

A. Arrighetti e S. Curatolo

**COSTI DI COORDINAMENTO E VANTAGGI DI AGGREGAZIONE:
ESITI, MORFOLOGIA E PROCESSI DI INTERAZIONE
IN UN MONDO ARTIFICIALE MULTI-AGENTE.**

Dipartimento di Economia
Università degli Studi di Parma

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

Economics Department, Working Papers,
WP 2010-EP01

(Febbraio 2010)

Abstract:

In the real world, many social and economic interactions are highly affected by coordination problems. These, in turn, emerge from the trial to dynamically organize strategies of collective action in complex contexts where agents and groups are heterogeneous and information is only imperfectly transmitted. In such an environment, rational strategies of coordination games cannot be set ex-ante because, even if benefits from collective coordination are common knowledge, yet there exist many unknown ex-post costs to be sustained.

Agent-based simulations done in this paper show how these costs impact the net payoff in different stages of the game with different weights depending on structure of the environment and nature of co-players. With perfect information, coordination is the outcome of the game, as game theory predicts. On the contrary, if coordination costs are positive, coordination failures frequently emerge, even in absence of opportunism (as postulated in this paper). Moreover, our simulations show that information costs are more important, in determining the success of coordination, than both organization and supervision costs. Finally, a new kind of coordination failure can emerge from the dynamic interaction among agents even in contexts where ex-ante gross payoffs are sufficiently high.

JEL codes: B4; C15; C71

Keywords: Coordination Games; Agent-based Models; Coordination Costs;

1.Introduzione

I problemi di coordinamento, anche se presentano una endemica diffusione nelle relazioni sociali e nelle interazioni economiche e sono ampiamente studiati nella teoria dei giochi (Clark, Kay e Sefton 1991; Holt 2005)¹, hanno ricevuto una attenzione relativamente modesta nell'ambito dell'analisi economica e degli studi organizzativi. La spiegazione della sottovalutazione dell'importanza analitica dei problemi di coordinamento è riconducibile a diverse ipotesi. Tra queste probabilmente il fatto che gran parte della letteratura di teoria dei giochi risulti focalizzata sulle configurazioni più semplici del problema del coordinamento e cioè su quelli di natura statica, con dimensione del gruppo contenuto, numero dei giocatori stabili e informazione distribuita rappresenta una delle spiegazioni più plausibili. Dal momento che l'analisi dei fenomeni organizzativi e lo studio dell'azione collettiva in generale sono essenzialmente incentrati su strutture di interazione complesse e con profili evolutivi fortemente condizionati da incertezza e informazione imperfetta, non sorprende che le conoscenze addizionali e le sollecitazioni provenienti dalla teoria dei giochi abbiano esercitato un'influenza limitata.

In secondo luogo, l'approccio prevalente in teoria dei giochi risulta ancorato all'ipotesi implicita che l'equilibrio di coordinamento possa essere raggiunto o attraverso meccanismi e procedure decisionali *non costosi e endogeni* al gruppo degli attori che partecipano al gioco oppure che non possa essere conseguito del tutto. In questa direzione infatti si orientano i contributi che assumono che le difficoltà di coordinamento siano riconducibili a un semplice vincolo di comunicazione tra gli agenti superato il quale i partecipanti al gioco possono meccanicamente convergere verso la soluzione pareto-ottimale (Kalai e Samet 1985; Farrell 1987 e 1988). Alcune linee di ricerca inoltre hanno attribuito enfasi alla capacità degli individui di superare le difficoltà di coordinamento utilizzando strumenti come l'apprendimento nei giochi reiterati (Crawford e Haller 1990), l'elaborazione di strategie ausiliarie (Van Huyck et al. 1993; Cachon e Camerer 1996) oppure facendo affidamento alla conoscenza condivisa e a convenzioni preesistenti (Schelling 1960). In termini generali, tale orientamento è rafforzato dall'ipotesi implicita che nei giochi di coordinamento l'equilibrio pareto-dominante sia naturalmente soggetto a *self-enforcement*. L'insistenza sul carattere endogeno e sulla non onerosità delle soluzioni praticabili rende il problema di coordinamento indipendente dall'informazione, dai costi di elaborazione delle decisioni e dall'influenza dell'incertezza esterna al gruppo sui comportamenti degli agenti. Non sorprende quindi constatare che, mentre la classe dei giochi riconducibili al Dilemma del Prigioniero, che nella realtà presenta una rilevanza empirica ridotta tanto da configurarsi come evento strategico molto prossimo alla eccezionalità (Rapoport e Guyer 1976; Stanford 1995), è stata rapidamente assimilata e ha assunto una rilevanza paradigmatica nella teoria delle scelte e negli studi sul conflitto organizzativo, i contributi di teoria dei giochi e di economia sperimentale incentrati sul tema del coordinamento hanno avuto, invece, un impatto nettamente inferiore (Camerer e Knez 1997).

In terzo luogo, assumendo che l'equilibrio di coordinamento possa essere raggiunto con costi nulli, implicitamente si afferma che l'azione collettiva è condizionata esclusivamente dalla disomogeneità delle preferenze, da informazione privata e dall'opportunismo. La teoria dell'organizzazione, viceversa, si sviluppa sul presupposto che tali elementi rendano inefficiente la cooperazione tra gli individui a meno che incentivi, sanzioni o investimenti in monitoraggio determinino correttivi comportamentali adeguati. Il gruppo, in altre parole, che intende perseguire obiettivi di efficienza nell'azione collettiva è chiamato inevitabilmente a sostenere costi organizzativi originati

¹ Diverse formulazioni dei giochi di coordinamento sono state sviluppate, per esempio, in ambito macroeconomico (Cooper e John 1988) e nell'analisi della disoccupazione (Diamond 1982; Bryant 1983), delle crisi finanziarie e bancarie (Diamond e Dybvig 1983; Obstfeld 1996).

dalla necessità di contenere la propensione alla defezione degli agenti che lo compongono. Su questi temi i giochi di coordinamento ‘puri’ hanno ben poco da aggiungere sia sul piano teorico e che su quello analitico dal momento che l’equilibrio di coordinamento non è condizionato in alcun modo dalla minaccia di defezione e gli agenti risultano essere inevitabilmente leali. Ma se i giocatori sono perfettamente leali e quindi non opportunisti si deve concludere che il meccanismi di governo e di monitoraggio delle organizzazioni sono irrilevanti e i costi organizzativi ingiustificati. Quando la soluzione di equilibrio può essere ricercata attraverso strumenti non onerosi e endogeni al gruppo, il coordinamento di fatto non è un problema organizzativo.

Nel presente lavoro si abbandona l’assunzione che i meccanismi e gli strumenti di coordinamento siano *non costosi* per sviluppare l’ipotesi che, ad eccezione delle contingenze più semplici e quindi più banali, il coordinamento presupponga investimenti informativi, conoscitivi ed organizzativi *onerosi* per gli agenti che partecipano al gioco e che i costi collegati a tali investimenti influenzino la struttura dei *payoff* del gioco tanto da condizionarne l’esito. Inoltre, nell’ottica proposta l’avvio e la continuazione dell’azione collettiva è vincolata ad un problema di informazione e di selezione delle decisioni che possono essere onerosi anche in presenza di agenti perfettamente leali. Infine se il coordinamento è oneroso, gli strumenti e i meccanismi che consentono di minimizzare i costi di coordinamento esercitano una influenza rilevante sull’esito finale del gioco e il coordinamento rientra nell’analisi economica delle organizzazioni.

La connotazione degli soggetti e la natura sistemica delle relazioni da analizzare suggeriscono di discutere l’ipotesi di coordinamento con costi positivi facendo ricorso a modelli di simulazione multi-agente. Le metodologie che utilizzano simulazioni basate su modelli multi-agente (*agent-based*) presentano notevoli vantaggi in relazione agli specifici obiettivi e vincoli del presente lavoro. Consentono infatti di definire regole di interazione specificate in modo da prevedere comportamenti sia meccanicamente adattivi che puramente casuali. I caratteri dell’informazione (gratuita o costosa; precedente o successiva al coordinamento; interna o esterna al gruppo), inoltre, possono essere delineati e modificati in modo da consentire confronti tra contesti che risultano diversi esclusivamente in relazione a parametri identificabili e controllabili *ex ante*. E’ possibile, infine, modellare il coordinamento nella forma di un processo interattivo, con complementarità variabili nel tempo².

Il lavoro è articolato nei seguenti paragrafi. Nel paragrafo seguente viene discussa la letteratura che assume assenza o presenza di costi di coordinamento. Nel paragrafo 3 viene fornita una giustificazione metodologica del ricorso a simulazioni multi-agente e illustrato il modello impiegato nelle sperimentazioni. Nel paragrafo 4 viene descritto il disegno delle simulazioni e discussi i risultati dei test elaborati.

2. Costless vs. costly coordination

2.1 Preferenze omogenee

Il coordinamento rappresenta una componente centrale dell’azione collettiva: per poter sviluppare condotte cooperative gli agenti devono individuare modalità o meccanismi per armonizzare e integrare le condotte dei singoli rispetto all’obiettivo specifico che si intende conseguire. Frequentemente la definizione di un piano di azione comune risulta complessa. In primo luogo gli agenti si muovono generalmente in un contesto di reciproca dipendenza strategica: il beneficio che il singolo agente trarrà dall’azione collettiva dipenderà da ciò che l’altro(i) agente(i) faranno e ogni azione non coerente con quella degli altro(i) riduce il *payoff* di tutti senza avvantaggiare nessuno. In secondo luogo nella maggioranza delle circostanze gli individui hanno molteplici alternative, mutuamente coerenti, per raggiungere lo stesso obiettivo (Van Huyck et al. 1996).

² Lavori di rassegna su queste caratteristiche dei modelli multi-agente possono essere rinvenuti in Delli Gatti e Gallegati, 2005; Gallegati et al., 2003.

Utilizzando la terminologia della teoria dei giochi, emergono problemi di coordinamento quando i giocatori hanno identiche preferenze rispetto alle combinazioni strategiche, ma esistono due o più soluzioni di equilibrio di Nash nei confronti di ognuna delle quali si presenta una unica risposta ottimale a condizione che l'altro giocatore sia in grado di anticiparla correttamente (Crawford e Haller 1990). Le implicazioni sono che gli agenti possono fallire nell'ottenimento di un equilibrio. Infatti anche se ogni giocatore seleziona una azione associata ad un equilibrio non è detto che l'equilibrio selezionato sia lo stesso che è stato scelto da tutti gli altri agenti. Inoltre anche se i giocatori riescono a selezionare un unico equilibrio, non è automatico che questi generi *payoff* superiori a tutti le altre alternative percorribili (Kandori, Mailath e Rob 1993; Straub 1995). Il *coordination failure* è un esito possibile, spesso probabile, anche quando la struttura del gioco è completamente specificata e di conoscenza comune tra gli attori (Van Huyck et al. 1996). Numerose evidenze di economia sperimentale confermano il ruolo dell'incertezza strategica e segnalano l'elevata frequenza delle contingenze nelle quali gli agenti non sono in grado di convergere verso soluzioni di coordinamento ottimali (Cooper et al. 1990; Van Huyck, Battalio e Beil 1990; Cooper et al 1992b; Straub 1995; Ochs 1995; Clark, Kay e Sefton 2001).

In sintesi il coordinamento fronteggia tre problemi distinti, ma interconnessi: a) l'allineamento delle scelte dei singoli giocatori in modo da evitare decisioni discordanti; b) l'individuazione tra le diverse alternative disponibili della soluzione pareto-ottimale; c) il contenimento del rischio che, per effetto dell'incertezza strategica, vengano selezionati equilibri subottimali.

