

# **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE**

**Sede Amministrativa del Dottorato di Ricerca**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE DIPARTIMENTO DI PSICOLOGIA

XXXIII CICLO DEL  
DOTTORATO DI RICERCA IN  
NEUROSCIENZE E SCIENZE COGNITIVE – INDIRIZZO PSICOLOGIA  
Settore scientifico-disciplinare M - PSI/01

## **IL RUOLO DELLA “LEGGE DELL'EFFETTO” NEI COMPITI DI SCELTA ITERATA: UN'ANALISI SPERIMENTALE DEI GIOCHI A UNA E DUE PERSONE**

**DOTTORANDO**

**Antonio Napoli**

**RESPONSABILE DOTTORATO DI RICERCA**

Prof. Tiziano Agostini

**SUPERVISORE**

Prof. Danilo Fum – Università di Trieste

**RELATORE**

Prof. Danilo Fum – Università di Trieste

**ANNO ACCADEMICO 2009/2010**

## **Indice**

<b>Introduzione</b>	3
<b>Capitolo 1: Teorie neuroscientifiche sui compiti di scelta iterata</b>	9
<b>Capitolo 2: Modelli di comportamento dei <i>Multi - Armed Bandit</i></b>	13
<b>Capitolo 3: L'Iowa Gambling Task</b>	20
<b>Capitolo 4: Primo Esperimento</b>	28
<b>Capitolo 5: Secondo Esperimento</b>	35
<b>Capitolo 6: Terzo Esperimento</b>	42
<b>Capitolo 7: Introduzione alla Teoria dei Giochi</b>	52
<b>Capitolo 8: Quarto Esperimento</b>	57
<b>Capitolo 9: Quinto Esperimento</b>	66
<b>Capitolo 10: Conclusioni</b>	75
<b>Appendice A: Materiali</b>	
<b>Appendice B: Matrici dei mazzi di tutti gli esperimenti dell'Iowa Gambling Task</b>	
<b>Bibliografia</b>	

## Introduzione

Negli ultimi decenni la Psicologia ha influenzato pesantemente le teorie degli economisti relative al comportamento degli esseri umani in problemi classici quali finanza (pubblica e privata), teoria dei giochi, legge (Camerer, Loewenstein, & Prelec, 2004). Tale influenza è stata talmente preponderante da portare a una ristrutturazione del sapere e alla nascita di nuove discipline, quali l'Economia Comportamentale (*Behavioral Economics*) e la Neuroeconomia (Camerer, Loewenstein, & Prelec, 2005). L'Economia Comportamentale nasce dall'intreccio fra economia e studi di psicologia sperimentale che vanno sotto il nome di “Ricerca Comportamentale in Presa di decisione” mentre la Neuroeconomia nasce dall'incontro fra Economia e Neuroscienze. La divisione fra le due discipline è più storica che reale: la notevole diffusione degli studi di neuroimmagine e attività cerebrale degli ultimi dieci anni rendono impossibile parlare di qualunque compito sperimentale senza fare riferimento alla letteratura sui circuiti neurali attivi durante l'esecuzione del compito. Pertanto in questa tesi, pur non disponendo di dati di neuroimaging di prima mano in quanto i dati raccolti sono esclusivamente comportamentali, si privilegerà un approccio integrato che cerchi di interpretare i risultati anche su base neurofisiologica.

Camerer et al. (2005) riportano una serie di implicazioni per l'economia che derivano dalle neuroscienze. Gli economisti caratterizzano le differenze individuali in termini di: “capacità di dilazionare il piacere”, “propensione al rischio” e “propensione all'altruismo”. Tuttavia i dati, soprattutto quelli comportamentali, forniti dalla psicologia dimostrano che queste caratteristiche non sono stabili, nella stessa persona, in situazioni diverse. Le cause di tale instabilità sono due: la prima è che il comportamento degli esseri umani è dipendente dal contesto, vale a dire molto più influenzabile dalle informazioni contestuali rispetto a quanto teorizzato dagli economisti; la seconda è che probabilmente la scelta di caratterizzare le differenze individuali in questi termini è errata. Un'illustrazione di questo fenomeno è descritta da Camerer et al. (2005) in relazione alla capacità di dilazionare il piacere – la capacità di rinunciare ad una ricompensa immediata in favore di una maggiore ricompensa futura. Secondo gli autori, a volte si assume che i fumatori abbiano una scarsa

capacità di dilazione del piacere anche in altri ambiti quali gli investimenti e i risparmi, ma le conoscenze attuali sulla modularità delle strutture cerebrali suggeriscono che, anche se è plausibile che alcune strutture cerebrali siano coinvolte in tutte le situazioni di dilazione del piacere (ad esempio la corteccia prefrontale), e quindi che ci sia una componente comportamentale condivisa in tutte le situazioni di questo genere, è probabile ogni situazione coinvolga strutture cerebrali diverse, che producono quindi comportamenti scarsamente correlati fra loro.

