano correntemente associate all'opportunismo, anche se spesso si intrecciano con manifestazioni di *loss aversion*, di miopia strategica, di rifiuto del rischio e di aspettative negative pregiudiziali. Indipendentemente dalla predominanza di una delle diverse componenti (prudenziale, miopica o self-interested) sulle altre, l'esito finale è tendenzialmente simile: l'incertezza strategica - cioè la non prevedibilità da parte di un agente delle scelte che verranno attuate dall'altro(i) - dà origine sistematicamente a problemi di efficienza (Ledyard, 1995; Ochs, 1995; Holt, 2007). In altri termini, anche quando la produzione di beni pubblici, la soluzione di dilemmi sociali e il superamento di problemi di coordinamento consentirebbero di conseguire livelli più elevati di utilità individuale, l'impatto delle diverse forme di incertezza

strategica induce gli attori a convergere verso equilibri o risultati Pareto-inferiori (Van Huyck, Battalio and Beil, 1990, 1991; Crawford, 1995; Broseta, 2000; Isaac, Walker e Thomas, 1984; Broseta, Fatas e Neugebauer, 2003).

In esperimenti basati su giochi di contribuzione volontaria si è potuto osservare che i partecipanti si orientano ad assegnare premi a chi investe in misura superiore alla media e a punire chi, all'opposto, contribuisce in misura inferiore alle attese. Inoltre premi e punizioni determinano un impatto significativo anche se differenziato sull'evoluzione del gioco (Fehr e Gaechter, 2000; Sefton, Shupp, e Walker, 2000; Masclet et al., 2003; Carpenter, Matthews e Okomboli, 2004). I premi inizialmente esercitano un'influenza positiva e di intensità pari alle sanzioni. Nei *round* finali del gioco, comunque, solo le sanzioni consentono di sostenere un livello di contribuzione elevato mentre i premi perdono di efficacia e determinano un esito simile a quello previsto nella teoria dei giochi (Sefton, Shupp e Walker, 2000).

Il contenimento dell'opportunismo e l'*enforcement* di pratiche cooperative attraverso sanzioni possono essere affidati a soggetti direttamente coinvolti nell'azione collettiva, ma possono prevedere anche il coinvolgimento di agenti esterni all'interazione strategica (Fehr e Gaechter, 2000, 2002). L'introduzione di una terza parte (*third-party*) a sostegno di una norma sociale si rende necessaria quando la sua violazione colpisce solo una porzione dei partecipanti oppure quando gli effetti del *free riding*, pur rilevanti a livello aggregato, appaiono così modesti sul piano individuale da non innescare contromisure sanzionatorie da parte del singolo agente (Fehr e Fischbacher, 2004). In questo senso Kosfeld e Riedl, (2004), mettono in evidenza come la *private punishment* sia soggetta a un problema di identificazione. Nei casi in cui i membri del gruppo non dispongano di informazioni dettagliate sul livello di contribuzione degli altri giocatori ma solo sui valori medi, il sanzionamento privato appare impraticabile dal momento che il defezionatore non risulta individuabile. Il ricorso a meccanismi decentrati di sanzionamento appare quindi inefficiente in contesti caratterizzati da informazione incompleta e quindi in corrispondenza di gruppi di elevata numerosità, oppure quando gli agenti sono localizzati a notevole distanza l'uno dall'altro (Kosfeld e Riedl, 2004). Ad ulteriore sostegno della non generalità dell'efficacia dei meccanismi sanzionatori decentrati Putterman e Anderson, 2003 mostrano come la propensione a punire segua la "legge della domanda": i risultati degli esperimenti effettuati segnalano infatti una diminuzione dell'orientamento a sanzionare chi contribuisce in misura inferiore alla media all'aumento del costo della punizione. Infine, come sostenuto da Bendor e Swistak, 2001, strategie sanzionatorie attuate da *second-party* non sono stabili in termini evolutivi all'interno di interazioni biunivoche ripetute.

Tra i possibili candidati alla soluzione del problema delle caratteristiche ottimali di una terza parte capace di accrescere la

cooperazione, un ruolo di particolare rilievo è affidato alle istituzioni (Schotter 1981).

Negli approcci correnti e in particolar modo nei contributi della rational choice e del neoistituzionalismo (cfr. per una rassegna, Eggertsson, 1990), l'emergere delle istituzioni è fatto dipendere dall'urgenza di contenere il conflitto distributivo. Se intese come procedure stabili e norme di condotta predefinite in ambito sociale, economico e politico, le istituzioni regolano l'interazione degli agenti e agevolano l'azione collettiva in quanto annullano, o almeno riducono, la propensione a defezionare. In tal senso, regole istituzionali (Knight 1992) strutturano le relazioni tra gli agenti attraverso l'introduzione di sanzioni per la 'noncompliance' e la segnalazione dei probabili corsi di azione dei componenti del gruppo (Shepsle e Weingast 1981, Knight 1992).

In Arrighetti e Curatolo, 2009 e 2010, si mostra però che, prima ancora che dal conflitto tra interessi concorrenti, l'agire comune è condizionato dalla difficoltà e onerosità del processo che conduce all'individuazione di un unico corso di azione che possa essere assunto dai partecipanti come 'sentiero di equilibrio' ottimale. In quest'ottica, le difficoltà all'agire comune a livello decentrato consistono, non tanto nel definire le regole del gioco ma, piuttosto, nell'individuare quale gioco è conveniente avviare, con chi è opportuno intraprenderlo nonché l'orizzonte temporale nel quale l'azione collettiva può utilmente essere attuata. Non è infatti sufficiente il coinvolgimento di attori con interessi convergenti o l'enforcement di regole comportamentali, giacché i costi informativi e organizzativi collegati al superamento del problema di coordinamento possono rappresentare un grave ostacolo al raggiungimento dell'esito cooperativo, anche tra agenti perfettamente leali (Arrighetti e Curatolo, 2010). Ne consegue che l'introduzione di agenti dotati di particolari risorse informative e/o di vantaggi in termini di costi di ricerca può svolgere un importante ruolo di attivazione dei percorsi cooperativi iniziali. La loro funzione di catalizzare le esperienze embrionali di coordinamento genera effetti diffusivi più estesi di quelli associati all'evoluzione spontanea delle interazioni tra agenti, accelera il processo di identificazione delle opportunità cooperative e lo estende anche ai contesti condizionati dalla presenza di elevati costi informativi. Agenti istituzionali catalizzatori possono dunque svolgere un ruolo di attrazione verso soluzioni di coordinamento e sono potenzialmente in grado di compensare (senza eliminarli) gli effetti dell'opportunismo.

L'interazione che gli agenti istituzionali svolgono è quindi eminentemente decentrata, del tutto simile a quella attuata dagli altri agenti del sistema. In questa ottica le istituzioni non sono solo norme e regole di condotta o gli organismi a cui è affidato la loro promulgazione (Elster 1986, March e Olsen 1989, North 1990), ma anche soggetti (individui o organizzazioni) che ottimizzano, apprendono, prosperano o muoiono come gli altri

agenti o gruppi del sistema. Così facendo, gli agenti istituzionali agevolano (o, in qualche caso, ostacolano) l'azione comune attraverso la partecipazione diretta al gioco di coordinamento dell'azione collettiva, determinando una risposta decentrata di auto-organizzazione (bottom-up).

3. Metodologia di simulazione e modello

L'analisi degli effetti del *free riding* è tradizionalmente sviluppata all'interno di giochi dilemmatici. Più recentemente si è rilevata una crescente attenzione anche nei confronti delle relazioni tra *free riding* e problemi di coordinamento in giochi di tipo *stag hunt* o coordination games (si veda Skyrms, 2003, per una rassegna). Il presente lavoro è orientato in questa stessa direzione. Viene infatti adottata una particolare formulazione dei giochi di coordinamento puro con costi informativi positivi e possibilità di defezione che rende possibile una valutazione combinata degli effetti di *free ride* sia in termini di efficienza che di rischio di *coordination failure*.