Un modo per migliorare l'efficienza nella soluzione di problemi di coordinamento è dare la possibilità agli agenti di comunicare tra loro. La comunicazione nei processi di coordinamento può assumere diverse forme. La più interessante sul piano analitico è rappresentata dal '*cheap talk*' (Cooper et al. 1992; Kalai e Samet 1985; Farrell 1987 e 1988; Farrell e Gibbons 1989; Mathews 1989): prima di iniziare il gioco gli agenti sono invitati ad interagire scambiandosi informazioni, rendendo esplicite le loro strategie e sottoscrivendo accordi (*pre-play communication*). Si assume che le trattative che precedono l'avvio del gioco risultino limitate nel tempo e che possano essere condotte a termine a costi nulli per gli agenti o comunque a costi tali da non modificare in modo sensibile i valori dei *payoff* e quindi la struttura del gioco. Anche se gli accordi non hanno carattere vincolante, si osserva empiricamente che la fase di comunicazione strategica pre-gioco consente ai partecipanti di identificare equilibri che verranno poi implementati nello stadio attivo del gioco (Cooper et al. 1992a; Blume e Ortmann 2000). L'interpretazione di questo risultato è che, se le dichiarazioni dei giocatori nella fase di *pre-play* costituiscono un equilibrio di Nash, questo equilibrio diviene un *focal point*. Verrà, quindi, implementato anche nella fase attiva del gioco dal momento che gli agenti non hanno alcun motivo di deviare dalle dichiarazioni iniziali (Farrell 1988).

2.2 Preferenze eterogenee

La soluzione di '*cheap talk*' annulla i problemi di coordinamento a condizione che le preferenze dei giocatori siano uniformi. Nella realtà questa circostanza risulta rara o comunque non generale. Preferenze disomogenee indeboliscono seriamente l'ipotesi di *cheap talk*. Infatti attori con preferenze differenziate tendono a ritenere non veritiere le informazioni scambiate e possono dubitare che gli accordi sottoscritti verranno perfezionati (Aumann 1990). La comunicazione pre-gioco perde quindi efficacia e il processo di coordinamento non risulta condizionato da quanto definito nelle stadio preliminare alla sua attuazione. In sintesi quindi il *cheap talk* può influenzare l'esito del gioco, ma non garantisce in generale soluzioni efficienti (Farrell e Rabin 1996; Clark, Kay e Sefton 1991)³⁴.

³ Particolarmente indicative sono le conclusioni a cui pervengono Clark, Kay e Sefton (1991). Dopo aver condotto una ampia serie di esperimenti sugli effetti della comunicazione sul coordinamento concludono che "*subjects act strategically when sending and considering*

Crawford e Haller (1990) mostrano come agenti non perfettamente razionali e che non dispongono di un linguaggio comune (non possono quindi comunicare) sono in grado di individuare soluzioni ottimali di coordinamento in giochi ripetuti attraverso apprendimento dalla storia dei precedenti sotto-giochi effettuati. I giocatori adottano strategie che massimizzano congiuntamente i *payoff* attesi e fondano le loro decisioni sull'utilizzo di regole semplificate estratte dall'esperienza (per esempio in un gioco 2x2: "quando casualmente viene identificata una soluzione di coordinamento, nel sotto-gioco successivo viene ripetuto la medesima scelta; se i giocatori non si coordinano, un giocatore, individuato in precedenza, ripete la sua azione mentre l'altro modifica le sue scelte" con il risultato di determinare il coordinamento già al secondo stadio del gioco). Soluzioni di apprendimento attraverso esperienza senza comunicazione soffrono comunque di limiti di generalità e non possono essere applicate a molte importanti categorie di problemi di coordinamento. Nel modello appena analizzato, per esempio, le conclusioni raggiunte valgono esclusivamente nei giochi simmetrici nei *payoff* e solo nel caso in cui possa essere ipotizzato che i giocatori nella fase che precede il gioco siano in grado di precisare quale dei due giocatori *stands pat* mentre l'altro cambia l'azione⁵. Nella vita reale, alcuni problemi di coordinamento sono risolti in forma endogena e senza sostenere costi perché gli agenti, quando riescono a prevedere quale sarà la scelta più probabile della controparte, scelgono immediatamente di adeguarsi se ogni altra alternativa è equivalente o inferiore (Camerer 1997). Schelling (1960) ha messo in evidenza che in numerose interazioni sociali l'emergere spontaneo di *focal point* (convenzioni, conoscenze condivise, usanze, ecc.) rende possibile la convergenza delle scelte degli attori evitando l'assunzione di decisioni discordanti. Esempi di coordinamento tacito sono molto diffusi. Mehta, Starmer e Sudgen (1994) ne prendono in rassegna numerosi riconducibili allo schema dei *Matching Games* e mostrano come la presenza di *focal point* sociali, riconosciuti collettivamente, consente il coordinamento anche in contesti in cui la dimensione del gruppo dei giocatori è particolarmente estesa⁶. L'efficacia dei *focal point* sociali nel conseguimento di equilibri pareto dominanti risulta in linea di massima superiore ad altri strumenti o meccanismi di soluzione dei problemi di coordinamento (in primo luogo della comunicazione). Il ricorso a tali metodi è, comunque, limitato a particolari tipologie di problemi di coordinamento (quelli per i quali gli agenti possono sviluppare inferenze realistiche sul fatto che anche gli altri soggetti

messages, and this influences both the messages sent and the actions taken as a result. Therefore, it cannot simply be assumed that free communication will move players towards efficient equilibria"(p. 16)

⁴ Nel *long cheap talk* (Aumann e Hart 2003) vengono superate le restrizioni relative alla omogeneità delle preferenze, ma vengono introdotti condizionamenti relativi alla durata dello scambio informativo pre-gioco, alla simultaneità o meno della segnalazione delle azioni delle parti, alle caratteristiche dei canali informativi e alla complessità logica del processo decisionale che limitano applicabilità del modello alla vita reale.

⁵ Il ruolo dell'apprendimento è stato investigato in relazione a contesti di informazioni completa e incompleta. Quest'ultimi presentano la caratteristica di avere una soluzione unica del gioco di coordinamento raggiunta attraverso la progressiva eliminazione delle strategie strettamente dominate (Carlsson e Van Damme 1993; Morris, Rob e Shin 1995). Tale risultato implica che comunemente gli agenti siano in grado di fondare le proprie scelte ricorrendo a sofisticati metodi bayesiani. Evidenze sperimentali che mostrano che nella realtà gli individui non sono in grado di utilizzare in modo diffuso tale approccio (Stahl e Wilson 1994; Nagel 1995; Costa-Gomez, Crawford e Broseta 2001). Ulteriori test sperimentali hanno inoltre sottolineato come il risultato di equilibrio coincide mediamente con il risultato di equilibrio di *risk dominant* del sottostante gioco di coordinamento (Cabrales, Nagel e Armentes 2003).

⁶ Un esempio tipico di individuazione spontanea di *focal point* è riportato in Mehta, Starmer e Sudgen (1994). Quando a 88 individui è stato chiesto di indicare quale fosse il giorno dell'anno preferito, sono state date 75 diverse risposte. Tra queste il Natale presentava la frequenza più alta, ma con solo il 6% delle risposte. Ma quando agli stessi individui è stato chiesto di individuare un giorno da scegliere come riferimento comune ben il 44% ha scelto il Natale.

riescano ad identificare strategie collettivamente prevalenti), ai contesti in cui gli agenti sono caratterizzati da cultura e esperienze sociali omogenee e all'assenza di asimmetria nei *payoff*.

2.3 Costly coordination

Soluzioni semplificate, non costose, endogene al gruppo dei partecipanti, nonostante l'elevato investimento di ricerca di cui sono state oggetto, evidenziano una applicabilità parziale e non sembrano in grado di fronteggiare le contingenze più complesse. Nello Stag Hunt Game, in cui la presenza di *risk dominance* (Harsanyi e Selten 1988) conduce al non-coordinamento oppure a esiti di coordinamento subottimali, è stato ipotizzato che gli agenti possano predisporre specifici meccanismi che agevolino la selezione di equilibri pareto-ottimali. Uno degli strumenti che risponde a tali esigenze e che è stato ampiamente studiato nella letteratura teorica e sperimentale è rappresentato dalla *forward induction* (Van Huyck et al. 1993; Cachon e Camerer 1996). La possibilità di partecipare al gioco di coordinamento è condizionato per ciascun partecipante al pagamento di una *fee* di un ammontare tale da rendere nullo il beneficio di perseguire strategie più 'sicure', ma nello stesso tempo meno efficienti (come la caccia alla lepre nello *Stag Hunt Game*). La scelta effettuata dal singolo giocatore viene comunicata alle controparti. Ne consegue che ogni singolo giocatore sa per certo che gli altri agenti non possono deviare da scelte pareto-ottimali e quindi egli stesso, se razionale, adotterà tale strategia. Sono state elaborate differenti configurazioni di *forward induction*: l'offerta di *outside option* (Kohlberg e Mertens 1986; Cooper et al. 1992 e 1993) oppure l'introduzione di intermediari (Yavas 2002). Test sperimentali hanno confermato l'efficacia dei meccanismi che si basano su tale principio di selezione dell'equilibrio (Cooper et al 1992; Van Huyck et al. 1993; Cachon e Camerer 1996; Van Huyck et al. 2001; Yavas 2002). I diversi modelli studiati segnalano, comunque, un elemento comune, di notevole importanza nel presente contesto di analisi: in riferimento a interazioni di coordinamento più articolate l'individuazione di soluzioni efficienti è possibile, ma diventa costosa⁷.

Il problema di coordinare agenti simili per conoscenze, preferenze e risorse può risultare, in alcune circostanze, minimo. Ma all'aumentare della differenziazione tra gli individui e soprattutto quando la diversità dei sapere e delle competenze è fonte di incremento di produttività, la realizzazione del coordinamento non è spontanea, incontra difficoltà specifiche e genera costi positivi. In questo senso Becker e Murphy (1992) osservano che la specializzazione degli individui in compiti diversi all'interno di una struttura organizzativa orientata a perseguire un fine comune (*team*) incrementa l'output finale perché la produttività aumentata quando i singoli si concentrano in compiti circoscritti e non si dedicano a mansioni generiche. Divisione del lavoro e specializzazione alimentano e sono alimentate dall'ampliamento delle conoscenze accumulate e contribuiscono in maniera decisiva nel loro insieme al miglioramento del capitale umano e alla produttività del lavoro. Le difficoltà di coordinamento però aumentano al crescere della divisione del lavoro e della specializzazione. Quando il risultato finale dipende dal contributo di differenti specialisti che utilizzano linguaggi, schemi euristici e saperi diversi, aumenta la probabilità che le performance del gruppo risultino inferiori alle attese a causa dell'emergere di incertezze e ambiguità nella comunicazione e di informazioni distorte o mal interpretate. La specializzazione delle competenze 'rende opaca' e imperfettamente osservabile l'interazione tra i membri del gruppo e più complessa l'attribuzione dei compiti ai singoli partecipanti. Ne derivano inevitabilmente rischi di *hold-up*, conflitti principale-agente, difficoltà di comunicazione e, frequentemente, inefficienze organizzative gravi. All'aumento quindi del numero degli agenti specializzati e delle competenze da loro possedute, se da un lato aumenta significativamente la produttività del lavoro, dall'altro crescono in modo altrettanto significativo i costi di coordinare e di integrare le attività svolte dai diversi individui. L'incidenza di tali costi è così rilevante da

⁷ Nelle diverse formulazioni degli schemi di *forward induction* è richiesto infatti il pagamento di *fee*, *outside option* o di commissioni.

vincolare la dimensione della struttura organizzativa (*team*) ad una soglia definita oltre la quale i costi di coordinamento annullano i benefici derivanti dalla divisione del lavoro. Difficoltà informative radicali rendono difficile il raggiungimento del coordinamento in forma autonoma. Ma vi sono almeno altri due fattori che condizionano l'esito di coordinamento, come sottolineato da Camerer e Knez (1997). Il primo impedimento è collegato ai contesti in cui gli attori, avendo differenti preferenze sulle combinazioni di azioni che il gruppo dovrebbe intraprendere, negoziano in modo inefficiente una soluzione comune del gioco. I singoli individui vorrebbero accordarsi su alcune soluzioni piuttosto che su nessuna, ma dal momento che le alternative sono molteplici e ciascuno preferisce una soluzione che è diversa da quella degli altri, tendenzialmente si perviene ad una situazione di *coordination failure* con nessun equilibrio o equilibri inefficienti. Il secondo impedimento al coordinamento emerge quando i membri del gruppo hanno preferenze omogenee sul risultato da raggiungere, ma il risultato ottimale richiede una azione rischiosa che nessun membro del gruppo vuole intraprendere a meno che tutti gli altri la scelgano.