Camerer (Camerer et al., 2005), nel tentativo di fornire agli studi di economia una solida (e necessaria) base psicologica e neuroscientifica, propone una caratterizzazione dei processi cognitivi fondata su una coppia di distinzioni.

La prima distinzione è quella fra processi automatici e controllati. La psicologia cognitiva, da quando ha abbracciato la metafora della mente come elaboratore di informazioni, ha teorizzato un continuum di “dispendiosità” di risorse cognitive per i vari processi. Il concetto è stato poi rielaborato da Fodor (1983) che ha trasformato il “continuum” in un dualismo di costrutti: i moduli periferici e i processi centrali. Dal punto di vista delle neuroscienze potremmo definire processi controllati quelli che hanno sede nella corteccia prefrontale e che sono preposti a pianificazione, ragionamento, ecc. e processi automatici tutti gli altri. I processi automatici di Camerer condividono le stesse caratteristiche dei moduli di Marr: lavorano in parallelo, non richiedono sforzo, sono difficilmente accessibili alla coscienza, sono attivati in modo automatico. I processi controllati assomigliano ai processi centrali: lavorano serialmente, richiedono uno sforzo, sono attivati in maniera deliberata, sono accessibili alla coscienza. La maggior parte delle situazioni viene affrontata con i processi automatici, mentre i processi controllati intervengono solo nei casi di eventi inattesi o situazioni nuove, diverse dalla routine.

La seconda distinzione fa capo più alle neuroscienze che alla psicologia cognitiva. Negli anni '90 numerosi neuroscienziati hanno dato impulso allo studio delle emozioni (LeDoux, Damasio, Panksepp, Rolls), colmando la lacuna della psicologia cognitiva che studiava le emozioni allo stesso modo delle capacità cognitive come la lettura, la scrittura, la visione. I neuroscienziati non si concentrano sull'esperienza soggettiva delle emozioni, quanto piuttosto sulla loro funzione motivazionale e, di conseguenza, sull'effetto che hanno sul comportamento. La dimensione “emotiva” indica quindi tutti i processi che modificano il comportamento in senso attrattivo / repulsivo verso uno stimolo o verso la ripetizione / evitamento di un comportamento. In questo senso sono emozioni la paura, la rabbia, il disgusto, ma anche il desiderio sessuale, la sete, la fame, il dolore.

Lo schema teorico di Camerer et al. (2005) divide i processi cognitivi in quattro categorie, o “quadranti”.

I quadranti III e IV governano quasi tutta la vita degli esseri umani, mentre il quadrante I entra in gioco solo nei casi di riflessione deliberata nella quale si soppesano i pro e i contro di una decisione o di una situazione. Il II quadrante è il più raro da vedere all'opera. Concerne solo gli attori che si sforzano di provare delle emozioni in modo volontario mentre recitano.

Questa tesi si focalizza sui quadranti III e IV, quindi sul funzionamento dei processi automatici – cognitivi ed emotivi. Più in particolare, l'interesse si focalizza sulla raccolta e integrazione di informazioni nell'ambiente, in situazioni di presa di decisione nelle quali le uniche informazioni rilevanti derivano dall'esperienza. Negli esperimenti riportati in questa tesi i partecipanti affrontano ripetutamente uno stesso problema di presa di decisione, prova dopo prova, e devono capire quali sono le migliori alternative sulla base dei feedback ricevuti durante l'esperimento. Questi sono i *compiti di scelta iterata*.

Il feedback consiste in un certo punteggio che viene assegnato – o sottratto – in base alla scelta compiuta. Non c'è quindi alcun tipo di ragionamento che possa aiutare a capire quali sono le scelte migliori, ma è solo una questione di mantenere un conteggio dei punti ottenuti tramite ciascuna scelta. L'assenza di motivi razionali per scegliere un'alternativa piuttosto che un'altra fa supporre che non ci sia alcun coinvolgimento di processi controllati.

Sia gli economisti che gli psicologi si sono occupati del problema dell'integrazione dell'esperienza passata, o, *tout-court*, del problema della presa di decisione in compiti di scelta iterata.

Per quel che riguarda gli psicologi, i compiti di scelta iterata hanno un precursore negli esperimenti dei comportamentisti. Tutti i paradigmi sperimentali che avevano lo scopo di studiare il meccanismo di apprendimento del condizionamento operante possono essere considerati compiti di scelta iterata. Nei labirinti a T, ad esempio, i topi sono posti sempre di fronte alla medesima situazione e devono, tramite i feedback raccolti nelle varie prove, imparare qual è il braccio del labirinto che porta al cibo. Analogamente nella “gabbia di Skinner” l'animale deve imparare quale azione compiere per ottenere una ricompensa o per evitare una punizione. In entrambi i casi, come nei paradigmi di scelta iterata, il valore di ciascuna alternativa è sconosciuto all'animale all'inizio dell'esperimento e deve essere appreso in base al feedback ottenuto in ciascun trial.