In questo ambito i modelli multi-agente, basati sulla simulazione al computer di mondi virtuali in cui numerosi agenti eterogenei interagiscono sia nella dimensione spaziale che in quella temporale, presentano numerosi vantaggi metodologici (Delli Gatti e Gallegati, 2005; Macy e Willer, 2002): da un punto di vista descrittivo, attraverso le simulazioni multi-agente il ricercatore è in grado di comprendere un'ampia gamma di caratteri distribuiti casualmente (o, all'opposto, concentrati in senso spaziale) nella popolazione virtuale oggetto di indagine, cosicché risulta possibile la descrizione di collettività anche marcatamente eterogenee. Conseguentemente, le simulazioni vanno a colmare il gap di analisi che si manifesta ogniqualvolta la descrizione per mezzo di agenti rappresentativi non sia ritenuta adeguata a dar conto della complessità socio-economica dei contesti collettivi prescelti (Gallegati e Kirman, 1999; Kirman e Zimmermann, 2001).

Nello specifico contesto dell'analisi dell'opportunismo, l'approccio delle simulazioni in modelli multi-agente si contrappone direttamente alla più diffusa metodologia presente in letteratura e fondamentalmente basata sulla Teoria dei Giochi. I modelli di simulazione, da un lato, sono in grado di replicare dettagliatamente le caratteristiche della struttura di interazione, della natura dell'informazione e delle ipotesi di razionalità sugli agenti caratteristiche di specifici modelli di Teoria dei Giochi². A differenza di quelli, però, i modelli multi-agente consentono di declinare la razionalità degli agenti attraverso meccanismi di

² Si veda Arrighetti e Curatolo, 2010.

adattamento e apprendimento più realistici rispetto alle usuali, ma spesso eroiche, ipotesi di perfetta informazione, invarianza del set informativo e induzione a ritroso tipiche della Teoria dei giochi. La differenza, inoltre, emerge ancora più chiaramente se si richiama il fatto che le simulazioni consentono di trattare molte centinaia di agenti eterogenei che interagiscono e ottimizzano le loro scelte contemporaneamente e che tale ricchezza di interazione, seppure limitata ad un contesto di interazione locale nel quale il legame con agenti molto “distanti” si manifesta prevalentemente attraverso meccanismi di feedback dall’aggregato all’individuo, sarebbe preclusa alla Teoria dei Giochi dalla intrattabilità analitica delle relazioni di equilibrio che originerebbero da una così complessa struttura causale.

Il software di simulazione impiegato in questo lavoro è costituito da un codice originale, elaborato presso il Dipartimento di Economia di Parma avvalendosi di librerie SWARM³.

Di seguito sono presentate le caratteristiche peculiari del modello di simulazione costruito per questo lavoro⁴.

3.1 Dotazioni iniziali e sequenza temporale del gioco

In questo lavoro, estendendo l’approccio già impiegato in Arrighetti e Curatolo, 2009 e 2010, si propone un gioco di coordinamento puro⁵ nel quale due o più agenti massimizzano la loro utilità identificando strategie di gioco concordanti. Generalmente nei giochi di questo tipo esistono equilibri multipli subottimali che possono essere raggiunti in assenza di *focal point* naturali e di fasi di pregioco (più o meno prolungate e/o costose). Come in Arrighetti e Curatolo, 2010, si assume qui che, a causa dell’elevata complessità dei flussi informativi tra molti giocatori eterogenei, sia da escludere l’ipotesi di gratuità della fase di pregioco. Seguendo Arrighetti e Curatolo 2009, 2010 ciascun agente è caratterizzato da una dotazione, casualmente distribuita, di caratteri iniziali (es. dimensione e skill produttivo) e da una somma monetaria che può essere

³ SWARM è, un software originariamente sviluppato al Santa Fe Institute (<http://www.santafe.edu>), destinato in modo specifico allo studio dei modelli agent-based. Esso si compone di numerose librerie di codici nei linguaggi objective-C e Java che permettono la costruzione di un’ampia varietà di modelli agent-based. Non ci soffermiamo qui sulle caratteristiche tecniche del software, per le quali il lettore interessato può trovare dettagliate descrizioni e approfondimenti in www.swarm.org. Copie dello specifico software impiegato in questo lavoro sono disponibili, a richiesta, presso gli autori.

⁴ Per le caratteristiche più generali del modello DIT si rimanda a Arrighetti e Curatolo, 2009. In particolare, nell’appendice di quel lavoro viene presentata una dettagliata descrizione tecnica della struttura di base e del funzionamento del modello DIT.

⁵ Vedi Lewis, 1969, Ochs, 1995, Holt 2007.

investita nella ricerca di informazioni sui caratteri tecnologico-produttivi e dimensionali dei suoi vicini, allo scopo di coordinare con essi la produzione congiunta di un dato bene finale e di acquisire un risultato di interesse comune.

Alla fase di ricerca dei vicini che meglio soddisfano il requisito di “partner ottimale” (quello dotato della migliore compatibilità tecnologica e dimensionale relativa per ambedue le parti), ciascun giocatore fa seguire una fase di sperimentazione della soluzione di concordanza forte (coordinamento + azione collettiva) con tale partner. Durante questa fase sperimentale emergono i costi di coordinamento propriamente detti e i vantaggi economici dell’azione collettiva. Infine ciascun agente procede alla contabilizzazione del payoff netto. Il risultato di questa valutazione chiude la sequenza tripartita (denominata *step*) che abbiamo ora delineato: se il payoff netto è positivo, gli agenti procedono allo step successivo nella forma di coordinamento forte. Se, al contrario, il payoff netto è negativo gli agenti simmetricamente regrediscono alla forma di coordinamento debole (forma di coordinamento in cui gli agenti simmetricamente ritornano all’azione isolata). La sequenza riparte, quindi, con un nuovo step fino a quando il sistema non raggiunge una stabilità dinamica durevole, qualunque sia il grado di azione collettiva che esso ha raggiunto.

3.2 Operativizzazione del modello: i costi e i benefici di coordinamento

Si assuma dunque un mondo artificiale dove molte centinaia di agenti (imprese) eterogenei, ciascuno in grado di produrre un bene differenziato tra due possibili (bene X o bene Y), interagiscono allo scopo di ottenere un payoff netto positivo di coordinamento della produzione congiunta del bene (X o Y). Il gioco di coordinamento è simulato nel modello DIT (Do It Together, cfr. Arrighetti e Curatolo 2009, 2010) attraverso una metafora nella quale si assume analogia tra soluzione strategica di concordanza forte e aggregazione tra primi vicini contigui. In altri termini i nostri agenti (o gruppi) sceglieranno, in perfetta reciprocità (o simmetria) la più conveniente tra le seguenti due azioni possibili: *a*) adottare una strategia di concordanza forte che consiste nell’aggregarsi con il vicino (sia esso individuo o gruppo); *b*) adottare strategie di concordanza debole (e quindi restare simmetricamente non aggregati). Conseguentemente, in questo come negli altri lavori⁶, useremo come sinonimi i termini *coordinamento forte* e *aggregazione* o *coalizione* per designare l’azione collettiva che è contenuta nell’azione *a*), mentre l’azione *b*) sarà variamente indicata con i termini *azione isolata*,

⁶ Arrighetti e Curatolo, 2009, 2010.

o *azione individuale*, intendendo con tali termini la scelta, reciproca, di non aggregarsi con individui e gruppi contigui. Se i giocatori optano per l'azione *b*), essi ricevono simmetricamente un payoff fisso lordo $P_i > 0$, accumulabile nel tempo. Se, al contrario, scelgono l'azione *a*) il loro payoff lordo simmetrico è $P_c > P_i$. Il valore effettivo del payoff netto ($P_c - \text{costi}$) non è noto alle parti all'atto di effettuare la fase di pregioco oneroso: esso è infatti dipendente da diverse configurazioni dei costi di coordinamento e informativi che, a loro volta, dipendono dalla distribuzione iniziale delle dotazioni, dall'evoluzione dinamica del gioco e, in ultima analisi, dall'imprevedibile evoluzione dell'ontologia rilevante per gli agenti. Nell'interazione a livello locale, pertanto, ciascun giocatore è immerso in un ambiente intrinsecamente incerto⁷. Ciò implica che la strategia ottimale, se esiste, deve emergere maggiormente dalla sperimentazione e dall'adattamento in un contesto di "trial and error", piuttosto che dall'elaborazione preventiva di un programma di pianificazione strategica. La funzione del *payoff* lordo assegnata ad ogni singolo agente o gruppo è:

$$p = y\alpha(\overline{s_i} + gN) + (1 - y)$$

dove:

y è una variabile dicotomica che vale 1 se l'impresa appartiene ad un gruppo (coordinamento forte) e 0 se è un'impresa isolata (coordinamento debole)⁸;

α è un numero reale positivo che misura la dipendenza complessiva del payoff lordo dalla somma dei due tipi di vantaggi di aggregazione, di seguito definiti: $\overline{s_i}$ è la dimensione media delle imprese che fanno parte del gruppo; g è un numero reale positivo che misura la dipendenza del *payoff* lordo (o guadagno lordo) dalla numerosità di gruppo.