Incompletezza e distorsione informativa, disomogeneità delle preferenze e dominanza del rischio rendono impraticabili procedure spontanee e endogene di coordinamento. Per superare tali difficoltà all'interno della *Coordination Theory* (Malone e Crowston 1994; Crowston 1997) viene sostenuto che gli attori, oltre a realizzare i compiti previsti dalla divisione del lavoro interna al gruppo, devono svolgere anche attività aggiuntive definite *coordination mechanism*. Queste possono essere di natura specifica e appropriate esclusivamente ad un contesto definito, oppure generali (come le procedure gerarchiche) che trovano applicazione in ambiti diversi. In ogni caso, comunque, i *coordination mechanism* devono essere generati intenzionalmente, richiedono monitoraggio e non sono generalmente *self-enforcing*. Presentano, inoltre, costi variabili, ma sempre positivi.

In numerosi ambiti economici e sociali l'interazione tra singoli individui avviene sulla base di network. La formazione di network precede l'attivazione delle relazioni di scambio e consente lo sviluppo di iniziative comuni (Dutta, Van Den Nouweland e Tijs 1995; Jackson e Wolinsky 1996; Kirman 1997). I network possono essere il risultato di diverse contingenze e differenti modalità di costruzione delle architetture organizzative: possono essere associate alla localizzazione geografica degli agenti, alla loro mobilità nello spazio e a specifici criteri di selezione del partner. Alcuni lavori recenti analizzano il processo di formazione dei network finalizzati alla gestione di problemi di coordinamento in cui gli agenti stabiliscono legami biunivoci investendo nella costruzione di connessioni (*link*) (Goyal e Vega-Redondo 2000; Droste, Gilles e Johnson 2000; Jackson e Watts 2002). La predisposizione delle connessioni risulta costosa e determina effetti diretti sui *payoff* di coordinamento. L'obiettivo è identificare la natura dei network che si vanno formando (stabilità, struttura, numero dei legami, ecc.) e gli effetti della costruzione dei *link* sul coordinamento sociale. Goyal e Vega-Redondo (2000), in particolare, mostrano come la forma del coordinamento dipende dai costi di predisposizione dei *link*. Se i costi di formazione dei *link* sono bassi, i giocatori tendono a coordinarsi su strategie *risk dominant*. Se invece i costi sono elevati, si coordinano su soluzioni efficienti. La spiegazione di tale risultato risiede nella constatazione che elevati costi di formazione del network agiscono come *screening device* isolando i giocatori orientati a perseguire strategie *payoff dominant* da quelli impegnati in strategie *risk dominant*. Quando i costi di formazione dei *link* sono molto contenuti, viceversa, le eccessivamente numerose interazioni che si vengono a creare determinano le condizioni perché prevalgano, nella ripetizione del gioco, condotte *risk dominant*. Le conclusioni a cui Goyal e Vega-Redondo (2000) pervengono confermano come il coordinamento sia fortemente condizionato sia dalle modalità in cui il gruppo viene a costituirsi sia dai costi sostenuti dagli agenti per identificare e relazionarsi con i partner.

Gli studi su informazione, coordinamento e teoria dell'impresa (Grandori 1997 e 2000; Thomassen 2000) mettono in evidenza come la presenza di diverse forme di incertezza nell'interazione economiche tra individui o tra gruppi generano molteplici alternative organizzative. Le decisioni che gli agenti economici devono prendere in contesti di

reciproca interdipendenza sono influenzate da incertezza informativa su come il risultato dell'azione collettiva verrà conseguito (*how-uncertainty*), in quale ordine temporale il processo produttivo dovrà essere condotto (*when-uncertainty*), con quali agenti (individui o gruppi) potrà essere portato a termine (*who-uncertainty*) (Thomassen 2000). Il livello assoluto di ogni singola categoria di incertezza e le diverse combinazioni delle tipologie di incertezza che emergono in ogni transazione economica determinano problemi di coordinamento che possono essere affrontati attraverso soluzioni o modelli di gestione dell'informazione molto diversi (coordinamento attraverso i prezzi e il voto; attraverso autorità e agenzia; all'interno di squadre e attraverso negoziazione e attraverso regole e norme). I vantaggi e gli svantaggi delle diverse modalità di coordinamento sono determinati dalla loro capacità di trattare l'informazione e dai costi sostenuti per ridurre l'incertezza. A loro volta i costi di coordinamento derivano dal grado di ripetitività nel tempo dei compiti da realizzare e dagli obiettivi da conseguire, dalla dimensione del gruppo, dall'investimento informativo e conoscitivo che i singoli componenti del gruppo devono attuare, dalle complessità delle conoscenze necessarie e dal carattere più o meno disperso che assume la raccolta delle informazioni (Thomassen 2000). La comparazione tra i diversi livelli di costo di coordinamento necessari per portare a termine il medesimo compito consente di identificare quale forma di coordinamento risulta più efficiente. L'adozione di una data forma di coordinamento rispetto ad un'altra non è quindi neutra rispetto alla possibilità di conseguire il coordinamento, né rispetto al livello effettivo dei benefici generati dall'azione collettiva.

L'approccio sviluppato in Arrighetti e Seravalli (2000) presenta alcune analogie con i contributi appena sintetizzati. Le differenze rispetto alla precedente linea di riflessione riguardano l'accento posto sul problema della selezione degli equilibri di coordinamento e del 'rifiuto del coordinamento'. Viene sottolineato come la dimensione del gruppo, la disomogeneità delle preferenze, le carenze informative sui tempi e sulle modalità di realizzazione dell'output tendono ad accrescere l'*effort* cognitivo e informativo e quindi il costo che gli agenti devono sostenere per coordinarsi. Tale effetto è, comunque, radicalmente amplificato dalla natura stessa delle complementarità che, insieme all'interdipendenza tra gli agenti, sono alla base dell'azione collettiva⁸. La presenza di complementarità nella maggioranza dei contesti organizzativi complessi, da un lato, accentua l'incentivo all'azione collettiva, dall'altro moltiplica esponenzialmente gli equilibri che il gruppo dovrà ordinare prima di convergere verso quello selezionato. Inoltre, al variare della dimensione del gruppo dei soggetti coinvolti, del valore del loro contributo e delle alternative tecnologiche disponibili si modificano le complementarità e tendono, quindi, a dilatarsi ulteriormente la gamma delle soluzioni adottabili. L'output da realizzare, quindi, diviene noto esclusivamente quando gli agenti, dopo aver ordinato le alternative, sono riusciti ad identificare la soluzione ottimale tra le molte perseguibili. Questa operazione (quanti e quali soggetti coinvolgere, quali iniziative intraprendere, quale tecnologia impiegare, di quale forma organizzativa dotarsi, quale pianificazione degli interventi sviluppare, ecc.) può risultare molto onerosa perché richiede notevoli investimenti informativi, di trasferimento delle conoscenze, di comparazione delle diverse alternative praticabili e di negoziazione. A tali costi si aggiungono quelli di adeguare le condotte individuali al piano generale (modificazione dei piani individuali; assunzione di vincoli di sincronizzazione). Ne consegue che :

- i. “.....gli agenti sono in grado di conoscere i *payoff* netti di coordinamento e di avviare eventualmente l'azione comune solo dopo aver definito (e aver sostenuto) i relativi costi di armonizzazione delle condotte individuali e di selezione dell'equilibrio;
- ii.i costi di sincronizzazione dei corsi di azione individuale, di selezione comune dell'equilibrio e di negoziazione influenzano il valore dei *payoff* da coordinamento e

⁸ Si registrano complementarità quando quanto maggiore è l'investimento (la produttività, le risorse immesse, ecc) di una parte tanto maggiore sarà il beneficio tratto dall'altra e viceversa (Cooper e Johri, 1996).

quindi condizionano significativamente l'adozione (o l'abbandono) di soluzioni di azione collettiva" (Arrighetti e Seravalli 2000).

Alcune delle indicazioni sviluppate nella letteratura appena esaminata rappresentano interessanti tracce per ulteriori esplorazioni in campi di notevole rilevanza per rafforzare i collegamenti tra la teoria economica e dell'organizzazione e l'analisi dei processi di coordinamento sociale nel mondo reale.

In questo senso si è osservato come in alcuni dei modelli esaminati⁹ sia cruciale la dimensione temporale del processo di coordinamento: un inadeguato controllo dei costi di coordinamento (per esempio a causa dell'eccessiva dilatazione della dimensione del gruppo) oppure ritardi nell'individuare partner dotati di caratteri compatibili o risorse appropriate, anche in presenza *payoff* di coordinamento elevati, possono determinare incoerenze temporali e sfasamenti nei piani dei singoli agenti tali da annullare la possibilità di attuare tentativi di azione collettiva. In altri termini, oltre all'adozione di scelte discordanti o all'individuazione di soluzioni pareto subottimali, già prevista nella letteratura di teoria dei giochi, il coordinamento può risultare inefficiente quando gli agenti, pur beneficiando di vantaggi di azione collettiva, non riescono a sincronizzare i tentativi di cooperazione cosicché essi si trovano a fallire nell'attività di coordinamento anche soltanto per l'incompatibilità temporale del processo di ricerca dell'azione collettiva. Viene in tal modo a configurarsi una ulteriore tipologia di *coordination failure* che, come è stato anticipato nel paragrafo introduttivo, sarà oggetto di verifica nel presente lavoro. Si è visto, inoltre, come i caratteri dell'investimento informativo, conoscitivo e organizzativo che precede il coordinamento o che è associato alle fasi intermedie del processo di aggregazione influenzino i risultati complessivi in termini equilibrio stazionario finale. Si tenterà, quindi, di mostrare come i costi di coordinamento determinino effetti significativi sia sulla diffusione che sui tempi e le forme in cui il coordinamento si realizza in una data popolazione di agenti. Si testerà, infine, l'ipotesi che l'impatto delle diverse componenti dei costi di coordinamento non sia neutrale sull'equilibrio finale e sul processo di coordinamento.

3 Metodologia di simulazione e modello

3.1 Perché le simulazioni?

Le simulazioni per mezzo di software permettono di superare alcuni dei problemi posti dalla mancata disponibilità di dati economici e dalla difficoltà di osservazione, costruzione e replicazione di esperimenti naturali su collettività socio-economiche. Le attuali capacità computazionali delle macchine hanno consentito lo sviluppo di software di simulazione (dapprima creati per la simulazione dei complessi modelli della fisica, della meteorologia e della biologia) capaci di mimare il comportamento e l'interazione di molte migliaia di agenti eterogenei racchiusi in un mondo artificiale. L'ipotesi di eterogeneità degli agenti e la rilevanza fondamentale della loro interazione sta conquistando un crescente consenso tra gli studiosi di scienze sociali ed in particolare tra gli economisti (Kirman e Zimmermann, 2001; Delli Gatti e Gallegati, 2005).