La formulazione della prima legge relativa all'apprendimento nei compiti di scelta iterata si

deve a Thorndike (1898). La sua *legge dell'effetto* costituirà il fulcro della teoria del condizionamento operante dei comportamentisti: “Quando un comportamento produce un effetto soddisfacente, la probabilità che venga esibito nella stessa situazione aumenta, e quando un comportamento produce un effetto spiacevole, la probabilità che venga esibito nella stessa situazione diminuisce”. La legge dell'effetto è la semplificazione estrema di qualunque processo di apprendimento: se l'organismo (animale, nel caso degli esperimenti di Thorndike) ottiene una ricompensa, tende a ripetere l'azione appena compiuta, mentre se ottiene una punizione tende a non ripetere quell'azione. Nella legge dell'effetto non si fa alcun riferimento alla grandezza della ricompensa / punizione, quindi se due azioni consentono di ottenere una ricompensa con la stessa frequenza, l'organismo non mostra alcuna preferenza.

Nonostante la semplicità estrema, questa legge sembra in grado di fornire una spiegazione del comportamento degli animali nel loro ambiente naturale. Immaginiamo un animale che esplori siti diversi alla ricerca di cibo, ad esempio uno scimpanzè che esplori diverse zone della giungla alla ricerca di banane. Possiamo ipotizzare che le fonti di cibo nei diversi luoghi visitati differiscano più nella *frequenza* con la quale è possibile trovare del cibo che nella *quantità* del cibo trovato. Nel caso dello scimpanzè, è più semplice spostarsi nell'area dove ha trovato più spesso banane piuttosto che nell'area dove ha trovato le banane più grandi. La letteratura di psicologia comparata non riporta esperimenti che confortino questa ipotesi, eccetto per lo studio di Schneider (1973). Schneider ha dimostrato che i piccioni preferiscono ricevere un maggior numero di razioni di cibo piccole rispetto ad un numero minore di razioni di cibo grandi, anche a discapito della quantità complessiva di cibo. I piccioni non riescono a tenere il conto della quantità di cibo raccolta in un determinato sito, ma riescono solo a ricordare la frequenza con la quale ne hanno ricevuto.

Nel caso dei compiti di scelta iterata con partecipanti umani non viene richiesto di premere leve e percorrere labirinti, né vengono offerti loro cibo e scosse elettriche, ma solitamente i partecipanti devono operare una scelta fra una serie di alternative presentate sul monitor di un computer. In base alla scelta compiuta essi ricevono un certo numero di punti ed il loro scopo è concludere l'esperimento con il maggior punteggio possibile. L'esperimento termina dopo un numero di scelte predeterminato, sconosciuto ai partecipanti. In altri esperimenti di scelta iterata – i cosiddetti compiti *Go/No Go* – i partecipanti ricevono solo un feedback del tipo giusto/sbagliato, senza nessun punteggio. Ad esempio, nei compiti sperimentali utilizzati da Frank, Moustafa, Haughey, Curran, e Hutchinson (2007), i partecipanti devono scegliere uno fra due caratteri giapponesi, ad ognuno dei quali è abbinata una

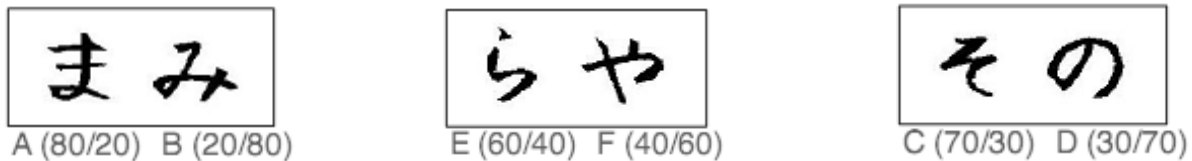


Figura 1. Stimoli utilizzati da Frank et al. (2007). Illustrazione tratta dall'articolo.

determinata probabilità di essere la risposta corretta (vedi figura 1).

Le alternative differiscono quindi solo in base alla *probabilità* di fornire una ricompensa o una punizione. L'assenza della variabilità della grandezza di ricompensa e punizione rende i compiti Go/No Go simili agli esperimenti sugli animali, che utilizzano solo feedback del tipo giusto / sbagliato (assenza / presenza di ricompensa o assenza / presenza di punizione).

Berns e Sejnowski (1995) introducono la formalizzazione dei compiti di scelta iterata all'interno delle neuroscienze indicandoli come *Multi – Armed Bandits Tasks* (MAB), terminologia ripresa dagli studi di economisti degli anni '80 (vedi Whittle, 1980). Berns & Sejnowski paragonano i MAB ad una situazione nella quale il partecipante si trova davanti ad una slot machine con diversi bracci. L'esito di ogni singola scelta è estratto a caso da una distribuzione normale, con *me dia* e deviazione standard diverse per ogni braccio. Le istruzioni richiedono al partecipante di tirare le leve nell'ordine che preferisce in modo da massimizzare il punteggio totale. A seconda della media e della deviazione standard gli esiti possono essere sia positivi che negativi.