La funzione di costo assegnata ad ogni impresa aggregata o isolata è:

$$C = \beta \left[c_D \overline{N_i}^{PV} - x \frac{1}{2} c_D \overline{N_i}^{PV} + y(c_O N + c_M) \right]$$

dove:

β è un numero reale positivo e rappresenta il fattore moltiplicativo dei costi;

⁷ Si veda la più dettagliata articolazione di questo punto in Arrighetti e Curatolo 2009.

⁸ Quindi, le imprese che sono nella condizione di isolate percepiscono un payoff lordo pari a 1.

c_D è il costo delle domande per ottenere le informazioni verso l'esterno che viene moltiplicato per il numero medio dei primi vicini potenziali aggregabili del gruppo \overline{N}_i^{PV} ;

x è una variabile dicotomica che vale 1 se l'individuo è un opportunisto e 0 se si tratta, invece, di un agente leale;

c_O è il costo organizzativo del gruppo che viene moltiplicato per la numerosità N del gruppo stesso;

c_M è il costo individuale di riallineamento sopportato da ciascun membro del gruppo in presenza di mutazioni discordanti.

La funzione del payoff netto Π è, quindi, la seguente:

$$\Pi = p - C$$

Il *payoff* lordo associato alla condotta collettiva è funzione della dimensione degli agenti (imprese) e della loro numerosità. Non è invece rilevante, dal punto di vista del payoff, il tipo di bene X o Y che essi producono, giacché l'azione collettiva è condizionata all'identità tecnologica, nel senso che il coordinamento forte può avvenire solo tra agenti che producono lo stesso bene (X o Y).

3.3 Pregioco

Nel pregioco oneroso (*expensive talk*), la ricerca e successivamente il mantenimento dell'azione collettiva implicano il sostegno di due diversi tipi di costo con effetti differenziati sul *payoff*:

1) I costi informativi (di ricerca e selezione) della soluzione di coordinamento forte (c_D) sono costi necessari all'esplorazione delle condizioni di aggregazione a livello locale (nei limiti delle imprese contigue). Tale onere impatta sia su imprese individuali "isolate" (coloro che non fanno parte di alcuna aggregazione), sia su soggetti "aggregati"⁹.

2) I costi organizzativi (di gestione del coordinamento) (c_O) sono costi necessari alla conservazione dell'azione collettiva necessaria per il coordinamento forte. Le imprese, infatti, al fine di realizzare collettivamente il bene, hanno necessità di una struttura organizzativa e comunicativa interna il cui mantenimento presuppone di sostenere tali costi.

Il problema del coordinamento in un simile scenario identifica un gioco di coordinamento puro dominato dal *payoff*. I soggetti hanno comune interesse verso la condotta di coordinamento forte in quanto tale soluzione rappresenta l'equilibrio di *payoff dominance*. La presenza di costi di coordinamento è centrale perché può determinare il fallimento dell'aggregazione e

⁹ Le imprese che sono nella condizione di isolate, come anticipato, sostengono esclusivamente i costi di selezione con l'ulteriore condizione di sopravvivenza: $c_D N_{\max}^{PV} = 8 c_D < 1$.

conseguentemente rappresentare un ostacolo al raggiungimento dell'equilibrio focale.

Caratteristica peculiare di questo modello è il fatto che anche i costi di ricerca pregioco c_D (l'*expensive talk*) possono determinare il fallimento dell'azione collettiva se, a parità di costi organizzativi, il gruppo si trova a sopportare costi di ricerca tali da rendere negativo il *payoff* netto. In tal senso l'*expensive talk* è ambivalente: da un lato rappresenta un investimento di pre-gioco utile a selezionare le migliori condizioni potenziali o, comunque, quelle minime indispensabili al fine di rendere possibile il coordinamento forte. D'altro risulta essere una azione onerosa ripetuta nel corso dell'evoluzione del gioco e che quindi, come tale, può influire negativamente sul processo di mantenimento del coordinamento.

Nel caso di fallimento del coordinamento forte (aggregazione avviata ma non mantenuta stabilmente) gli agenti sostengono costi di uscita positivi che li pongono nella condizione di non poter essere selezionati come agenti aggregabili almeno fino al momento in cui non presentano nuovamente un *payoff* da azione isolata positivo. Si tratta di una *penalty* temporanea cui l'agente si sottrae, dopo alcuni periodi, grazie alla condizione di sopravvivenza degli isolati, sopra descritta.

3.4 Mutazione

Gli agenti (imprese) del modello DIT, con il trascorrere del tempo, non sono statici ma evolvono in termini dei beni che essi sono in grado di produrre. Questa assunzione può essere esemplificata considerando lo spostamento dei soggetti verso alcune specializzazioni produttive, l'abbandono di determinate competenze prima centrali, l'esplorazione di possibilità produttive in settori produttivi contigui, ecc. In altri termini le imprese possono gradualmente vedere modificata la loro specializzazione produttiva (bene X o Y) e, se un'impresa individuale produce X, essa può, più o meno lentamente, riconvertire la propria attrezzatura produttiva alla produzione di Y e viceversa. La velocità del processo può essere decisa dallo sperimentatore mentre la distribuzione di tale mutazione, tra gli agenti e ad ogni step del processo evolutivo, è casuale.

E' realistico ritenere che gli individui-imprese continuino a mutare anche nel corso dell'azione di produzione collettiva ma, per garantire l'unitarietà e identità tecnologica del gruppo, è necessario ipotizzare che, in presenza di mutazioni discordanti (tali, cioè, da mettere a rischio l'identità tecnologico-organizzativa del gruppo), tutti i membri del gruppo sostengano solidalmente costi di riallineamento tecnologico-organizzativo.

Nel caso in cui nessuno dei soggetti muti o nel caso in cui tutti si muovano verso la stessa direzione (mutazioni nulle o concordanti) il costo di adeguamento non viene sopportato dal gruppo e non incide quindi sulla condotta cooperativa. Tuttavia maggiore è il numero dei membri più è probabile che gli agenti si muovano verso direzioni discordanti. In questo caso è

sufficiente che uno o più soggetti si muovano in maniera discordante perché il gruppo debba sostenere costi di riallineamento, divisi equamente tra tutti i partecipanti all'azione collettiva. Tra i costi di mantenimento dell'azione collettiva (o coordinamento forte) si deve dunque aggiungere il costo sostenuto dagli agenti per il re-allineamento delle condotte individuali a fronte di mutazione.

3.5 Apprendimento

L'apprendimento è, in termini generali, la funzionalità con la quale il sistema e gli agenti del sistema fronteggiano l'eterogeneità e quindi rappresenta la funzionalità di adattamento (degli agenti e del sistema) alla variabilità ambientale rappresentata, come si è visto, dalla mutazione e dalla imprevedibilità a priori delle condizioni di aggregazione a livello locale. In altri termini, in presenza di incertezza gli agenti e i gruppi di agenti cercano di costruire routine comportamentali che ottimizzino il processo e l'esito del coordinamento, in ciò impiegando una dotazione finita di risorse¹⁰.

L'apprendimento, nel DIT, si suddivide in due funzionalità, entrambe presenti per ciascun agente ma che manifestano i loro effetti in diverse condizioni¹¹: 1) *la funzionalità etero-imitativa*, attuando la quale ciascun agente o gruppo cerca di ottimizzare il coordinamento in base ai migliori risultati di coordinamento forte ottenuti dall'intero sistema. Questa forma di apprendimento viene sostenuta da un' apposita risorsa monetaria dedicata (o budget). Quando tale budget si esaurisce senza che l'agente abbia raggiunto una configurazione stabilmente

¹⁰ E' importante premettere che gli agenti, attraverso l'apprendimento, non possono determinare il loro corso di azione ottimale, se non per caso. Si è infatti mostrato in altri lavori (Arrighetti e Curatolo, 2009, 2010) come gli agenti del DIT siano immersi in un particolare contesto di incertezza strategica radicale: l'incertezza ontologica. Con incertezza ontologica o fondamentale indichiamo l'impossibilità di conoscere le entità, rilevanti per le future scelte, che ancora non esistono e che si manifesteranno soltanto in conseguenza delle proprie ed altrui scelte effettive (Lane e Maxfield, 2004; Dequech, 2004). Tale forma di incertezza è radicale per definizione e quindi irriducibile nella sfera cognitiva degli agenti. Tuttavia l'apprendimento induce gli agenti ad agire cosicchè essi, in un certo senso, riescono effettivamente a depotenziare gli effetti dell'incertezza, riducendo ad una sola manifestazione effettiva tutte le innumerevoli ontologie possibili nel sistema.