I benefici analitici della procedura sono rilevanti sia nell'studio di comportamenti di natura adattiva che in condotte puramente casuali. Una volta stabilite le regole di interazione fondamentali secondo vincoli e principi esplicitati ex ante, si può procedere alla simulazione dell'evoluzione del mondo artificiale, osservando quali effetti finali e quali processi siano determinati dalle specifiche parametrizzazioni prescelte. La 'rapidità' con la quale il sistema simulato può essere fatto "vivere" permette di progettare un'agenda di esperimenti che coprano l'intera gamma dei possibili stati iniziali di quel mondo artificiale. In generale il metodo permette di evidenziare effetti complessi di interazione, feedback, contagio o diffusione caratteristici di interazioni "sistemiche" che

⁹ In modo evidente nei contributi incentrati sulla formazione dei network.

non possono essere previste, ne' tanto meno calcolate, a priori, a partire dalle caratteristiche, anche semplici, degli agenti e delle loro regole di interazione.

Il software di simulazione impiegato in questo lavoro si basa su un codice originale, elaborato presso il Dipartimento di Economia di Parma avvalendosi di librerie SWARM¹⁰.

Nel paragrafo seguente si descriveranno, sinteticamente, le caratteristiche del modello di simulazione costruito per questo lavoro¹¹.

3.2 Il modello "DIT" (Do It Together)

In un mondo artificiale quadrato di lato 40, 1600 agenti eterogenei interagiscono allo scopo di ottenere un payoff netto positivo di coordinamento. Il gioco di coordinamento è simulato nel modello DIT attraverso una metafora nella quale si assume analogia tra soluzione strategica concordante e aggregazione tra primi vicini contigui. In altri termini i nostri agenti (o gruppi) sceglieranno la più conveniente tra le seguenti due azioni possibili: *a*) fare la stessa cosa del vicino contiguo (sia esso un agente isolato o un gruppo), cioè adottare una strategia concordante che consiste nell'aggregarsi con il vicino; *b*) adottare strategie in cui, simmetricamente, i giocatori concordano di adottare l'azione isolata, qualora l'aggregazione risulti economicamente non vantaggiosa per i singoli o per entrambe le parti, e quindi restano non aggregati¹². Conseguentemente, useremo come sinonimi i termini *coordinamento* e *aggregazione* o *coalizione* per designare la condotta collettiva *a*), mentre l'azione *b*) sarà variamente indicata con i termini *azione isolata*, o *azione individuale*, anche se essa, non di rado, si riferisce a rapporti che intercorrono tra gruppi.

Gli agenti sono eterogenei sia sul piano dimensionale sia con riferimento ai beni prodotti collettivamente (beni X o Y). La scelta tra azione *a*) ed azione *b*) è quindi preceduta da una fase di *pre-gioco* (*cheap* o *expensive*, nel senso prima indicato) nel corso della quale si esaminano i caratteri dei vicini e l'agente seleziona con chi è conveniente giocare. Concordanza tecnologica (produzione del bene X oppure Y) e dimensionale e livello assoluto della dimensione del vicino sono i caratteri indagati nella fase di pre-gioco e risultano funzionali alla massimizzazione del *payoff* atteso del gioco: sono conoscenza comune, infatti, le forme funzionali che legano il *payoff* di azione collettiva alla varia tipologia di costi e *payoff* lordi che gli agenti sostengono nel processo di coordinamento.

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

La funzione del *payoff* lordo assegnata ad ogni singolo agente aggregato è¹³:

$$p(t) = \alpha(\bar{s}_i + gN)$$

dove:

α è un numero reale positivo;

¹⁰ 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.

¹¹ Una più dettagliata descrizione della struttura e del funzionamento del modello DIT è illustrata nell'appendice del *companion paper* Arrighetti e Curatolo (2009).

¹² Questa è stata definita "concordanza debole" in Arrighetti e Curatolo (2009), per distinguerla dall'azione collettiva del precedente punto a), ivi definita: "concordanza forte".

¹³ Gli agenti che sono nella condizione di azione isolata percepiscono un payoff lordo pari a 1.

$\overline{s_i}$ è la dimensione media degli agenti 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.

Nel pre-gioco *expensive*, la ricerca e successivamente il mantenimento dell'azione collettiva implicano il sostegno di costi informativi (di ricerca e selezione) della soluzione di coordinamento (indicati con c_D); si tratta di costi necessari all'esplorazione delle condizioni di aggregazione a livello locale (nei limiti dei primi vicini). Tale onere impatta sia sui soggetti "isolati" ossia su coloro che non fanno parte di alcuna aggregazione, sia sui soggetti "aggregati"¹⁴

I costi organizzativi (di gestione del coordinamento) c_O sono, invece, costi necessari alla conservazione del coordinamento. Gli agenti, al fine di realizzare collettivamente il bene, hanno necessità di una struttura organizzativa e comunicativa interna il cui mantenimento presuppone di sostenere tali costi.

La funzione di costo assegnata ad ogni singola aggregazione è dunque:

$$C = \beta(c_D \overline{N_i}^{PV} + c_O N)$$

dove:

β è il fattore moltiplicativo dei costi;

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 $\overline{N_i}^{PV}$;

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

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 collettiva 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 conseguentemente rappresentare un ostacolo al raggiungimento dell'equilibrio focale.

Caratteristica peculiare di questo modello è il fatto che anche i costi di ricerca pre-gioco c_D (*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 per il coordinamento. 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 (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, (vedi ancora nota 14).

3.3 Evoluzione del processo di coordinamento

¹⁴ Gli agenti che si trovano nella condizione di isolati, come anticipato, sostengono esclusivamente i costi di selezione con l'ulteriore condizione di sopravvivenza: $c_D \overline{N_i}^{PV} = 8 c_D < 1$.

I soggetti che inizialmente hanno scelto l'azione collettiva continuano individualmente il processo di selezione tra i possibili partner loro vicini non ancora inseriti nel gruppo o facenti parte di un gruppo diverso. Gli agenti non possono però abbandonare (o, se si vuole, tradire) il loro gruppo per cooperare con altri soggetti o per regredire all'azione individuale. I costi di ricerca, in tal senso, sono esclusivamente destinati all'espansione o al mantenimento dell'azione collettiva in essere (attraverso l'esplorazione di nuove aggregazioni). Inoltre, i costi e i benefici dei partecipanti al gruppo sono egualmente distribuiti. 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 *payoff* negativo. In questo senso possiamo dire che gli agenti del DIT sono caratterizzati da *perfetta lealtà* (assenza di opportunismo).

I soggetti che inizialmente sono rimasti isolati, a loro volta continuano la loro ricerca¹⁵.

L'insorgere di un *payoff* netto negativo e lo scioglimento non sono eventi prevedibili *ex ante*. A priori non è, infatti, possibile stimare quale sarà il *payoff* netto del gruppo dal momento che v'è incertezza in relazione sia ai vantaggi effettivi sia ai costi effettivi di ricerca e di coordinamento. In altre parole, pur essendo a tutti noto il meccanismo di computo del *payoff*, l'incertezza è dovuta al fatto che non si conosce quanti e quali saranno i soggetti che entreranno a far parte della coalizione¹⁶.

Tuttavia, anche in assenza di costi (cioè con informazione perfetta sui primi vicini contigui), "i vicini dei vicini" possono aggregarsi con altri soggetti (o fallire nel tentativo di aggregazione) dando luogo ad un'incertezza di tipo radicale rispetto all'ontologia (agenti singoli o gruppi, loro dimensioni, beni prodotti) che circonda localmente ciascun agente¹⁷.

Solo all'interno di ogni singolo fase evolutiva del gioco i soggetti riescono a quantificare benefici e costi della condotta collettiva: se la condotta collettiva è svantaggiosa (*payoff* istantaneo medio degli aggregati negativo) si verifica il fallimento della stessa (azione isolata). In caso contrario gli agenti continuano la ricerca ed eventualmente, se localmente possibile, procedono all'ampliamento dell'aggregazione.

4. La strategia di simulazione e i risultati

4.1 Informazione perfetta.

Prima di introdurre l'*expensive pre-play*, appare opportuno soffermarsi sull'analisi delle simulazioni in contesti di informazione perfetta sia per poterne confrontare i risultati con i processi di coordinamento costosi che per testare la corrispondenza di DIT alle enunciazioni di base dei modelli di coordinamento spontaneo.

A questo scopo verrà posta a verifica la seguente proposizione:

Proposizione 1: In un contesto di interazione multi-agente e informazione perfetta (assenza di costi informativi e/o organizzativi¹⁸), il coordinamento dell'azione collettiva non è soggetto a fallimenti.

¹⁵ I soggetti che presentano un *payoff* (cumulato) negativo sono automaticamente esclusi dalla selezione ossia, pur continuando a fare domande, non sono considerati dai soggetti che hanno un *payoff* (cumulato) positivo.

¹⁶ L'agente controlla infatti il suo vicinato limitrofo, ma non può prevedere le aggregazioni o i fallimenti dei suoi vicini con altri agenti più distanti e, comunque, non prima di aver sostenuto i relativi costi informativi.

¹⁷ Cfr. Lane e Maxfield (1997, 2004).

¹⁸ Nel nostro caso l'assenza di costi informativi va declinata anche come assenza di costi organizzativi, quando quest'ultimi consistono nei costi per la gestione comune della strategia di espansione del coordinamento e nei costi della raccolta e della gestione comune delle informazioni inerenti gli agenti che fanno parte del gruppo.

Parametrizzazione delle simulazioni: $\alpha, \beta=1, g>0; c_D, c_O=0$.

Risultati: Ciascun agente, attraverso l'esplorazione del suo *neighborhood*, determina, senza costi di ricerca, quale sia il vicino più adeguato (sotto il profilo tecnologico) per la formazione di un gruppo e, se tale giudizio è reciproco, si forma un gruppo di due agenti che consegue un *payoff* netto positivo di aggregazione. Il gruppo formatosi prosegue l'esplorazione (gratuita) del *neighborhood* ed il processo di accrescimento dei gruppi attraverso l'aggregazione con nuovi agenti o gruppi, continua fino alla completa saturazione dello spazio disponibile. Come si desume dalla Tab.1, l'esito finale è il completo coordinamento (la perfetta aggregazione).

Discussione: La simulazione del modello DIT conduce ad esito analogo a quello previsto nell'ipotesi di *cheap talk* (Cooper et al. 1992; Kalai e Samet 1985; Farrell 1987 e 1988): l'informazione (comunicazione) perfetta, ottenuta senza sostenere costi, consente agli attori di individuare il percorso di aggregazione e di completare il processo di coordinamento. Il risultato mostra come DIT sia in grado di mimare, sostanzialmente in modo conforme alle premesse di teoria di giochi, le condotte ottimizzanti previste nei giochi di coordinamento con informazione *costless*.

Le differenze (non istantaneità dell'equilibrio; evidenziazione di gruppi o agenti isolati) non presentano rilevanza analitica in quanto sono esclusivamente da attribuire a elementi costitutivi della procedura di simulazione¹⁹.