I MAB sono una semplificazione da laboratorio delle situazioni nelle quali è necessario integrare le informazioni su ricompense e punizioni nel tempo. Indipendentemente dalla forma specifica del compito sperimentale c'è concordanza sul fatto che in questo processo sia criticamente implicato il circuito della Dopamina, comprendente il sistema dei gangli della base – in particolare lo striato ventrale e la substantia nigra – e l'area prefrontale, in particolare la corteccia prefrontale ventromediale. Il primo circuito, filogeneticamente più antico, è responsabile principalmente di tenere conto delle probabilità di occorrenza di ricompense e punizioni: infatti, i neuroni dopaminergici dei gangli della base non sono in grado di veicolare informazioni riguardanti la *grandezza* dei rinforzi ricevuti – e questo ne fa praticamente il substrato neurale della Legge dell'Effetto! Al contrario, la corteccia prefrontale può codificare ed integrare le informazioni sulla grandezza dei rinforzi. Questo pone in potenziale contrasto le due strutture: l'una è orientata verso la scelta delle alternative che presentano ricompense più frequenti e l'altra è invece orientata verso le alternative che appaiono più remunerative in base all'integrazione di tutti i feedback ricevuti. L'idea che ci siano due processi in

contrasto all'opera nei MAB è stata suggerita da più parti (Damasio, 1994; McLure, Laibson, Loewenstein, & Cohen, 2004; Frank & Claus, 2006), ma non è ancora chiaro quali siano i due processi cognitivi che definiscono questo dualismo. La mia personale idea – che cercherò di supportare in questo lavoro – è che spesso non sia necessario ricorrere alla potenza esplicativa del doppio processo, perchè in molti casi il processo all'opera è uno solo – quello più “economico” in termini di risorse cognitive, localizzato nei gangli della base – e solo in alcuni casi vengono reclutati processi cognitivi più dispendiosi.



## Capitolo 1: Teorie neuroscientifiche sui compiti di scelta iterata

L'attività di ricerca svolta in questo dottorato è stata ispirata da due teorie: l'Ipotesi del Marcatore Somatico di Damasio (Damasio, 1994; Bechara & Damasio, 2005) e i modelli a reti neurali di Frank (Frank, 2005; Frank e Claus, 2006). Entrambe le teorie cercano di spiegare il contributo delle aree cerebrali deputate all'integrazione delle informazioni su rinforzi e punizioni. Nelle situazioni prese in considerazione da queste teorie non si applicano processi di ragionamento formale, ed infatti, nei compiti di laboratorio utilizzati per simulare queste situazioni – i compiti di scelta iterata – l'unico modo per riuscire nel compito è tenere un conteggio dei rinforzi ottenuti da ciascuna alternativa – non c'è nessun motivo razionale per scegliere un'alternativa rispetto ad un'altra. Questo filone di ricerca ricade all'interno dei quadranti III e IV della tassonomia di Camerer et al. (2005).

Il nucleo dell'Ipotesi del Marcatore Somatico (Damasio, 1994; Bechara & Damasio, 2005) è che la presa di decisione sia mediata dalle emozioni. Con il termine “emozioni” non si intende il vissuto soggettivo dell'emozione, ma lo stato di attivazione somatica che le accompagna, in linea con la teoria di James (1884) secondo la quale a particolari stimoli ambientali corrispondono specifici quadri di attivazione corporea.

Damasio divide le emozioni in primarie, che sono scatenate dalla percezione di determinati stimoli, detti induttori primari, ed emozioni secondarie, che sono causate dalla rievocazione degli induttori primari. La prima volta che si esperisce uno stato somatico associato ad un induttore primario si forma un'associazione fra il ricordo dello stimolo e lo stato somatico corrispondente. Da quel momento in poi, ogni volta che si rievoca lo stimolo si riattiva lo stato somatico associato – si riattiva quindi l'emozione secondaria associata a quello stimolo. Nel momento in cui si prende in esame una possibile alternativa in una situazione di presa di decisione, si rievocano i ricordi delle conseguenze di quell'azione, che funzionano da induttori per le emozioni secondarie associate. Se le conseguenze dell'azione hanno avuto esiti negativi, e pertanto sono induttori di emozioni spiacevoli, il corso d'azione viene eliminato dalla lista delle scelte prese in considerazione; se invece le conseguenze sono associate ad emozioni positive, il corso d'azione viene incentivato. Tali emozioni (sia positive che

negative) prendono il nome di *Marcatori Somatici*, e costituiscono quindi un sistema di integrazione delle esperienze passate.