¹¹ La letteratura sull'apprendimento, soprattutto nel campo dei giochi evolutivi, è assai ampia (cfr. per esempio Blume e Easley, 1993 ; Fudenberg e Kreps, 1993; Ellison e Fudenberg, 1993; Levine e Pesendorfer, 2002 ; Vriend, 1996, 2000). In tale letteratura viene spesso sottolineata l'importanza della differenza tra apprendimento individuale e collettivo. Per un'interessante analisi dell'apprendimento nel caso di modelli multi-agente con incertezza, vedere Garland e Alterman, 1998. Raramente, comunque, vengono considerati i problemi relativi ai costi di apprendimento (fanno eccezione Sugawara e Lesser, 1998). Nel modello DIT si propone una compresenza dei due tipi di apprendimento (individuale/collettivo) ed il passaggio dall'uno all'altro è determinato proprio dalla limitatezza delle risorse di ricerca e dai costi di ricerca positivi.

aggregata, l'apprendimento si modifica trasformandosi nella seguente: 2) *funzionalità auto-imitativa*, innescata dal fallimento del coordinamento forte etero-imitativo, attuando la quale ogni agente o gruppo cerca di ottimizzare la ricerca di soluzioni di coordinamento in base alle sue migliori esperienze precedenti; se anche questa forma di apprendimento non conduce ad un'aggregazione stabile, l'agente resta permanentemente isolato. L'apprendimento, come si è accennato, è una componente fondamentale della dinamica del modello: gli agenti, sostenuti dal budget iniziale, cercano di replicare le dimensioni dell'aggregazione massima in termini dimensionali e che hanno mostrato, nel mondo artificiale, il carattere di stabilità, definita come condizione di aggregazione con dimensioni costanti per almeno tre periodi (step). Le dimensioni del gruppo di maggior successo in ogni dato periodo della simulazione (se tale gruppo esiste) rappresentano una sorta di best practice del sistema e sono indicate con la variabile N_{BP} . I fallimenti che gli agenti affrontano nel perseguire tale obiettivo etero-imitativo esauriscono gradualmente il loro budget monetario, fino al punto che, se i loro tentativi di aggregazione massima e stabile sono stati molto negativi ed in presenza dell'esaurimento del budget, gli agenti sono costretti a recedere ad un atteggiamento più prudente e conservativo che consiste nel tentare di replicare almeno le loro stesse aggregazioni stabili sperimentate nel passato. Se anche questo secondo obiettivo auto-imitativo fallisce, gli agenti si rassegnano a rinunciare all'azione collettiva di produzione e permangono definitivamente nella condizione di azione isolata (coordinamento debole)¹².

3.6 Opportunismo

Nella versione del modello DIT già esaminata in precedenti lavori (Arrighetti e Curatolo, 2009, 2010), gli agenti eterogenei che interagiscono allo scopo di ottenere un payoff positivo di aggregazione non possono abbandonare il loro gruppo, una volta che esso si sia formato, per cooperare con altri soggetti o per regredire all'azione individuale. I costi di ricerca c_D , in tal senso, sono esclusivamente destinati all'espansione o al mantenimento dell'azione collettiva in essere (attraverso la ricerca, costosa, di nuove possibilità di aggregazione). Allo stesso tempo, i costi e i benefici dei partecipanti al gruppo sono egualmente distribuiti tra gli appartenenti al gruppo. L'azione collettiva viene meno se e solo se il gruppo, e conseguentemente tutti i partecipanti all'azione collettiva, realizzano in una data fase evolutiva un

¹² In altre parole, una sequenza di ripetuti insuccessi porta l'agente ad apprendere che non solo non è economicamente possibile emulare le *best practice* emerse e consolidatesi nel sistema, ma anche che egli non è in grado nemmeno di replicare i migliori risultati del passato e che quindi, date le mutate circostanze, deve rinunciare all'azione collettiva per l'impossibilità di trovare validi candidati con i quali cooperare.

payoff negativo. Tale eventualità corrisponde al caso in cui i costi complessivi di ricerca e mantenimento del gruppo sono tali da più che controbilanciare il rendimento dell'aggregazione. In questo senso si è detto che gli agenti del modello DIT sono caratterizzati da *perfetta lealtà* (o assenza di opportunismo). Un'implicazione dell'ipotesi di perfetta lealtà consiste nel fatto che essa rende superflue le istituzioni regolative (dedicate al contenimento dell'opportunismo). D'altra parte, come già accennato nella sezione introduttiva, la perfetta lealtà degli agenti non attenua la minaccia che i costi di coordinamento esercitano sull'esito dell'azione collettiva e quindi non indebolisce il ruolo dell'azione istituzionale nella risoluzione dei problemi di coordinamento. L'azione istituzionale ha quindi un significato che prescinde dall'esistenza di opportunismo.

Nel presente lavoro l'ipotesi di perfetta lealtà degli agenti viene rimossa, per una quota degli agenti¹³, allo scopo di rendere più realistico e generale il modello. Si supporrà infatti che una quota degli agenti si sottragga all'onere di sostenere parte dei costi di ricerca c_D , sfruttando quindi, almeno in parte, le potenzialità di aggregazione garantite dall'ambiente circostante ma senza contribuire pienamente, dal punto di vista economico, alla ricerca di soluzioni di coordinamento forte.

3.7 Meccanismi di contenimento degli effetti dell'opportunismo

L'analisi dei meccanismi di contenimento degli effetti dell'opportunismo verrà svolta a parità di mezzi finanziari impiegati per rendere comparabili le diverse alternative. In tal senso si considererà il mondo artificiale come un sistema chiuso nel quale le risorse finanziarie necessarie all'attivazione dei meccanismi devono essere interamente reperite all'interno del sistema, attraverso la tassazione. A tal proposito si supporrà che il carico fiscale sia equidistribuito tra gli agenti attraverso un'accisa che va a gravare sulla dimensione dei costi di ricerca c_D . Questa scelta rende maggiormente realistica la simulazione giacché gli agenti opportunisti, attraverso la riduzione dell'investimento in costi di ricerca, fanno interamente gravare sugli agenti leali non solo l'onere della ricerca di azioni collettive, ma anche il maggior costo collettivo dovuto al finanziamento degli strumenti finalizzati al ridimensionamento dell'opportunismo.

Sono individuati tre meccanismi di contrasto dell'opportunismo:

¹³ Il numero di agenti opportunisti in questo lavoro è pari ad 1/8 del totale degli agenti. Si è scelta tale rapporto immaginando che il fenomeno dell'opportunismo, seppure minoritario nel mondo artificiale, sia presente, in media, in ciascuno dei contesti di interazione locale dei soggetti: ciascun agente ha quindi 8 primi vicini contigui dei quali uno (in media) adotta comportamenti opportunistici. La distribuzione casuale del carattere opportunismo, comunque, determina il fatto che in determinati ambienti l'opportunismo risulterà maggiormente presente, mentre in altri esso sarà del tutto assente.

I) *Regolazione perfetta* - In questo schema si prevede l'introduzione di un sistema di monitoraggio delle condotte individuali in grado di identificare i defezionatori. Il meccanismo è oneroso per la totalità degli agenti (pari all'intero vantaggio di costo appropriato dagli agenti opportunisti). ma è in grado di imporre al free rider una condotta uniforme a quella degli agenti leali;

II) *Premi di coordinamento* - Questo secondo schema si basa su un sistema di incentivazione tendente a premiare il raggiungimento del risultato di coordinamento forte. La strategia perseguita è finalizzata a controbilanciare gli effetti negativi del defezionamento agendo non tanto sulla deterrenza perfetta dell'opportunismo (come nel caso precedentemente descritto), ma accrescendo il vantaggio derivante dal conseguimento del risultato cooperativo. Il vantaggio di aggregazione distribuito come premio è pari al costo individuale di attivazione del meccanismo di regolazione perfetta;

III) *Agenti catalizzatori* - Quest'ultimo schema prevede l'introduzione di soggetti istituzionali simili agli altri componenti del sistema, ma che sono agevolati nella ricerca di soluzioni di coordinamento forte decentrato in quanto non devono sostenere costi di ricerca e sono orientati alla massima dimensione di aggregazione possibile nel sistema, indipendentemente dai risultati di apprendimento che emergono nel corso della dinamica delle interazioni. Il numero di agenti istituzionali finanziabili è determinato in funzione dell'ammontare delle risorse utilizzato nell'attivazione dei precedenti meccanismi. Carattere saliente degli agenti istituzionali è quello di essere maggiormente propensi alla sperimentazione di soluzioni di azione collettiva rispetto alla media degli agenti del sistema (che continua ad essere condizionato dalla presenza di opportunismo).