Tabella 1
Coordinamento in Stabilità Sistemica (SS)²⁰ in un contesto di informazione perfetta

Variabili osservate	
Tempo t in cui si raggiunge la SS	29
Numero gruppi in SS	6
Numero gruppi stabili* in SS	6

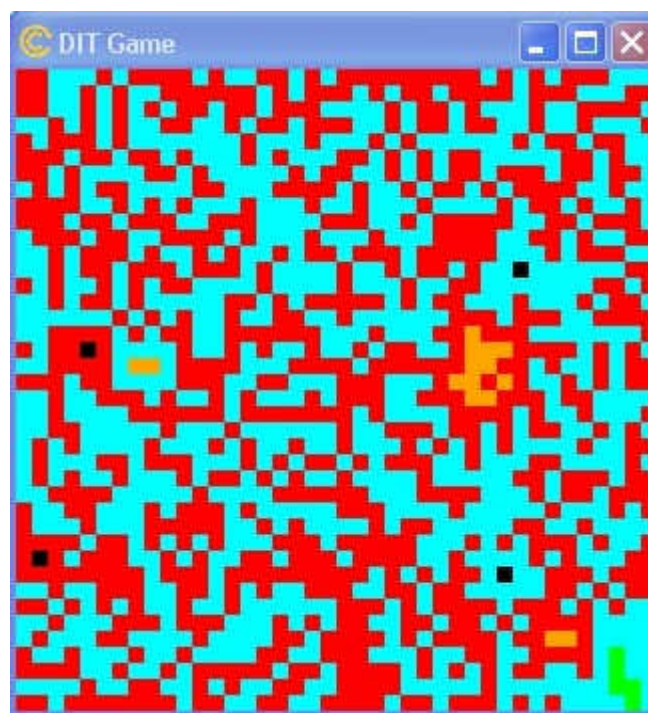
¹⁹ Infatti come è stato messo in evidenza nel § 3, in DIT il ciclo di ricerca dei partner ottimali (sotto il profilo tecnologico e dimensionale) e di aggregazione ha natura sequenziale ed è vincolato al fatto che l'informazione è comune esclusivamente ai componenti de *neighborhood*. Nei cicli successivi l'ampliamento dell'informazione coinvolge solo i soggetti che si trovano sul perimetro del gruppo formato e i loro vicini. Ne consegue che il raggiungimento della condizione di stabilità del sistema richiede più periodi (nel caso specifico 29). In tali condizioni si evidenzia la presenza di due grandi gruppi (corrispondenti ai beni X e Y), caratterizzati entrambi da omogeneità tecnologica. Inoltre la natura dicotomica della tecnologia produttiva con la quale gli agenti sono inizializzati determina l'emergere, nelle condizioni di stabilità sistemica finale, di sporadiche situazioni di isolamento tecnologico a carattere locale. Tale esito può interessare sia agenti isolati che piccoli gruppi ed è determinato esclusivamente da condizioni di marcato svantaggio localizzativo iniziale.

²⁰ La *stabilità sistemica* che si delinea nel presente contesto si differenzia sia dall'equilibrio quiete tipico dei modelli economici sia dall'equilibrio meta-stabile caratteristico di alcuni processi fisici. la stabilità sistemica del DIT ha in comune con l'equilibrio meta-stabile il fatto di emergere da numerosissime azioni concorrenti che si neutralizzano reciprocamente in uno stato meta-stabile di criticità (ma i tentativi di aggregazione perdurano anche in tale stato, cosicché la stabilità è, in generale, solo probabilistica); se ne differenzia per il fatto di essere determinato dalle proprietà sistemiche emergenti in presenza di risorse scarse e quindi di essere caratteristico di processi di interazione socio-economica (cfr. Delli Gatti e Gallegati, 2005).

Numero gruppi con più del 20% del totale aggregati in SS	2
Dimensione media dei gruppi in SS	266
% degli aggregati in SS	99,75
% aggregati stabili / tot aggregati in SS	100

* gruppi stabili= aggregati da non meno di 10 step

Figura 1
Coordinamento in Stabilità Sistemica (SS) in un contesto di informazione perfetta



4.2 Informazione imperfetta (1).

In un mondo artificiale formato da soggetti perfettamente ottimizzanti e consapevoli dei vantaggi dell'azione collettiva, in cui l'armonizzazione delle condotte individuali è il risultato di investimenti informativi e organizzativi di natura onerosa, l'esito di coordinamento completo non è assicurato. Infatti solo in contesti di informazione perfetta il coordinamento è determinato esclusivamente dal livello del *payoff*, noto a priori. Se, invece, l'informazione è imperfetta, è l'entità dei costi informativi che regola l'esito finale dei processi cooperativi. Tale affermazione è giustificata dalla constatazione generale che, mentre i benefici minimi di coordinamento sono misurabili *ex ante* (o almeno oggetto di congetture per approssimazione che precedono lo svolgimento del gioco), altrimenti l'azione collettiva non avrebbe significato, i costi di coordinamento risultano quantificabili esclusivamente *ex post*. Infatti in una configurazione aperta (non prefissata) del gioco, i costi di coordinamento non sono prevedibili dal momento che risultano funzione delle caratteristiche qualitative e della numerosità degli partecipanti, elementi questi che divengono noti soltanto quando gli investimenti conoscitivi e di ricerca sono stati effettivamente realizzati e i costi già sostenuti. Le implicazioni sono

che processi coordinamento caratterizzati da *payoff* atteso positivo possono avere esiti negativi per l'emergere di costi di coordinamento che superano i benefici previsti e viceversa processi con *payoff* attesi negativi determinano risultati di coordinamento positivi perché i costi di coordinamento risultano essere particolarmente contenuti.

La precedente discussione conduce ad identificare la seguente proposizione da porre a verifica empirica:

Proposizione 2: In un contesto di informazione imperfetta e di interazione multi-agente l'incapacità di quantificare ex-ante la differenza tra benefici e costi legati all'azione collettiva è fonte di coordination failure.

La verifica della proposizione 2 è stata effettuata in due stadi nei quali vengono testate congiuntamente l'ipotesi che l'esistenza di costi informativi e di coordinamento producano il fallimento dell'azione collettiva per alcuni agenti e non per altri e che l'esito del coordinamento non sia prevedibile a priori sulla base del valore del *payoff*.

In particolare si mostra che :

- A) *l'esistenza di un payoff netto positivo per ciascun singolo agente nella configurazione iniziale del gioco non è sufficiente a garantire il successo²¹ dell'azione collettiva*

Parametrizzazione delle simulazioni: $\alpha, \beta=1$, $g=0,201$; $c_D=0,05$; $c_O=0,025$ (payoff iniziale atteso dal primo raggruppamento pari a $P_2=0,002$);

- B) *l'esistenza di un payoff netto negativo per ciascun singolo agente nella configurazione iniziale del gioco non è sufficiente a garantire il fallimento dell'azione collettiva*

Parametrizzazione delle simulazioni: $\alpha, \beta=1$, $g=0,201$; $c_D=0,053$; $c_O=0,025$ (payoff iniziale atteso dal primo raggruppamento pari a $P_2=-0,019$).

Risultati: Come si può leggere dalla Tab. 2, i due casi A) e B) segnalano l'esistenza di *coordination failure*. In particolare in A) si osserva che l'esistenza di un *payoff* netto positivo nei primi *step* del gioco non garantisce il completo coordinamento: l'aggregazione si limita a circa l'87 % nelle condizioni di SS, raggiunta allo *step* 437. Pertanto, una quota significativa degli agenti non riescono a coordinare stabilmente l'azione collettiva e permangono nella condizione di isolati. La morfologia stabile finale è caratterizzata da due grandi gruppi e da 15 gruppi di minori dimensioni, tutti stabili da almeno 10 *step*.

Nel secondo caso (B) si osserva che il coordinamento ha successo, nonostante la presenza di *payoff* negativo nei primi *step* per una percentuale rilevante di agenti, pari a quasi la metà del totale. Il risultato è originato dalla eterogeneità degli agenti, dalle differenti combinazioni di scambio informativo e dalla distribuzione territoriale casuale dei caratteri tecnologici. L'insieme di tali fattori determina differenze nell'incidenza dei costi informativi con la conseguenza di generare condizioni disomogenee di profittabilità dell'aggregazione. Sono necessari, in questo secondo caso, oltre 500 *step* per raggiungere una condizione di quasi-stabilità e la morfologia meta-stabile presenta un numero di gruppi oscillante tra 22 e 37, nessuno dei quali investe più del 20% degli agenti ma che presentano almeno 21 gruppi stabili da oltre 10 *step*.

Discussione: In un contesto di informazione imperfetta (costosa), la presenza di un *payoff* netto positivo non è sufficiente ad assicurare un esito di coordinamento completo (si veda il caso A, rappresentato nella Fig.2). L'effetto delle interazioni sistemiche, infatti, rende

²¹ Si ricorda che per successo dell'azione collettiva si intende qui non solo il suo avviamento ma anche il suo stabile mantenimento.

impossibile la quantificazione ex ante dei costi informativi. La conseguenza è che gli agenti possono coordinarsi solo dopo aver attuato investimenti conoscitivi, ma l'entità dei costi sostenuti può rendere negativo il beneficio netto di coordinamento e generare fallimenti di aggregazione.

All'opposto (si veda la Fig. 3) risultati di aggregazione inizialmente negativi possono originare percorsi successivi di coordinamento con esito positivo. Questo risultato emerge quando vengono abbandonate le assunzioni che la numerosità dei giocatori sia definita a priori e risulti stabile nel tempo e che la natura delle preferenze (o i vincoli tecnologici) dei partecipanti sia conoscenza comune già nella fase che precede il gioco. Qualora si presupponga, più realisticamente, che la dimensione del gruppo possa variare e che un aumento del numero dei giocatori incrementi il payoff di azione collettiva (attraverso valorizzazione delle economie di scala nelle tecnologie di produzione, aumento del potere di mercato, ecc.) e l'individuazione del partner ottimale richieda ripetuti scambi informativi, l'esito di coordinamento appare affetto da incertezza radicale. Anche escludendo problemi di osservabilità nell'interazione tra i membri del gruppo (Becker e Murphy 1992), conflitto nelle preferenze o dominanza del rischio (Camerer e Knez 1997) la conclusione del processo di coordinamento risulta non univoca. Appare comunque confermato che i costi informativi e organizzativi, indipendentemente dal livello iniziale dei *payoff* netti, svolgono un ruolo autonomo nei processi di coordinamento e influenzano in modo decisivo il conseguimento di risultati di aggregazione. Si osserva infine che l'assenza di opportunismo tra gli agenti non annulla le difficoltà di coordinamento. Le evidenze sembrano confermare le conclusioni a cui giungono Arrighetti e Seravalli (2000) quando sottolineano che le carenze informative e i costi di coordinamento rappresentano vincoli specifici all'azione collettiva che precedono l'avvio della cooperazione (almeno nel tempo logico) e che presentano natura distinta rispetto ai costi associati al contenimento dei rischi di defezione. In altri termini, individui perfettamente leali, ma imperfettamente informati non sono posti al riparo da rischi di fallimento del coordinamento dal momento che la pratica cooperativa può interrompersi prima del suo avvio e quindi prima che venga prodotto un surplus positivo da coordinamento e che possano manifestarsi potenziali asimmetrie nella redistribuzione dei benefici.

Tabella 2

Cordinamento in SS con parametrizzazioni delle simulazioni funzionali a generare payoff netto iniziale positivo (A) e negativo (B)

<i>Variabili osservate</i>	<i>(A)</i>	<i>(B)</i>
Tempo t in cui si raggiunge la SS	437	>500
Numero gruppi in SS	17	22 - 37
Numero gruppi stabili* in SS	17	21 - 25
Numero gruppi con più del 20% del totale aggregati in SS	2	0
Dimensione media dei gruppi in SS	82	32 - 36
% degli aggregati in SS	87,2	47,5 - 49,5
% aggregati stabili / tot aggregati in SS	100	57 - 95

** gruppi stabili= aggregati da non meno di 10 step*

Figura 2
Coodinamento in SS con parametrizzazioni delle simulazioni funzionali a generare payoff netto iniziale positivo (A)