Il meccanismo dei Marcatori Somatici risiede in due strutture: la corteccia orbitofrontale (che contiene le associazioni fra ricordo degli stimoli e ricordo degli stati somatici) e l'amigdala (che attiva le emozioni primarie). L'amigdala causa una risposta somatica che attribuisce una valenza immediata allo stimolo, mentre la corteccia orbitofrontale produce una risposta più lenta, che ri - attribuisce la valenza allo stimolo integrando tutte i ricordi delle conseguenze della scelta quando è stata compiuta in passato. In alcuni casi ci può essere contrapposizione fra gli stati somatici attivati dall'amigdala e gli stati somatici attivati dalla corteccia orbitofrontale. Solitamente questo succede quando bisogna scegliere fra un'alternativa immediatamente vantaggiosa ed un'alternativa più vantaggiosa, ma solamente a lungo termine (cfr. capacità di dilazionare il piacere nel capitolo precedente). Nel caso della teoria di Damasio non c'è una vera e propria contrapposizione in quanto le due strutture – amigdala e corteccia Orbitofrontale – sono sempre contemporaneamente attive di fronte agli stimoli, la prima segnalando la valenza immediata e l'altra segnalando la valenza “a lungo termine” (Bechara & Damasio, 2005). La scelta di un'alternativa piuttosto che di un'altra è sempre determinata dall'azione contemporanea di entrambe le strutture.

Il modello di Frank (Frank e Claus, 2006) cerca di rendere conto dell'integrazione dell'attività di corteccia Orbitofrontale e Gangli della Base. Secondo gli autori, il sistema dei Gangli della Base, e più in particolare i neuroni dopaminergici di quest'area, sono specializzati nell'integrare feedback negativi e positivi nel corso di numerose prove e sono responsabili della creazione di abitudini motorie. Nel modello questo sistema può segnalare solamente un *go* o un *no – go* per una determinata azione, e solo sulla base della probabilità di ottenere una ricompensa o una punizione. L'ipotesi degli autori è che i neuroni dopaminergici non siano in grado di veicolare le informazioni sulle grandezze di ricompense e punizioni. La corteccia Orbitofrontale è invece in grado di memorizzare questa dimensione, ed è in grado di influenzare la presa di decisione in due modi. Tramite le connessioni alla corteccia premotoria può associare determinate azioni a determinati rappresentazioni di ricompense o punizioni, influenzando il processo decisionale in modo Top – Down. Inoltre, può influenzare il sistema striatale a rispondere con un *go* o *no – go* per una determinata azione, forzando quindi il sistema a prendere in considerazione anche la grandezza dei rinforzi e non solo la loro frequenza. Nel modello di Frank e Claus c'è quindi un vero e proprio contrasto, o meglio una modulazione, della corteccia Orbitofrontale sul sistema dei Gangli della Base.

Secondo entrambi i modelli, nel caso di un danno alla corteccia Orbitofrontale i pazienti non riescono ad integrare correttamente le informazioni su perdite e punizioni e quindi rimangono sensibili alle alternative più vantaggiose in base alle conseguenze immediate (Damasio, 1994) oppure alle alternative che presentano ricompense più frequenti indipendentemente dalla grandezza (Frank e Claus, 2006).

Mi sono avvicinato a questo filone di ricerca durante la tesi di laurea (Napoli, 2007) con un esperimento sull'Iowa Gambling Task (Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994), il *Multi – Armed Bandit* ideato dal gruppo di ricerca di Damasio per portare delle evidenze sperimentali a sostegno dell'Ipotesi del Marcatore Somatico. I risultati dell'esperimento della mia tesi, somministrato ad un campione di studenti universitari, sembravano più vicini alla posizione di Frank e Claus che non a quella di Damasio, anzi collimavano perfettamente con i risultati attesi dal modello di Frank e Claus nel caso di pazienti con danno alla corteccia Orbitofrontale. Per spiegare i risultati non era necessario postulare il coinvolgimento di un processo cognitivo sensibile alla grandezza di ricompense e punizioni, e pertanto si concludeva che, da un punto di vista neuroscientifico, non c'era influenza del sistema della corteccia Orbitofrontale, ma il comportamento era interamente spiegabile in termini di frequenze di ricompense e punizioni, e quindi ricalcava perfettamente il funzionamento dei Gangli della Base. Da un punto di vista comportamentale, era tutto spiegabile in base alla Legge dell'Effetto (Thorndike, 1898).

Questi risultati sono stati il punto di partenza per l'attività di ricerca del dottorato. Il Primo Esperimento (capitolo 4) ha avuto lo scopo di rafforzare ed allargare le conclusioni dell'esperimento della tesi. Il Terzo Esperimento (capitolo 6) ha definito meglio il concetto di “ricompense” e “punizioni”. Il Secondo Esperimento (capitolo 5) è stato un tentativo (parzialmente riuscito) di far emergere, a livello comportamentale, il funzionamento di un circuito sensibile alla grandezza di ricompense e punizioni. Il quadro complessivo che emerge da questi esperimenti è che il processo cognitivo che spinge i partecipanti a scegliere in base alla Legge dell'Effetto spiega in buona parte i nostri risultati. Non è necessario ipotizzare il coinvolgimento di un processo “superiore” (quale dovrebbe essere il sistema situato nella corteccia Orbitofrontale, in quanto filogeneticamente più recente, e cognitivamente più dispendioso). La mia interpretazione, che ritengo di poter generalizzare anche ad altri *Multi – Armed Bandit*, è quindi riduzionista: ritengo che in molti casi il comportamento sia spiegabile in termini di un minor numero di processi rispetto a quanto ipotizzato dalle teorie di Damasio e Frank.