Nella tabella 1 viene riassunta l'intera strategia di simulazione con le relative parametrizzazioni iniziali del mondo artificiale¹⁴.

¹⁴ La parametrizzazione di partenza dei costi informativi c_D (parametrizzazione base o benchmark), relativa ad un mondo artificiale con soli agenti leali, è stata a sua volta identificata sperimentalmente come la parametrizzazione che determina una sostanziale equivalenza, nelle fasi iniziali del gioco, tra vantaggi di azione congiunta e costi di coordinamento (in senso lato, includendo sia i costi di ricerca che quelli di mantenimento dell'azione collettiva a fronte dell'incremento delle dimensioni organizzative e del progressivo manifestarsi di eterogeneità all'interno dei gruppi; cfr. Arrighetti e Curatolo, 2009 e 2010). Le altre parametrizzazioni costanti del modello sono le seguenti: $\alpha=0,1385$; $\beta=1$; $g=0,722$; $c_o=0,1$. Inoltre $\Pi_{isolato} \gg 0 \quad \forall c_D$.

Tab. 1 Parametri delle simulazioni

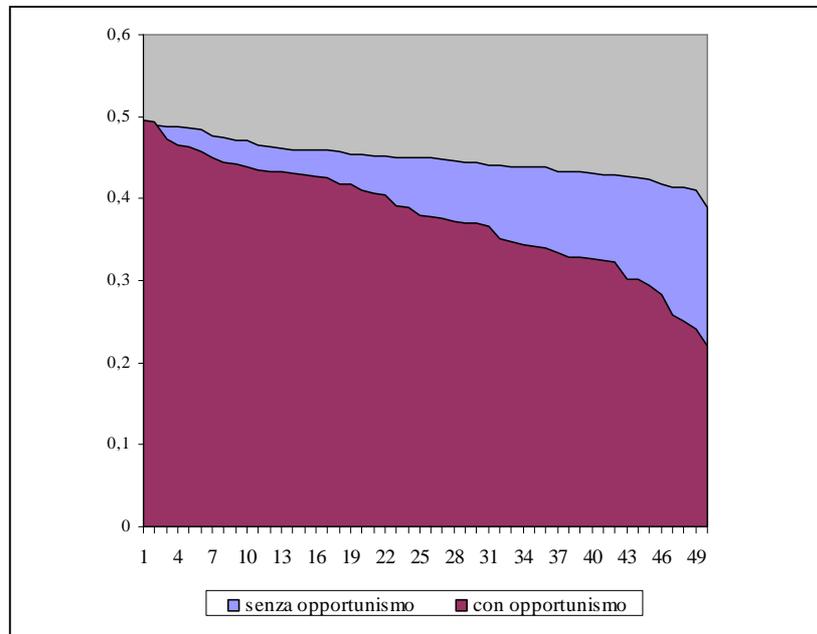
<i>Set di simulazione</i>	<i>n. simulazioni</i>	c_M	c_D	<i>n. opport.</i>	<i>n. istit.</i>	<i>budget</i>	N_{BP} <i>Istit.</i>	<i>Premio</i>
A: Senza opportunismo	50	0,001	0,1078	0	0	10	0	0
B: Con Opportunismo	50	0,001	0,1078	200	0	10	0	0
C: Regolazione	50	0,001	0,1145	0	0	10	0	0
D: Premio	50	0,001	0,1145	200	0	10	0	0,0539
E: Istituzioni	50	0,001	0,1145	200	100	10	1600	0
F: Mix regolazione + istituzioni	50	0,001	0,1212	0	100	10	1600	0
G: Mix Premio + Istituzioni	50	0,001	0,1212	200	100	10	1600	0,0539
H: Mix Regolazione + premio	50	0,001	0,1212	0	0	10	0	0,0539

4. Risultati delle simulazioni: l'impatto dell'opportunismo

Il primo set di simulazioni è finalizzato alla verifica dell'impatto dell'opportunismo sul coordination failure e si basa sul confronto tra i risultati del mondo artificiale in presenza o in assenza di agenti opportunisti.. Come emerge dal grafico 1, l'opportunismo riduce marcatamente le potenzialità di azione collettiva del sistema: in presenza di defezione la percentuale degli agenti aggregati stabilmente alla fine di ciascuna simulazione¹⁵ appare nettamente inferiore a quella raggiunta nel contesto di perfetta lealtà.

¹⁵ Non si tratta di un termine temporale all'evoluzione del sistema né di una forma di equilibrio-quiete ma, come nei precedenti lavori, si tratta della situazione di equilibrio meta-stabile nel quale le azioni di ciascun agente sono stabilmente controbilanciate dall'interazione con le azioni degli altri. L'orizzonte temporale nel quale il sistema raggiunge questa situazione di meta-stabilità è variabile da una simulazione all'altra.

Grafico 1: Ordinamento delle simulazioni in riferimento alla percentuale di aggregazione con e senza opportunismo



Questo risultato, largamente atteso, deriva dal fatto che gli agenti opportunisti “sfruttano” le potenzialità di azione collettiva del sistema contribuendo solo parzialmente a sostenere i necessari costi di ricerca delle soluzioni cooperative. Il vantaggio privato che gli opportunisti conseguono attraverso tale condotta di *exploitation* è più che controbilanciato dallo svantaggio in termini di feedback aggregato che gli opportunisti (insieme con tutti gli altri agenti leali) determinano sul sistema: quest’ultimo, infatti, raggiunge risultati peggiori in termini di opportunità di coordinamento forte proprio a causa del mancato investimento in ricerca da parte degli opportunisti.

Meno intuitiva è l’evidenza di una incisività decrescente dell’opportunismo al crescere dell’azione collettiva: in altri termini si osserva che il danno derivante dalla presenza di agenti opportunisti è maggiore nelle simulazioni nelle quali il sistema ha conseguito risultati modesti in termini di azione collettiva (lato destro del grafico). Al contrario, se il sistema è in grado di ottenere un elevato grado di coordinamento forte, l’effetto dell’opportunismo appare meno significativo (lato sinistro del grafico). La spiegazione di questa circostanza risiede nel fatto che, in presenza di un basso grado di coordinamento dell’azione collettiva, sono modesti anche i vantaggi di aggregazione medi sperimentati dagli agenti. Nel caso opposto, il sistema è in grado di raggiungere un più elevato grado di coordinamento forte: le opportunità di sfruttamento opportunistico sono dunque elevate ma, nel contempo, il sistema è dotato di una spinta aggregativa

sua propria che non viene danneggiata, se non marginalmente, dalla presenza di agenti opportunisti. L'opportunismo appare quindi più dannoso nelle situazioni in cui i sistemi presentano una relativa povertà di azione collettiva, rispetto ai contesti nei quali il coordinamento di azioni produttive congiunte è più frequente e diffuso.

Le tre tabelle seguenti (Tab. 2a, 2b e 2c) presentano l'analisi statistica del confronto tra simulazioni attuate senza opportunismo e simulazioni effettuate in presenza di agenti opportunisti: nella prima tabella si mostrano le misure della tendenza centrale e della variabilità delle distribuzioni delle simulazioni per la variabile che esprime la percentuale di aggregati in stabilità:

Tab. 2a: Tendenza centrale e variabilità della percentuale di aggregati stabili (Opportunismo Vs. Non opportunismo)

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Deviaz. std.</i>	<i>Errore std.</i>	<i>Intervallo di confidenza 95% per la media</i>		<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
					<i>Limite inferiore</i>	<i>Limite superiore</i>		
<i>Senza opport.</i>	50	,449	,0228	,0032	,443	,456	,390	,494
<i>Con opport.</i>	50	,379	,0676	,0096	,359	,398	,219	,496
<i>Totale</i>	100	,414	,0614	,0061	,402	,426	,219	,496

Tab. 2b: ANOVA univariata (Opportunismo Vs. Non opportunismo)

	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>Df</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Fra gruppi</i>	,124	1	,124	48,849	,000
<i>Entro gruppi</i>	,249	98	,003		
<i>Totale</i>	,374	99			

Tab. 2c: Test robusti per l'uguaglianza delle medie (Opportunismo Vs. Non opportunismo)

	<i>Statistica(a)</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
<i>Welch</i>	48,849	1	60,046	,000
<i>Brown-Forsythe</i>	48,849	1	60,046	,000

a Distribuito a F asintoticamente

Come si vede, la percentuale di aggregazione è mediamente del 44,9% degli agenti in assenza di opportunismo ed essa scende di quasi il 16% (al 37,8%) in presenza di agenti opportunisti. L'analisi della varianza univariata e i test per l'uguaglianza delle medie assicurano che le due distribuzioni (simulazioni con e senza opportunisti) sono significativamente diverse tra loro.