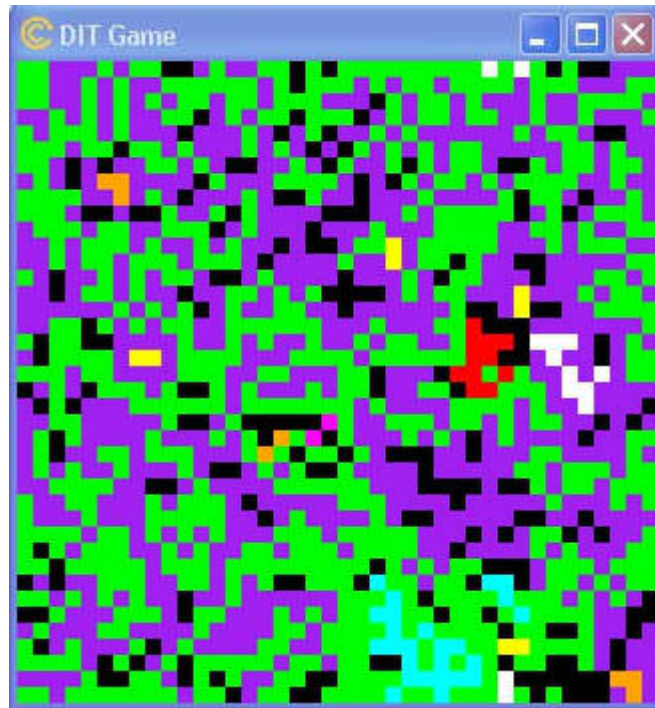
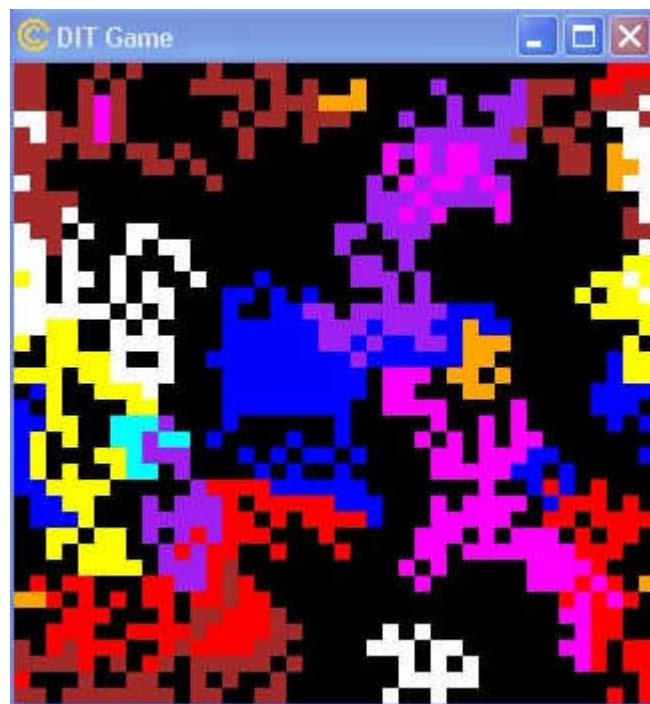


Figura 3
Coodinamento in SS con parametrizzazioni delle simulazioni funzionali a generare payoff netto iniziale negativo (B)



4.3 Informazione imperfetta (2)

I costi informativi e organizzativi esercitano la loro influenza non solo sulla probabilità di coordination failure, ma possono avere impatto sulla dinamica dei processi di aggregazione e sulla morfologia dei gruppi che si vengono a formare. Infatti, la presenza di costi informativi e organizzativi, come evidenziato nei contributi di teoria dei network (Goyal e Vega-Redondo 2000; Jackson e Watts 2002) può condizionare la modalità di selezione dei soggetti ‘aggregabili’ e la geometria delle strutture generate dagli agenti che riescono a coordinarsi. Ceteris paribus, inoltre, all’incremento dei costi di coordinamento aumenta anche la selettività degli individui potenzialmente aggregabili. Ne consegue che l’epidemiologia del fenomeno muta sensibilmente con possibili influenze sulla diffusione temporale delle iniziative di coordinamento.

Le ipotesi da sottoporre a verifica sono sintetizzabili nella seguente proposizione:

Proposizione 3: In un contesto di informazione imperfetta e di interazione multi-agente i costi di coordinamento (informativi e organizzativi) determinano effetti rilevanti sia sull’equilibrio (in termini di morfologia e diffusione del coordinamento) sia sul processo dinamico che conduce alla stabilità sistemica.

Lo scenario ottimale di simulazione è costituito da una inizializzazione del sistema tale che vengano congiuntamente minimizzati i benefici di aggregazione e massimizzati i costi di coordinamento sotto il vincolo della formazione di almeno un gruppo stabile di agenti cooperanti. La soluzione indicata risulta la più appropriata a valorizzare il contenuto della proposizione 3 in quanto determina una sostanziale equivalenza tra benefici netti dell’azione collettiva e benefici netti dell’azione individuale (isolamento) nelle fasi iniziali del processo, rendendo gli agenti mediamente neutrali rispetto alla scelta di coordinarsi oppure di continuare ad operare in modo autonomo.

Dal momento che ogni incremento nelle singole schede di costo conduce inevitabilmente al fallimento generalizzato del coordinamento, la parametrizzazione individuata costituisce anche un confine-soglia di riferimento per l’analisi dell’influenza dei costi di coordinamento sui processi di aggregazione. Nello stesso tempo rappresenta il termine di confronto naturale con lo scenario di perfetta informazione che ne rappresenta l’estremo teorico opposto. Da qui l’espressione *benchmark* che connota tale parametrizzazione²².

Parametrizzazione delle simulazioni: $\alpha = 0,1385$; $\beta = 1$; $c_D = 0,115$; $c_O = 0,1$; $g = 0,722$.

Risultati: L’esistenza di significativi costi di coordinamento determina effetti rilevanti su tutte le dimensioni del coordinamento (vedi tab. 3). Come atteso, oltre alla riduzione della probabilità di conseguire risultati di aggregazione (già oggetto di discussione nel precedente paragrafo), si nota come il processo di ricerca di soluzioni di coordinamento appaia marcatamente diverso da quanto emerso nello scenario di perfetta informazione. Infatti in questo caso si rende necessario un percorso di aggregazione nettamente più prolungato nel tempo per il raggiungimento dello stato stazionario rispetto a quello di informazione perfetta (7,6 volte superiore) e il sentiero di aggregazione risulta caratterizzato da ripetuti tentativi originati da fallimenti temporanei e sperimentazioni con configurazioni di agenti mutevoli. Aumenta anche la varietà delle soluzioni di coordinamento. Nel contesto di *benchmark* la morfologia meta-stabile finale del sistema appare connotata da un numero elevato di gruppi distinti di dimensione medio-piccola, di cui quasi la metà risultano permanentemente instabili in SS.

²² La parametrizzazione benchmark è stata individuata sperimentalmente dal momento che ogni altra alternativa è preclusa a causa della complessità delle interazioni di sistema endogenee alla simulazione. Essa comunque corrisponde alla sostanziale equivalenza dei payoff associati alla condizione di agente isolato e agente aggregato nelle fasi iniziali della simulazione (vedi appendice A, fig. 8).

Discussione: La proibitività dei costi di coordinamento non annulla le potenzialità di aggregazione dei agenti. Nello stadio finale del processo, infatti, oltre la metà degli individui perviene ad una soluzione positiva di coordinamento. Questo risultato è comunque acquisito (e questa è uno dei risultati più rilevanti della presente esplorazione) in seguito a investimenti ripetuti e in un tempo estremamente dilatato. Livelli elevati di costi di coordinamento (entro comunque i limiti di *benchmark*) deprimono non solo l'esito di cooperazione ma impongono anche tempi prolungati di sperimentazione e investimenti ripetuti.

Sembra quindi si possa concludere che i caratteri dell'investimento informativo, conoscitivo e organizzativo che precede il coordinamento o che è associato alle fasi intermedie del processo di aggregazione influenzino i risultati complessivi in termini equilibrio stazionario finale. La presenza di tali costi, inoltre, determina una forma specifica di *coordination failure* che non è collegata al raggiungimento di equilibri subottimali o alla difficoltà di individuare *focal point* verso cui far convergere le scelte dei singoli soggetti, ma all'esplicito rifiuto di adottare soluzioni coordinamento e al regredire intenzionalmente verso corsi di azione individuali perchè i costi di coordinamento in contesti di incertezza informativa possono annullare i benefici lordi della cooperazione.

Tab. 3
Coordinamento in SS con parametrizzazioni delle simulazioni di benchmark

<i>Variabili osservate</i>	
Tempo t in cui si raggiunge la SS	226
Numero gruppi in SS	15
Numero gruppi stabili* in SS	8
Numero gruppi con più del 20% del totale aggregati in SS	2
Dimensione media dei gruppi in SS	62
% degli aggregati in SS	57,5
% aggregati stabili / tot aggregati in SS	53,33

* gruppi stabili= aggregati da non meno di 10 step

4.4 Informazione imperfetta (3).

Come è stato più volte sottolineato, la prospettiva di analisi dei problemi di coordinamento in contesti di incertezza e con dimensione dei gruppi variabile porta ad evidenziare il carattere processuale del percorso di raggiungimento dell'equilibrio e a porre notevole enfasi sulla natura evolutiva delle sperimentazioni attuate dagli agenti. Un corollario di tale approccio è che non solo la dimensione assoluta dei costi di coordinamento conta, ma che anche la struttura (o mix) dei diversi tipi di costo ha influenza sull'esito e sulla morfologia del coordinamento. In termini più puntuali, l'attenzione su questo tema è giustificata dalla constatazione che a) alcuni costi sono sostenuti nella fase che precede l'aggregazione e altri in quella successiva e che quindi possono determinare effetti differenziati sulla probabilità di conseguire coordinamento addizionale in funzione della numerosità e dimensione delle esperienze già concluse, b) non può essere escluso lo sviluppo di interazioni tra le diverse componenti dei costi e tra queste e il livello del *payoff* lordo, c) gli effetti sistemici possono esercitare condizionamenti differenziati durante le diverse fasi del sentiero di aggregazione e quindi modificare nel tempo l'impatto di alcune componenti di costo rispetto alle altre.

Si sottoporrà, quindi a verifica la seguente proposizione :

Proposizione 4: In un contesto di informazione imperfetta e di interazione multi-agente differenti strutture di costi di coordinamento influenzano il processo di coordinamento e il raggiungimento dell'equilibrio finale.

L'operationalizzazione della precedente proposizione conduce a due ipotesi distinte:

Hp1: Progressive riduzioni dei costi di coordinamento (c_O e c_D) hanno un'influenza differente (in relazione al processo di aggregazione, al tempo e alla morfologia del sistema) rispetto a corrispondenti aumenti del payoff lordo da azione collettiva (g);

e, insieme,

Hp2: Progressive riduzioni dei costi organizzativi hanno un'influenza differente (in relazione al processo di aggregazione, al tempo e alla morfologia del sistema) rispetto a corrispondenti diminuzioni dei costi informativi.

Parametrizzazione delle simulazioni: $\alpha = 0,1385$; $\beta = 1$; c_D, c_O , vengono gradualmente ridotti dal loro rispettivo livello di benchmark fino a zero; g viene gradualmente incrementato dal rispettivo livello di benchmark fino a due volte il valore iniziale.

Risultati: In relazione a variazioni contenute (entro il 10%), le informazioni contenute nella Fig. 4 indicano che riduzioni dei costi di organizzazione e aumenti equivalenti dei benefici di aggregazione evidenziano un impatto simile sulla velocità di coordinamento. Significativamente più debole è invece l'effetto della riduzione dei costi informativi. In corrispondenza di variazioni più marcate (tra il 10 e il 70%), invece, appare più elevato l'impatto dei costi informativi rispetto alle altre due variabili. La variazione del tempo di coordinamento al variare dei diversi costi di coordinamento e del vantaggio lordo appare caratterizzata da marcata non-linearità. Inoltre il tempo di coordinamento mostra, nel caso di c_O e di g , un comportamento non monotono. Ambedue le evidenze condono a confermare la rilevanza degli effetti sistemici sul percorso di avvicinamento allo SS.

Dalla Fig. 5, relativa alle percentuali di aggregazione, emerge che la Hp-1 non risulta verificata per i costi di organizzazione c_O , la riduzione dei quali mostra, infatti, un effetto simile a quello che si ottiene incrementando il beneficio lordo g . Diversamente l'ipotesi Hp-1 risulta verificata per quanto concerne le riduzioni dei costi informativi c_D . Il difforme effetto che si ottiene attraverso la riduzione alternativa dei costi informativi ed organizzativi fa sì che l'Hp-2 risulta pienamente verificata.