Il Quarto e Quinto Esperimento applicano la prospettiva riduzionista ad un altro ambito dell'economia che ha beneficiato dell'incontro con la psicologia: la Teoria dei Giochi (Von Neumann e Morgenstern, 1944) che, sfruttando metodi ed intuizioni della psicologia, è diventata Teoria dei Giochi Comportamentale (*Behavioral Game Theory*; Camerer, 2003). In anni recenti le neuroscienze si sono interessate delle strutture cognitive coinvolte nelle situazioni di Teoria dei Giochi, ed alcuni studiosi hanno proposto che in queste situazioni si attivino, in maniera automatica, una serie di circuiti neurali specificamente deputati all'interazione con gli altri esseri umani (vedi Krueger, Grafman e McCabe (2008) per una *review* della letteratura). Tuttavia, dato l'elevato numero di caratteristiche in comune tra le situazioni di gioco riprodotte in laboratorio e i Multi – Armed Bandit (vedi capitolo 7), ci si è chiesto se fosse possibile, nell'ottica della “massima parsimonia”, spiegare il comportamento dei partecipanti nelle situazioni di gioco tramite gli stessi modelli di comportamento applicati nei *Multi – Armed Bandit*. I risultati hanno dimostrato che anche in questo caso è possibile spiegare i risultati ottenuti mediante un minor numero di processi rispetto a quelli presentati da Krueger et al. (2008).

## Capitolo 2: Modelli di comportamento dei *Multi – Armed Bandit*

Il termine *Multi – Armed Bandit* (MAB) è stato introdotto per la prima volta da Whittle (1980), nel campo degli studi economici, tuttavia gli economisti non si sono interessati – fino a tempi recenti – allo studio del comportamento dei partecipanti raccolto tramite studi sperimentali, quanto piuttosto alla formulazione di leggi matematiche che derivano da una serie di assunti completamente teorici e non sperimentali (Camerer, 2003). In tempi recenti gli economisti si sono interessati ai modelli e agli strumenti della psicologia e l'incontro fra problemi di ricerca dell'economia e metodologia della psicologia ha portato alla nascita dell'*Economia Comportamentale* (Camerer et al., 2004).

I primi studi sperimentali di apprendimento in compiti di scelta iterata risalgono agli anni '50 e '60 (*review*: Estes, 1964, 1976; Luce & Suppes, 1965) e prevedevano dei compiti di *binary choice*, ovvero un MAB con due sole scelte.

Questi studi sono stati ripresi in tempi recenti da Erev & Barron (2005) che hanno utilizzato l'enorme pool di dati raccolti dagli psicologi degli anni '50 e '60 per costruire un modello di apprendimento.

Gli autori comprendono nella loro *review* tre diversi paradigmi sperimentali:

Il paradigma originale degli anni '50 e '60: in ogni prova il partecipante deve predire quale fra due eventi mutuamente esclusivi accadrà – per esempio quale fra due luci si accenderà. Il partecipante non ha nessuna informazione sulle probabilità di occorrenza dei due eventi, che non cambiano durante l'esperimento, ma sa quanti punti riceve in caso di scelta corretta e in caso di scelta errata. Dopo ogni prova il partecipante riceve un feedback su quale evento si è verificato e può quindi calcolare sia l'esito ottenuto che quello che avrebbe ricevuto se avesse scelto l'altra alternativa. Questo paradigma è quindi un MAB nel quale i partecipanti conoscono prima dell'inizio dell'esperimento tutti gli esiti possibili e ricevono informazioni sugli esiti delle alternative che non hanno scelto.

Il secondo paradigma riguarda una scelta fra due alternative (due bottoni senza alcuna etichetta presentati sullo schermo di un computer). Ad ogni prova il partecipante clicca su uno dei due bottoni.

Ad ogni bottone è associato un valore estratto a caso da una distribuzione; la distribuzione non cambia durante l'esperimento. Dopo ogni prova i partecipanti ricevono un feedback sul punteggio ottenuto. In questo caso il compito è in tutto e per tutto simile ai MAB descritti nell'introduzione, in quanto i partecipanti non hanno alcuna informazione pregressa sugli esiti e non hanno accesso all'informazione sul punteggio che avrebbero ottenuto con l'altra alternativa.

Il terzo paradigma è identico al secondo eccetto per il fatto che i partecipanti, dopo ogni scelta, ricevono anche un feedback sul numero di punti che avrebbero ottenuto compiendo l'altra scelta.

Se si assume che i partecipanti siano completamente razionali, dopo una fase di *esplorazione* nella quale campionano le alternative al fine di raccogliere informazioni sul loro valore atteso, dovrebbero scegliere sempre l'alternativa che consente di ottenere il maggior numero di punti, un comportamento detto di *massimizzazione* o *sfruttamento*. Erev e Barron (2005) riportano tre noti *bias* di deviazione dalla massimizzazione negli studi di *binary choice*.