5. Risultati delle simulazioni: efficacia dei meccanismi di contenimento degli effetti dell'opportunismo

L'efficacia assoluta e relativa degli strumenti esaminati è molto variabile. Il ricorso a meccanismi di Regolazione perfetta determina una percentuale di aggregati stabili del 31,3% (vedi Tabb 3a, 3b e 3c). Tale percentuale si riduce marcatamente se invece si considera il meccanismo basato su premi-incentivi decentrati: l'aggregazione stabile si riduce al 16,9% del totale degli agenti del sistema. Gli incentivi decentrati all'aggregazione producono quindi risultati aggregati marcatamente inferiori rispetto a quelli che si ottengono attraverso strumenti di regolazione.

Presi congiuntamente, comunque, i due meccanismi delineano uno scenario nel quale la cura sembra più dannosa del male: infatti, dal confronto tra la tabella 3a e i risultati del paragrafo 4 precedente, emerge che l'introduzione di Regolazione perfetta e di Premi di coordinamento generano effetti più negativi dello stesso opportunismo che si propongono di rimuovere (Regolazione) o neutralizzare (Premio-incentivo).

Tab. 3a: Tendenza centrale e variabilità della percentuale di aggregati (Regolazione Vs. Premio)

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Deviaz. std.</i>	<i>Errore std.</i>	<i>Intervallo di confidenza 95% per la media</i>		<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
					<i>Limite inferiore</i>	<i>Limite superiore</i>		
<i>Regolazione</i>	50	,313	,0417	,0059	,301	,324	,227	,378
<i>Premio</i>	50	,170	,0426	,0060	,157	,182	,078	,265
<i>Totale</i>	100	,241	,0832	,0083	,225	,258	,078	,378

Tab. 3b: ANOVA univariata (Regolazione Vs. Premio)

	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>df</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Fra gruppi</i>	,511	1	,511	287,827	,000
<i>Entro gruppi</i>	,174	98	,002		
<i>Totale</i>	,685	99			

Tab. 3c: Test robusti per l'uguaglianza delle medie (Regolazione Vs. Premio)

	<i>Statistica(a)</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
<i>Welch</i>	287,827	1	97,960	,000
<i>Brown-Forsythe</i>	287,827	1	97,960	,000

a Distribuito a F asintoticamente

L'interpretazione dei risultati è riconducibile agli aspetti strutturali del fallimento del coordinamento. Come si è visto, il danno prodotto dall'*exploitation* opportunistica colpisce prevalentemente i sistemi nei quali l'azione collettiva è meno dinamica. Dal punto di vista dell'interazione locale questo significa che gli opportunisti danneggiano prevalentemente i

contesti locali meno avvantaggiati in termini di opportunità di coordinamento, mentre incidono poco sull'azione collettiva degli altri agenti. Il meccanismo di regolazione determina nei fatti una redistribuzione avversa dell'onere dell'opportunità dai contesti meno auto-propulsivi a quelli più dinamici ed autosufficienti e l'aumento dei costi individuali necessari a finanziare il meccanismo di regolazione finisce per limitare le potenzialità autopropulsive dell'intero sistema.

Nel caso invece dei programmi di incentivazione (premio di aggregazione) si evidenzia, oltre al meccanismo di redistribuzione avversa ora citato, anche la natura dinamica dei costi di coordinamento: l'aggravio di costo sostenuto per l'implementazione del meccanismo agisce anche sulle opportunità di azione collettiva delle imprese più virtuose, mentre gli opportunisti continuano ad esercitare il loro effetto negativo sui contesti locali meno dinamici. Il beneficio dato dai premi di aggregazione non è quindi in grado di esercitare appieno la sua funzione di stimolo dell'azione collettiva perché tale premio viene conseguito soltanto successivamente, quando la produzione congiunta ha effettivamente luogo

Le simulazioni relative al meccanismo degli Agenti catalizzatori evidenziano risultati nettamente diversi in termini di efficacia relativa e assoluta (vedi 4a, 4b e 4c). Nel confronto con il meccanismo di Regolazione perfetta¹⁶ emerge una significativa superiorità del primo meccanismo rispetto al secondo: la percentuale media di aggregati stabili è infatti del 39,5% (con un miglioramento di oltre il 26% rispetto al risultato ottenuto, in media, dalla politica di Regolazione). Inoltre il meccanismo basato su agenti istituzionali produce, mediamente, un grado di cooperazione e di coordinamento maggiore di quello ottenuto dal sistema ove l'exploitation opportunistica avviene in assenza di strumenti correttivi (37,8%). Questo implica che il meccanismo basato su agenti istituzionali è in grado di migliorare il processo di ricerca e mantenimento dell'azione collettiva in presenza di opportunismo soprattutto fungendo da traino in quei contesti locali ove l'azione collettiva appare meno diffusa e meno dinamica. Infine, l'onere aggiuntivo che, per gli agenti, deriva dalla necessità di sostenere finanziariamente il meccanismo è più che controbilanciato dal vantaggio in termini di promozione dell'azione collettiva.

¹⁶ Risultando superiore alla politica di Regolazione, la politica basata su agenti istituzionali risulta, *a fortiori*, superiore alla politica basata su premi di aggregazione. Tale transitività della relazione è stata comunque sottoposta a test statistico che, per brevità, omettiamo.

Tab. 4a: Tendenza centrale e variabilità della percentuale di aggregati (Regolazione Vs. Istituzioni)

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Deviaz. std.</i>	<i>Errore std.</i>	<i>Intervallo di confidenza 95% per la media</i>		<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
					<i>Limite inferiore</i>	<i>Limite superiore</i>		
<i>Regolazione</i>	50	,313	,0417	,0059	,301	,324	,227	,378
<i>Istituzioni</i>	50	,395	,0643	,0091	,376	,413	,256	,568
<i>Totale</i>	100	,354	,0679	,0068	,340	,367	,227	,568

Tab. 4b: ANOVA univariata (Regolazione Vs. Istituzioni)

	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>Df</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Fra gruppi</i>	,169	1	,169	57,413	,000
<i>Entro gruppi</i>	,288	98	,003		
<i>Totale</i>	,456	99			

Tab. 4c: Test robusti per l'uguaglianza delle medie (Regolazione Vs. Istituzioni)

	<i>Statistica(a)</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
<i>Welch</i>	57,413	1	84,060	,000
<i>Brown-Forsythe</i>	57,413	1	84,060	,000

a Distribuito a F asintoticamente

5.3 Mechanisms mix

Come è stato osservato i meccanismi esaminati agiscono in fasi temporali difformi e su diversi componenti della struttura dei compensi. E' quindi ipotizzabile che il ricorso simultaneo ai diversi strumenti possa generare effetti sinergici, positivi o negativi¹⁷. E' in effetti ciò che emerge da dall'analisi dei risultati delle simulazioni di mechanisms mix.

La prima combinazione sottoposta a verifica è stata quella che unisce uno schema di Regolazione perfetta e con quello di Agenti catalizzatori. I risultati di tale mix di strumenti sono stati confrontati con un'altra combinazione: quella tra Agenti Catalizzatori e Premi-incentivazione (vedi Tabb. 5a, 5b e 5c).

¹⁷ Si sottolinea che, a fronte dell'eventuale effetto di sinergia tra le politiche, c'è la maggiore costosità che, per il sistema economico, deriva dalla necessità di finanziare politiche di diversa natura cosicché un eventuale effetto combinato di tipo virtuoso deve essere tale da più che controbilanciare il maggiore costo associato alla combinazione di più politiche.