Inoltre, una riduzione dei costi di organizzazione e un aumento del livello dei payoff superiori al 70% non conducono, in presenza di costi di selezione elevati, alla percentuale di aggregati ottenuta dal sistema in condizioni di perfetta informazione (0.9975%). Invece è sufficiente una riduzione dei costi informativi del 60% affinché la percentuale massima di aggregazione sia raggiunta. La diminuzione dei costi informativi di selezione va infatti ad avvantaggiare un numero più elevato di soggetti, rispetto a c_O e a g , dal momento che interviene in modo diretto sul comportamento degli agenti isolati. Tali evidenze permettono di affermare la centralità nel processo di aggregazione della variazione dei costi informativi rispetto ai vantaggi apportati dalla riduzione dei costi di organizzazione o dall'aumento dei benefici dell'azione collettiva. In altre parole, un vantaggio d'aggregazione che viene computato nelle fasi di selezione sembra essere più efficace rispetto ad un vantaggio d'aggregazione finalizzato a rendere più profittevole, a posteriori, il coordinamento.

Interventi sui costi e sul livello di *payoff* provocano effetti differenti sulla morfologia del sistema (vedi Figg. 6 e 7). Ancora una volta la variazione dei costi di selezione ha un impatto più marcato rispetto a quello delle altre variabili. Piccole riduzioni di tale costo

determinano effetti positivi sulla varietà del sistema poiché consentono a più soggetti di aggregarsi. Riduzioni più elevate (superiori al 20%) garantiscono la formazione di pochi gruppi di numerosità elevata.

Diminuzioni dei costi di organizzazione o incrementi del livello dei *payoff* favoriscono già nelle fasi iniziali del processo la formazione di pochi gruppi di dimensioni più elevate. Infine sono confermate la presenza di marcate non-linearità e la non monotonicità degli effetti morfologici delle variazioni dei costi e dei vantaggi di coordinamento.

Figura 4
Tempo per cui il sistema è stabile al variare di C_O , C_D e g

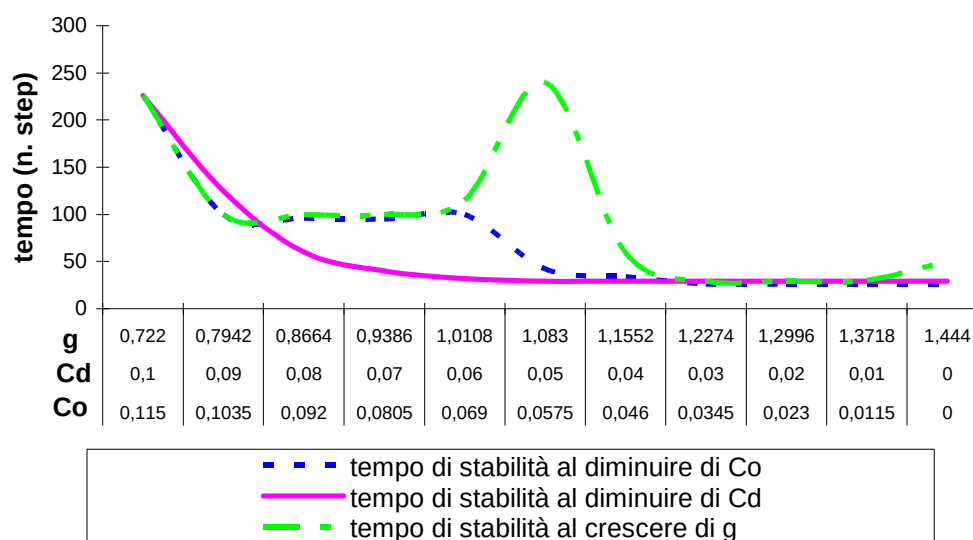
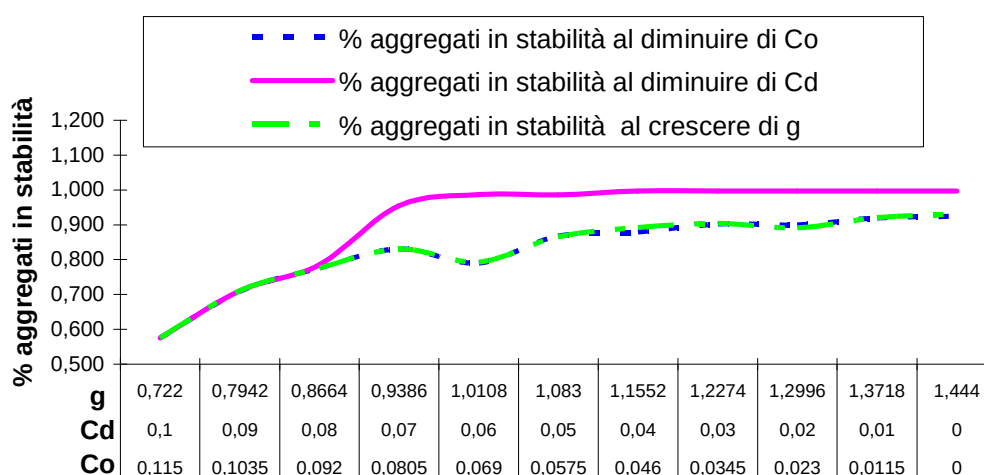


Figura 5
Percentuale di aggregazione in SS al variare di C_O , C_D e g .



Discussione: L'ipotesi che riduzioni dei costi di coordinamento abbiano un effetto differente (in relazione al processo di aggregazione, al tempo e alla morfologia) rispetto

ad equivalenti incrementi del livello dei benefici da azione collettiva sembra confermata. In particolare è il contenimento dei costi di selezione che garantisce, per valori di riduzione intermedi, un'accelerazione più marcata del tempo di aggregazione rispetto a corrispondenti interventi sui costi di organizzazione e sui *payoff* lordi da azione collettiva e genera una sostanziale differenza in termini di morfologia del sistema. Infine una riduzione dei costi informativi determina il raggiungimento della percentuale massima di soggetti aggregati sul sistema, risultato non raggiungibile anche a fronte di variazioni molto ampie dei benefici lordi di coordinamento. In sintesi i costi che precedono l'aggregazione hanno un impatto maggiore sul processo di coordinamento rispetto alle variabili che entrano in gioco quando l'aggregazione è stata raggiunta.

Figura 6
Numerosità dei gruppi in SS al variare di C_O , C_D e g .

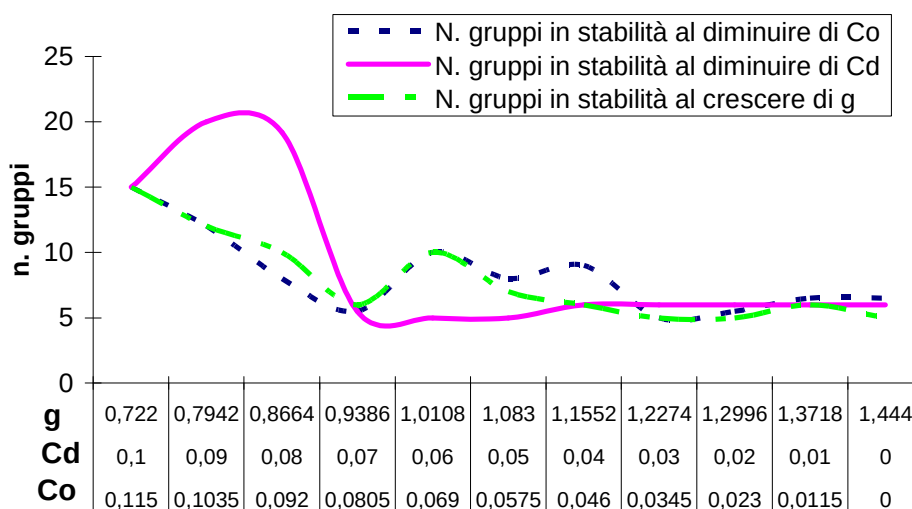
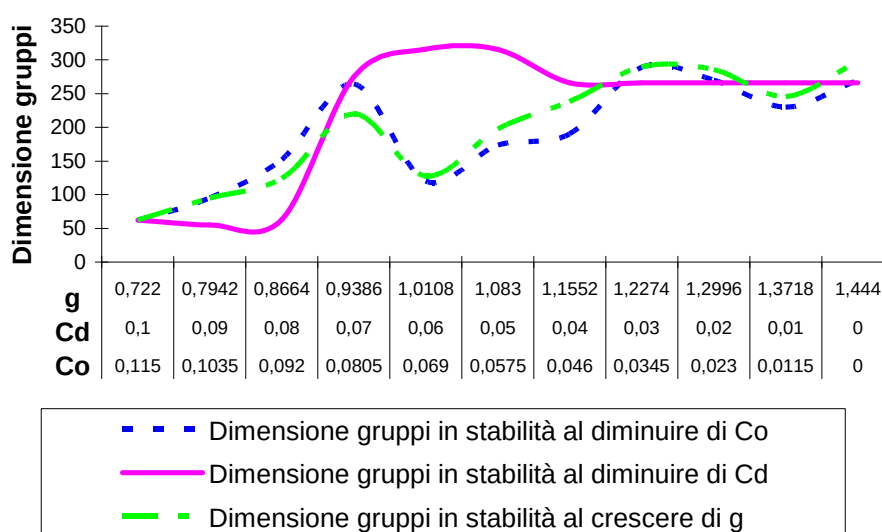


Figura 7
Dimensione media dei gruppi in SS al variare di C_O , C_D e g .



5. Conclusioni

Nel mondo reale la soluzione di problemi di coordinamento è profondamente condizionata dall'incertezza. In molte delle interazioni sociali, ma soprattutto in quelle di natura economica, il raggiungimento di obiettivi di azione collettiva viene realizzato in contesti complessi, afflitti da carenze informative e dalla presenza di alternative multiple in relazione alle tecnologie da impiegare, alla dimensione ottimale del gruppo e alla sequenza dei corsi di azione da avviare. Tali difficoltà sono all'origine di forme organizzative conosciute come imprese, assemblee politiche, associazioni, governi e entità istituzionali. In questi ambiti i singoli agenti percepiscono l'esistenza di benefici derivanti dall'azione collettiva ma sono nell'impossibilità di quantificare l'impatto sull'esito finale di coordinamento dei costi collegati all'individuazione di cosa operativamente fare, con chi e quando. Inoltre spesso il contenuto del bene collettivo da realizzare muta nel tempo e l'equilibrio di coordinamento raggiunto in un determinato momento non è detto sia riproducibile in quello successivo. Se gli agenti fossero dotati di perfetta informazione l'esito finale potrebbe essere previsto ex ante e la soluzione potrebbe essere affidata a meccanismi endogeni e non onerosi. Nel mondo reale queste condizioni si presentano raramente. Più spesso il coordinamento assume la forma di un processo dinamico che richiede investimenti ripetuti e costosi. L'assenza di opportunismo non garantisce l'esito del processo perché le informazioni rilevanti non sono condizionate da privatezza, ma da vincoli molto più radicali quali effetti sistemici, costi di ricerca e di elaborazione e rapida obsolescenza.

Nel presente lavoro si è tentato di valutare le implicazioni che l'informazione imperfetta genera sul raggiungimento dell'equilibrio di coordinamento in uno scenario caratterizzato da eterogeneità dei giocatori, dimensione non prefissata dei gruppi e costi informativi e organizzativi positivi.

I risultati delle simulazioni multi-agente mostrano come i caratteri dell'investimento informativo, conoscitivo e organizzativo che precede il coordinamento o che è associato alle fasi intermedie del processo di aggregazione condizionino il raggiungimento della stabilità sistemica. Tali costi, indipendentemente dal livello iniziale dei *payoff* netti, svolgono un ruolo autonomo nei processi di coordinamento e influenzano in modo decisivo il conseguimento di risultati di aggregazione. L'assenza di opportunismo tra gli agenti non annulla le difficoltà di coordinamento. Le evidenze sembrano indicare che le carenze informative e i costi di coordinamento rappresentano vincoli specifici all'azione collettiva che precedono l'avvio della cooperazione (almeno nel tempo logico) e che presentano natura distinta e autonoma rispetto ai costi associati al contenimento dei rischi di defezione.