Il primo bias è il *Payoff Variability Effect*, in base al quale i partecipanti deviano dalla massimizzazione all'aumentare della variabilità di una delle alternative. Ad esempio, in un compito sperimentale presentato con il secondo paradigma, il comportamento dei partecipanti è diverso nelle tre situazioni descritte di seguito, nonostante l'alternativa "A" abbia in tutti i casi un valore atteso di 10 punti e l'alternativa "B" un valore atteso di 11 punti:

### **Compito 1**

**A** 11 punti con probabilità 1,0

**B** 10 punti con probabilità 1,0

#### **Proporzioni di scelta:**

**A** 0,9

**B** 0,1

### **Compito 2**

**A** 11 punti con probabilità 1,0

**B** 19 punti con probabilità 0,5 e 1 punto con probabilità 0,5

#### **Proporzioni di scelta:**

**A** 0,71

**B** 0,29

### **Compito 3**

**A** 21 punti con probabilità 0,5 e 1 punto con probabilità 0,5

**B** 10 punti con probabilità 1,0

#### **Proporzioni di scelta:**

**A** 0,57

**B** 0,43

Confrontando i dati del primo e del secondo compito si deduce che l'aumento variabilità di B ha l'effetto di spingere i partecipanti verso l'alternativa più rischiosa (B). Confrontando i dati del secondo e del terzo compito si riscontra invece l'effetto opposto, ovvero l'aumento della variabilità di A ha l'effetto di spingere i partecipanti ad evitare l'alternativa rischiosa e scegliere di più B. L'effetto dell'aumento della variabilità non si può quindi ridurre ad un aumento dell'avversione o della propensione al rischio, ma causa un aumento della variabilità del comportamento.

Il secondo bias è l'*Underweighting of Rare Outcomes*, in base al quale i partecipanti preferiscono l'alternativa che presenta l'esito più elevato la maggior parte delle volte. Ad esempio, in questo compito presentato con il secondo paradigma:

### **Compito 4:**

**A** 32 punti con probabilità 0,1 e 0 punti con probabilità 0,9 (valore atteso: 3,2)

**B** 3 punti con probabilità 1,0

#### **Proporzioni di scelta:**

**A** 0,24

**B** 0,76

La proporzione di scelte da A diminuiva sempre più con il proseguire dell'esperimento.

Questo effetto si verifica anche quando entrambe le alternative sono rischiose (presentano entrambe una certa probabilità di fornire 0 punti) e anche in una situazione di perdita (quando entrambe le alternative fanno perdere punti anziché guadagnare). Erev e Barron rilevano che questo comportamento è esattamente l'opposto di quello riscontrato da Kahneman e Tversky nei loro compiti di scelta, nei quali i partecipanti *sovrasstimavano* le basse probabilità (Kahneman & Tversky, 1979).

Il terzo bias è il *Loss Aversion*: i partecipanti preferiscono le alternative che presentano una minore probabilità di perdite. Ad esempio, in questo esperimento presentato con il secondo paradigma:

**Compito 5:**

**A** Distribuzione Normale con Media 100 e deviazione standard 354

**B** Distribuzione Normale con media 25 e deviazione standard 17,7 (media = 25,63), senza esiti negativi (valore atteso 25,63)

**Proporzioni di scelta:**

**A** 0,32

**B** 0,68

Barron e Erev (2003) hanno somministrato ai partecipanti un compito nel quale aggiungono 1200 punti alla media di entrambe le distribuzioni del compito 5, in modo che nessuna delle due alternative presenti esiti negativi. La situazione diventa:

**Compito 6:**

**A** Distribuzione Normale con Media 1300 e deviazione standard 354

**B** Distribuzione Normale con media 1225 e deviazione standard 17,7

Proporzioni di scelta:

**A** 0,56

**B** 0,44

In questo caso il comportamento di massimizzazione è molto più elevato rispetto alla precedente situazione, compatibilmente con quanto atteso dal *bias*.

**Il modello di Erev & Barron**

Erev e Barron propongono un modello di apprendimento, il *RELACS*, un modello gerarchico nel quale esistono tre strategie di scelta. La probabilità che una delle tre strategie venga impiegata per scegliere dipende dalla sua efficacia nelle prove precedenti: le strategie che portano punteggi più elevati vengono ri-selezionate nel futuro con maggiore probabilità.



La prima strategia di scelta è la *Fast Best Reply*, che aggiorna l'utilità delle scelte in base alla seguente equazione:

$$R_j(t+1) = R_j(t)[1 - \beta] + v(t)_j\beta$$

Dove:

$v(t)$  è il payoff dell'alternativa  $j$  osservato nella prova  $t$ , e  $\beta$  (compreso fra 0 e 1) è un parametro di recenza: valori elevati di questo parametro aumentano il "peso" delle scelte più recenti.