**Tab. 5a: Tendenza centrale e variabilità della percentuale di aggregati
(Mix Regolazione+Istituzioni Vs. Mix Istituzioni+Premio)**

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Deviaz. std.</i>	<i>Errore std.</i>	<i>Intervallo di confidenza 95% per la media</i>		<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
					<i>Limite inferiore</i>	<i>Limite superiore</i>		
<i>Regolazione +istituzioni</i>	50	,553	,1023	,0145	,524	,582	,237	,720
<i>Istituzioni +premio</i>	50	,266	,0685	,0097	,246	,285	,150	,413
<i>Totale</i>	100	,409	,1681	,0168	,376	,443	,150	,720

Tab. 5b: ANOVA univariata (Mix Regolazione+Istituzioni Vs. Mix Istituzioni+Premio)

	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>Df</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Fra gruppi</i>	2,055	1	2,055	271,095	,000
<i>Entro gruppi</i>	,743	98	,008		
<i>Totale</i>	2,798	99			

Tab. 5c: Test robusti per l'uguaglianza delle medie (Mix Regolazione+Istituzioni Vs. Mix Istituzioni+Premio)

	<i>Statistica(a)</i>	<i>Df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
<i>Welch</i>	271,095	1	85,587	,000
<i>Brown-Forsythe</i>	271,095	1	85,587	,000

a Distribuito a F asintoticamente

L'efficacia del mix Istituzioni + Regolazione risulta nettamente più elevato rispetto a quello Istituzioni + Premio. Non soltanto il primo mix di strumenti è superiore, in termini di percentuale media di coordinamento forte stabile, di quasi 30 punti percentuali (55,3% contro 26,6%) rispetto al secondo, ma il confronto mostra anche che il mix Istituzioni + Premio consegue un grado di coordinamento sistemico marcatamente inferiore a quello di ciascuna delle altre due politiche singole (Agenti attrattori e Regolazione) esaminate precedentemente. Il meccanismo di incentivazione basato su premi al coordinamento sembra perciò caratterizzato da effetti sinergici negativi, quando combinato con altri strumenti. L'ipotesi risulta ulteriormente confermata sulla base delle evidenze contenute nelle Tabb. 6a, 6b e 6c, ove lo schema Premio-incentivazione viene associato a quello di Regolazione perfetta.

**Tab. 6a: Tendenza centrale e variabilità della percentuale di aggregati
(Mix Regolazione+Istituzioni Vs. Mix Regolazione+Premio)**

	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Deviaz. std.</i>	<i>Errore std.</i>	<i>Intervallo di confidenza 95% per la media</i>		<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
					<i>Limite inferiore</i>	<i>Limite superiore</i>		
<i>Regolazione + istituzioni</i>	50	,553	,1023	,0145	,524	,582	,237	,720
<i>Regolazione + premio</i>	50	,112	,0230	,0033	,106	,119	,093	,180
<i>Totale</i>	100	,332	,2337	,0233	,286	,379	,093	,720

Tab. 6b: ANOVA univariata (Mix Regolazione+Istituzioni Vs. Mix Regolazione+Premio)

	<i>Somma dei quadrati</i>	<i>df</i>	<i>Media dei quadrati</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
<i>Fra gruppi</i>	4,848	1	4,848	881,673	,000
<i>Entro gruppi</i>	,539	98	,005		
<i>Totale</i>	5,387	99			

**Tab. 6c: Test robusti per l'uguaglianza delle medie
(Mix Regolazione+Istituzioni Vs. Mix Regolazione+Premio)**

	<i>Statistica(a)</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
<i>Welch</i>	881,673	1	53,934	,000
<i>Brown-Forsythe</i>	881,673	1	53,934	,000

a Distribuito a F asintoticamente

Al contrario, la politica basata su agenti istituzionali, se associata ad una politica di regolazione, torna ad esercitare un genuino e marcato effetto propulsivo sul grado di azione collettiva del sistema. Questo risultato è evidente se si confronta l'effetto del mix Istituzioni + Regolazione con quello che si ottiene in assenza di opportunismo (55,26% contro il 44,91% di agenti nello stato di coordinamento forte). In sintesi, il mix che associa l'azione di agenti istituzionali con un schema regolativo è in grado di sanzionare efficacemente l'opportunismo, soprattutto nei contesti meno dinamici, senza che tale meccanismo regolativo vada a danneggiare, attraverso feedback di redistribuzione avversa, la spinta auto-propulsiva di quegli agenti che devono trainare, con le loro best practice, la ricerca di soluzioni di coordinamento forte a livello di sistema.

6. Conclusioni

Il lavoro ha permesso di evidenziare alcune proprietà emergenti nel sistema economico simulato in presenza di comportamenti defezionatori: l'opportunismo mediamente danneggia le

potenzialità del sistema di raggiungere una soluzione di ampia cooperazione con effetti particolarmente concentrati nei contesti locali meno dotati di risorse o di vantaggi derivanti dal coordinamento. In altri termini, quando l'incentivo auto-organizzato alla cooperazione è più debole, lo sfruttamento opportunistico fa mancare al sistema nel suo complesso rilevanti risorse in termini di aggregazione. Risulta inoltre confermato che, come evidenziato in Arrighetti e Curatolo, 2009 e 2010, l'esistenza di vantaggi individuali nell'ottenimento della soluzione cooperativa non è condizione sufficiente ad evitare il rischio di coordination failure: in presenza di incertezza ontologica (o fondamentale), l'importanza dei costi di coordinamento può determinare il fallimento dell'azione collettiva, anche se gli agenti apprendono dall'ambiente e dalla loro storia personale quale sia la condotta più vantaggiosa da seguire.

Altre proprietà paiono emergere al variare degli strumenti posti in essere per fronteggiare il problema dell'opportunismo. In particolare si osserva che meccanismi regolativi per la deterrenza dell'opportunismo determinano l'emergere di fenomeni di redistribuzione avversa: infatti, i contesti locali che presentano una minore cooperazione, in equilibrio auto-organizzato, sono efficacemente tutelati dall'exploitation opportunistica ma a danno dei contesti più virtuosi, sui quali l'opportunismo avrebbe un effetto limitato e che appaiono seriamente danneggiati dai maggiori costi di finanziamento degli strumenti regolativi.

I meccanismi premiali ottengono risultati inferiori rispetto a quelli regolativi (cfr. Hall, 2005; Camerer e Hogarth, 1999; Verdier, 2004): non sono infatti sufficienti a contrastare l'effetto dell'opportunismo nei contesti locali meno dinamici e nel contempo non sono in grado di estendere, in termini numerici e dimensionali, le esperienze di coordinamento nei contesti più favorevoli

Soltanto il meccanismo di Agenti catalizzatori risulta in grado di controbilanciare gli effetti negativi dell'opportunismo e di produrre un rendimento positivo dell'investimento destinato al contenimento della defezione.

Un interessante effetto di non linearità si manifesta quando analizziamo le possibili sinergie tra i diversi meccanismi. I mix tra strumenti premiali e altri meccanismi mostrano una sinergia negativa: l'effetto netto è quello di ridurre le potenzialità di cooperazione del sistema. Il meccanismo basato su agenti istituzionali associato a regolazione, nonostante gli accresciuti costi, mostra invece un elevato effetto sinergico di stimolo sul grado di azione collettiva del sistema.

Bibliografia

Arrighetti, A. e S. Curatolo (2009), “Coordination Problems and the Role of Institutions: Multi-agent Simulations with Learning”, in University of Parma, *Economics Department’s Working Paper Series*, WP 2009-EP06.

http://swrwebeco.econ.unipr.it/RePEc/pdf/I_2009-06.pdf

Arrighetti, A. e S. Curatolo (2010), Costi di Coordinamento e Vantaggi di Aggregazione: Esiti, Morfologia e Processi di Interazione in un Mondo Artificiale Multi-Agente, University of Parma, *Economics Department’s Working Paper Series*, WP 2010-EP01.

http://swrwebeco.econ.unipr.it/RePEc/pdf/I_2010-01.pdf.

Bendor, J. e P. Swistak (2001), “The Evolutions of Norms”, in *American Journal of Sociology*, vol. 106, n. 6, pp. 1447-1458.

Blume, L. e D. Easley (1998), “Rational Expectations and Rational Learning”, in M.Majumdar (Ed.), *Organizations with Incomplete Information*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 61–109.