In uno scenario di informazione imperfetta, inoltre, emerge una forma specifica di coordination failure che non è collegata al raggiungimento di equilibri subottimali o alla difficoltà di individuare focal point verso cui far convergere le scelte dei singoli soggetti, ma all'incoerenza temporale tra le azioni degli agenti. Questa determina l'impossibilità di adottare soluzioni di coordinamento che, a priori (in un contesto di isolamento piuttosto che di interazione) sarebbero vantaggiose. Ne consegue la necessità di porre attenzione non soltanto alla struttura dei payoff e dei costi, ma anche al processo dinamico di interazione tra agenti. In tale direzione, è stato mostrato come i costi di coordinamento determinino effetti significativi sia sulla diffusione che sui tempi e le forme in cui il coordinamento si realizza in una data popolazione di agenti. Sono emerse, infatti, numerose conferme all'ipotesi che l'impatto delle diverse componenti dei costi di coordinamento non sia neutrale non solo sull'equilibrio finale ma anche sull'intero processo dinamico di coordinamento.

Sembra, quindi, si possa concludere che gli strumenti e i meccanismi che consentono di minimizzare i costi di coordinamento esercitano una influenza rilevante sull'esito finale del gioco. Più in generale il complesso delle argomentazioni qui presentate sembra rafforzare l'ipotesi che i costi di coordinamento svolgano un ruolo centrale nella comprensione dell'azione collettiva nei processi di interazione sociale e nello stesso

tempo che i problemi di coordinamento possono fornire un contributo rilevante all'analisi economica delle organizzazioni.

Bibliografia

Arrighetti, A. e G. Seravalli (2000), *Institutions and Co-ordination Costs*, Working Papers, Dipartimento di Scienze Economiche, Università di Parma, n.7.

Arrighetti, A. e S. Curatolo (2009), *Coordination problems and the role of institutions: Multi-Agent simulations with learning*, Working Paper n.6, serie Economia e politica Economica, Dipartimento di Economia, Università di Parma.
<http://ideas.repec.org/p/par/dipeco/2009-ep06.html>

Aumann, R. (1990), "Nash Equilibria are not Self-Enforcing", in Gabszewicz, J. J., J. F. Richard e L.A. Wolsey, (eds.), *Economic Decision-Making: Games, Econometrics and Optimisation*, Amsterdam, Elsevier, pp. 201-206.

Aumann R. J. e Hart S. (2003), "Long Cheap Talk", in *Econometrica*, Vol.71, No.6, pp.1619-1660

Becker, G.S. e K. M. Murphy (1992), "The Division of Labor, Coordination Costs, and Knowledge", in *Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, n. 4, pp.1137-1160

Blume, A. e A. Ortmann (*),"The Effects of Costless Pre-play Communication: Experimental Evidence from a Game with Pareto-Ranked Equilibria", *

Bryant, J. (1983), "A Simple Rational-Expectations Keynes-Type Model", in *Quarterly Journal of Economics*, vol.98, pp.525-529.

Cabrales, A., R. Nagel e R. Armenter (2003), "Equilibrium Selection through Incomplete Information in Coordination Games : an Experimental Study", *

Cachon, G.P. e C.F. Camerer (1996), "Loss-Avoidance and Forward Induction in Experimental Coordination Games", in *Quarterly Journal of Economics*, vol. 111, pp. 165-193.

Camerer, C. (1997), "Progress in Behavioral Game Theory", in *Journal of Economic Perspectives*, vol.11, n.4, pp. 167-188.

Camerer, C.F. e M. Knez (1997), "Coordination in Organizations: A Game –Theoretic Perspective", in Z. Shapira (ed.), "Organizational Decision Making", Cambridge, Cambridge Series on Judgement and Decision Making,

Carlsson, H. e E.E. Van Damme (1993), "Global Games and Equilibrium Selection", in *Econometria*, vol. 61, pp. 989-1018.

Clark, S.K., S. Kay e M. Sefton (2001), "When are Nash Equilibria Self-Enforcing? An experimental Analysis, in *International Journal of Game Theory*, vol. 29, pp. 495-515.

- Cooper, R., D.V. DeJong, R.Forsythe e T.W. Ross (1990), "Selection Criteria in Coordination Games: Some Experimental Results", in *American Economic Review*, vol. 80, pp.218-233.
- Cooper, R., D.V. DeJong, R.Forsythe e T.W. Ross (1992a), "Communication in Coordination Games", in *Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, pp. 739-771.
- Cooper, R., D.V. DeJong, R.Forsythe e T.W. Ross (1992b), "Forward Induction in Coordination Games", in *Economic Letters*, vol. 40, pp.167-172.
- Cooper, R., D.V. DeJong, R.Forsythe e T.W. Ross (1993), "Forward Induction in the Battle-of Sexes Games", in *American Economic Review*, vol. 83, pp.1303-1316.
- Cooper, R. e A. John (1988), "Coordinating Coordination Failures in Keynesian Models", in *Quarterly Journal of Economics*, vol. 100, pp.441-463.
- Cooper, R. e A. Johri (1997), "Dynamic Complementarities: A Quantitative Analysis," *Journal of Monetary Economics*, vol. 40, pp.97-119.
- Costa-Gomes, M., V.P. Crawford e B. Broseta (2001), "Cognition and Behavior in Normal-Form Games: an Experimental Study", in *Econometrica*, vol. 69, pp.1193-1253.
- Crawford, P.C. e H. Haller (1990), "Learning How to Cooperate: Optimal Play in Repeated Coordination Games", in *Econometrica*, vol. 58, n.3, pp. 571-595.
- Crowston, K. (1997), "A Coordination Theory Approach to Organizational Process Design", in *Organization Science*, vol.8, pp.157-175.
- Delli Gatti, D. e M. Gallegati, (a cura di), 2005, Eterogeneità degli agenti economici e interazione sociale: teorie e verifiche empiriche, Il Mulino, Bologna;
- Diamond, P. (1982), "Aggregate Demand Management in Search Equilibrium", in *Journal of Political Economy*, vol.90, pp.881-894.
- Diamond, D.W. e P.H. Dybvig (1983), "Bank Runs, Deposit Insurance and Liquidity", in *Journal of Political Economy*, vol. 91, pp. 401-419.
- Droste, E., R. Gilles e C. Johnson (2000), " *Evolution of Conventions in Endogeneous Social Networks*", Mimeo, Virginia Tech.
- Dutta, B., A. Van Den Nouweland e S. Tijs (1995), "Link Formation in Cooperative Situations", in *International Journal of Game Theory*, vol. 27, pp.245-256.
- Farrell, J. (1987), "Cheap Talk, Coordination, and Entry", in *Rand Journal of Economics*, vol.18, pp.34-39.
- Farrell, J. (1988), "Communication, Coordination, and Nash Equilibrium", in *Economic Letters*, vol. 27, pp.209-214.
- Farrell, J. e R. Gibbons (1989), "Cheap Talk Can Matter in Bargaining", in *Journal of Economic Theory*, vol. 48, pp.221-237.
- Gallegati, M., A.P. Kirman, M. Marsili (2003), (a cura di), *The Complex Dynamics of Economic Interactions*, Springer Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (LNEMS) 531.

- Goyal, S. e F. Vega-Redondo (2000), “*Learning, Network Formation and Coordination*”, Tinbergen Institute Discussion Paper, 093/93
- Grandori A. (1997), “Governance Structure, Coordination Mechanisms and Cognitive Models”, in *Journal of Management and Governance*, vol. 1 , pp. 29-47.
- Grandori, A. (2000), “Organization and Economic Behavior”, *
- Harsanyi, J.C. e R. Selten (1988), “*A General Theory of Equilibrium Selection in Games*”, Cambridge (MA), MIT Press.
- Jackson, M.O. e A. Watts (2002), “On the Formation of Interaction Networks in Social Coordination Games”, in *Games and Economic Behavior*, vol. 41, pp.265-291.
- Jackson, M.O. e a. Wolinsky (1996), “A Strategic Model of Economic and Social Networks”, in *Journal of Economic Theory*, vol. 71, pp.44-74.
- Kalai, E. e D. Samet (1985), “Unanimity Games and Pareto-Optimality”, in *International Journal of Games Theory*, vol 14, pp. 41-50.
- Kandori, M. e G.J. Mailath e R. Rob (1993), “Learning, Mutation, and Long Run Equilibria in Games “, in *Econometrica*, vol. 61, pp.29-59.
- Kirman, A. (1997), “The Economy as an Evolving Network”, in *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 7. pp.339-353.
- Kohlberg, E. e J. Mertens (1986), “On the Strategic Stability of Equilibria“, in *Econometrica*, vol. 54, pp.1002-1038.
- Malone, T. W. e K. Crowston (1994), “The Interdisciplinary Study of Coordination”, in *ACM Computing Surveys*, Vol. 26, n. 1, Marzo.
- Matthews, S. (1989), “Veto Threats: Rhetoric in a Bargaining Model”, in *Quarterly Journal of Economics*, vol.104, pp. 347-369.
- Mehta, J., C. Starmer e R. Sudgen (1994), “The Nature of Salience: an Experimental Investigation of Pure Coordination Games”, in *American Economic Review*, vol. 84, pp. 658-673.
- Morris, S., R. Rob e H.S. Shin (1995), “ p -Dominance and Belief Potential”, in *Econometrica*, vol. 63, pp.145-157.
- Nagel, R. (1995), “Unraveling in Guessing Games: an Experimental Study”, in *American Economic Review*, vol. 85, pp.1313-1326.
- Obstfeld, M. (1996), “Models of Currency Crisis with Self-Fulfilling Features”, in *European Economic Review*, vol. Pp.1037-1047.
- Ochs, J. (1995), “Coordination Problems”, in J. Kagel e A. Roth (eds.), *Handbook of Experimental Economics*, Princeton, Princeton University Press, pp.195-249.
- Rapoport, A. e Guyer, M. (1976), *The 2x2 Game*, Ann Arbor, University of Michigan Press.

- Schelling, T. (1960), *The Strategy of Conflict*, Cambridge (MA), Harvard University Press.
- Stahl, D.O. e P.W. Wilson (1995), "On Players' Models of Other Players: Theory and Experimental Evidence", in *Games and Economic Behavior*, vol. 10, pp.218-254.
- Stanford, W. (1995), "A Note on the Probability of k Pure Nash Equilibria in Matrix Games", in *Games and Economic Behavior*, vol. 9, pp. 238-246.
- Straub, P.G. (1995), "Risk Dominance and Coordination Failure in Static Games", in *Quarterly Review of Economics and Finance*, vol. 35, pp. 339-363.
- Thomassen, M.A. (2000), "Coordination Costs and Inter-Firm Learning within Construction", DRUID Summer Conference, Rebild 15-17 June.
- Van Huyck, J.B., R.C. Battalio e R.O. Beil (1990), "Tacit Coordination Games, Strategic Uncertainty and Coordination failure", in *American Economic Review*, vol. 80, pp. 234-248.
- Van Huyck, J.B., B. Battalio, C. Raymond e R.O. Beil (1993), "Asset Markets as an Equilibrium Selection Mechanism: Coordination Failure, Game Form Auctions, and Tacit Communication", in *Games and Economic Behavior*, vol. 5, pp. 485-504.
- Van Huyck, J.B., R.C. Battalio e F.W. Rankin (1996), *Evidence on Learning in Coordination Games*, Mimeo, Texas A&M University
- Yavas, A. (2002), "Endogenous Outside Options in Coordination Games: Experimental Evidence" in *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 47, pp. 221-236.

Appendice A

Fig. 8

Andamento del payoff netto istantaneo nelle prime fasi della simulazione nella parametrizzazione benchmark