Broseta, B. (2000), “Adaptive Learning and Equilibrium Selection in Experimental Coordination Games: An ARCH(1) Approach”, in *Games and Economic Behavior*, vol. 32, n.1, July, pp.25-50.

Broseta, B., E. Fatas e T. Neugebauer (2003), “Asset Markets and Equilibrium Selection in Public Goods Games with Provision Points: An Experimental Study.” in *Economi Inquiry*, vol. 41, n. 4, pp. 574-594.

Camerer C.F. e R.M. Hogarth (1999) “The Effects of Financial Incentives in Experiments: A Review and Capital-Labor-Production Framework”, in *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 19, n. -3, pp. 7-42.

Carpenter J.P. (2007), “Punishing Free-riders: How Group Size Affects Mutual Monitoring and the Provision of Public Goods”, *Games and Economic Behavior*, Vol. 60, n.1, July 2007, pp. 31-51.

Carpenter, J.P., P.H. Matthews e O. Okomboli (2004), “.Why Punish? Social Reciprocity and the Enforcement of Prosocial Norms”, in *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 14, n.4, pp. 407-429.

Crawford, V.P. (1995), "Adaptive Dynamics in Coordination Game", in *Econometrica*, vol. 63, n. 1, pp. 103-143.

Delli Gatti, D. e M. Gallegati, (a cura di), (2005), Eterogeneità degli agenti economici e interazione sociale: teorie e verifiche empiriche, Bologna, Il Mulino.

Dequech D. (2004), "Uncertainty: Individuals, Institutions and Technology", in *Cambridge Journal of Economics*, vol. 28, n. 3, pp.365-378.

Ellison, G. e D. Fudenberg (1995), "Word-of-Mouth Communication and Social Learning", in *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 110, n. 1, pp. 93-125.

Eggertsson, T. (1990), *Economic Behavior and Institutions*. Cambridge, Cambridge University Press.

Elster, J. (1985), *The Multiple Self*, New York, Cambridge University Press.

Fehr, E. e U. Fischbacher (2004), "Third-Party Punishment and Social Norms", in *Evolution and Human Behavior*, vol. 25, n. 2, pp. 63-87.

Fehr, E. and S. Gächter, (2000), "Cooperation and Punishment in Public Goods Experiments.", in *American Economic Review*, September, vol. 90, n. 4, pp. 980-94.

Fehr, E. e S. Gaechter (2002), "Altruistic Punishment in Humans", *Nature*, vol. 415, pp. 137-140.

Fudenberg, D. e D.M. Kreps, (1993), "Learning Mixed Equilibria", in *Games and Economic Behavior*, vol. 5, n. 3, pp. 320-367.

Gallegati, M. e A. Kirman (Eds.) (2000), *Beyond the Representative Agent*, Cheltenham, Elgar.

Garland, A. e R. Alterman (1998), "Learning Cooperative Procedures", in R. Bergman e A. Kott, (eds), (1998), *AIPS Workshop on Integrating Planning, Scheduling and Execution in Dynamic and Uncertain Environments*, AAAI Technical Report WS-98-02, AAAI Press.

Hall, J. (2005), "Resolving a Public Good Dilemma Using Reward and Sanction Mechanisms", University of Otago, *Economics Discussion Papers*, No. 0502.

Hargadon, A. (1998), "Firms as Knowledge Brokers: Lessons in Pursuing Continuous Innovation", in *California Management Review*, vol. 40, pp. 209-227.

Hargadon, A. e R.I. Sutton (1997), "Technology Brokering and Innovation in a Product Development Firm", in *Administrative Science Quarterly*, vol 42, pp 718-749.

Hardin R. (1982), *Collective Action*, Baltimore, MD: Resources for the Future.

Holt, C.A., (2007), *Markets, Games, and Strategic Behavior: Recipes for Interactive Learning*, Addison Wesley.

Howells, J. (2006), "Intermediation and the Role of Intermediaries in Innovation", in *Research Policy*, vol. 35, n. 5, June , pp. 715-728.

Isaac, Marc R., James M. Walker e S. Thomas (1984): "Divergent Evidence on Free-Riding: An Experimental Examination of Possible Explanations", *Public Choice*, vol. 43, pp.113-149.

Kirman, A. e J.B. Zimmermann, (eds), (2001), *Economies with Heterogeneous Interacting Agents*, Springer.

Knight, J. (1992), *Institutions and Social Conflict*, Cambridge, Cambridge University Press.

Lane, D. e R. Maxfield, (2004), "Ontological Uncertainty and Innovation", in *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 15, pp. 3-50.

Ledyard, J. (1995): "Public Goods: A Survey of Experimental Research", in John Kagel and Al Roth (eds.), *Handbook of Experimental Economics*, Princeton University Press.

Levine, D. K. e W. Pesendorfer (2002), "The Evolution of Cooperation Through Imitation", Institute for Mathematical Behavioral Sciences Colloquium Series, University of California, Irvine, Paper 4-1.

Lewis, D.K. (1969), *Conventions. A Philosophical Study*, Cambridge, Harvard University Press.

Macy, M., e R. Willer (2002), "From Factors to Actors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling", in *Annual Review of Sociology*, vol. 28, n. 1, pp. 143-166.

March, J.G. e J.P. Olsen, (1989), *Rediscovering Institutions: the Organizational Basis of Politics*, New York , Free Press.

Masclot, D., C. Noussair, S. Tucker e M. C. Villeval (2003), “Monetary and Nonmonetary Punishment in the Voluntary Contributions Mechanism”, in *American Economic Review*, vol. 93, n. 1, pp. 366–80.

Milinski, M., D. Semmann e H. J. Krambeck (2002), “Reputation Helps Solve the Tragedy of the Commons”, in *Nature*, vol. 415, pp. 424-426.

North, D.C. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.

Ochs, J., (1995), “Coordination Problems”, in J. H. Kagel e A. E. Roth (eds.), *The Handbook of Experimental Economics*, Princeton, N.J., Princeton University Press, pp.195-249.

Olson, M. (1965), *The Logic of Collective Action: Public Goods and the Theory of Groups*, Boston, MA: Harvard University Press.

Palfrey, R.T. e H. Rosenthal (1994), “Repeated Play, Cooperation and Coordination: an Experimental Study“, in *Review of Economic Studies*, vol. 61, n. 3, pp. 545-565.

Putterman, L. e C. M. Anderson (2003), “Do Non-strategic Sanctions Obey the Law of Demand? The Demand for Punishment in the Voluntary Contribution Mechanism”, Brown University, Department of Economics, *Working Papers*. n. 2003-15.

Provan, K.G. e S.E. Human (1999), “Organizational Learning and the Role of Network Broker in Small-firms Manufacturing Networks”, in A. Grandori (a cura di), *Interfirm Networks. Organization and Industrial Competitiveness*, London, Routledge.

Rosenfeld, S.A. (1996), “Does Cooperation Enhance Competitiveness? Assessing the Impacts of Inter-firm Collaboration”, in *Research Policy*, vol. 25, n. 2, March, pp. 247-263.

Schotter, A. (1981), *Economic Theory of Social Institutions*, Cambridge, Cambridge University Press.

Sefton M., R. Shupp e J. Walker (2000), “The Effect of Rewards and Sanctions in Provision of Public Goods”, W.P. Indiana University, in <http://www.indiana.edu/~workshop/papers/walker020501.pdf>.

Shepsle, K.A. e B.R. Weingast (1981), "Structure-Induced Equilibrium and Legislative Choice", in *Public Choice*, vol. 37, pp. 503-519.

Skyrms, B. (2003) "The Stag Hunt and Evolution of Social Structure", Cambridge, Cambridge University Press.

Sugawara, T. e V.R. Lesser (1998), "Learning to Improve Coordinated Actions in Cooperative Distributed Problem-Solving Environments", in *Machine Learning*, vol. 33, pp. 129-154.

Szogs, A., Cummings, A. e Chaminade, C. (2009), "Building Systems of Innovation in Less Developed Countries: The Role of Intermediate Organizations.", CIRCLE Electronic Working Paper Series, n.1.

Van Huyck, J., R. Battalio e R. Beil (1990): "Tacit coordination games, strategic uncertainty, and coordination failure", in *American Economic Review*, vol 80, pp. 234-248.

Verdier D. (2004), "Sanctions as Revelation Mechanisms", WP Ohio-State University, ottobre.

Vriend, N.J., (1996), "Rational Behavior and Economic Theory", in *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 29, n.2, pp. 263-285.