Il valore delle alternative che non sono state selezionate nella prova  $t$  non vengono aggiornate.

Il valore iniziale di  $R(j)$  è uguale al valore atteso nel caso di scelta completamente casuale, pertanto può essere calcolato solo conoscendo le distribuzioni degli esiti di ciascuna alternativa.

La scelta avviene in maniera deterministica: viene sempre selezionata l'alternativa con il valore di  $R$  più alto.

La seconda strategia di scelta è la *Loss Aversion and Case-Based Reasoning*. Questa strategia si articola in due passaggi. Nel primo passaggio si estraggono a caso due esiti fra quelli precedentemente esperiti, uno per ogni alternativa, e si identifica l'alternativa con l'esito più alto. Nel secondo passaggio si estraggono altri  $k$  esiti per ogni alternativa e si calcolano due parametri di valutazione:

- il numero di volte che ciascuna alternativa fa perdere
- il totale di punti che fa perdere.

Se in entrambi i casi l'alternativa peggiore è quella selezionata nel primo passaggio, allora questa viene scartata e si sceglie l'altra. In caso contrario si seleziona quella identificata nel primo passaggio.

La terza strategia di scelta è la *Diminishing Random Choice and Slow Best Reply With Exploration*. Questa strategia si fonda sull'idea che le scelte dei partecipanti convergono lentamente verso l'alternativa migliore. La velocità di convergenza è inversamente proporzionale alla variabilità degli esiti (più variabilità = convergenza più lenta).

La probabilità che venga scelta un'alternativa viene calcolata sulla base della seguente

equazione:

$$p_j(t) = e^{W_j(t) \lambda / S(t)} / \sum(e^{W_k(t) / \lambda S(t)})$$

dove:

$\lambda$  è un parametro che governa il trade - off fra esplorazione e sfruttamento (a valori bassi corrisponde maggiore esplorazione),  $W_j(t)$  è il payoff associato all'alternativa  $j$ , e  $S(t)$  è una misura di variabilità degli esiti.

$W_j(t)$  è calcolato in modo simile all'utilità delle alternative nella prima strategia:

$$W_j(t+1) = W_j(t) [1 - \alpha] + v(t)_j \alpha$$

$\alpha$  è compreso fra 0 e  $\beta$ , pertanto questo implica che il ritmo di aggiornamento di questi valori di utilità sia minore del ritmo di aggiornamento delle utilità della prima strategia.

$S(t)$  è determinato da:

$$S(t+1) = S(t) [1 - \alpha] + ABS[v(t)] - ABS[Max(Last1, Last2)] \alpha$$

dove:

$ABS[v(t)]$  è il valore assoluto del payoff appena ottenuto e  $ABS[Max(Last1, Last2)]$  è il valore assoluto dell'esito più elevato fra gli ultimi ottenuti da ciascuna delle due alternative.

La meta-strategia che permette di scegliere fra le tre appena presentate segue le stesse regole della *Diminishing Random Choice and Slow Best Reply With Exploration*.

Il modello di Erev e Barron descrive efficacemente il comportamento dei partecipanti in numerosi compiti sperimentali. Presenta due problemi dal punto di vista della psicologia: il primo è che non fa alcuna assunzione sui meccanismi cognitivi; il secondo è una diretta conseguenza del primo: le

strategie non sono plausibili dal punto di vista cognitivo. La prima e la terza strategia richiedono infatti la conoscenza della media degli esiti, informazione sconosciuta ai partecipanti all'inizio dell'esperimento; la seconda presuppone una memoria precisa ed illimitata di tutti gli esiti esperiti.

Le strategie *Fast Best Reply* e *Diminishing Random Choice and Slow Best Reply With Exploration* del modello di Erev e Barron ricadono all'interno della categoria dei modelli di *Reinforcement Learning*. Questi modelli non presuppongono necessariamente la conoscenza degli esiti associati alle alternative prima dell'inizio dell'esperimento, e pertanto possono essere utilizzati per creare dei modelli di comportamento dei MAB cognitivamente plausibili. Essi sono caratterizzati da tre passi di computazione (Ahn, Busemeyer, Wagenmakers, & Stout, 2008): (1) la scelta di un'opzione, (2) la codifica della conseguenza di quell'azione, (3) l'integrazione della conseguenza in un formato che permetta il confronto con le altre opzioni.

Le caratteristiche più importanti, ai fini di questa tesi, dei modelli di *Reinforcement Learning* sono due:

operano su indici sintetici, cioè che utilizzano gli esiti ricevuti per ottenere un singolo valore di utilità per ogni alternativa, e non lavorano, come altri modelli, su singole istanze (come ad esempio la strategia *Loss Aversion and Case-Based Reasoning* del RELACS);  
aggiornano, ad ogni prova, solo l'utilità dell'alternativa a cui si riferisce l'esito appena ricevuto.

La prima caratteristica li rende utili per modellare l'effetto sul comportamento dei Gangli della Base. Queste strutture infatti non memorizzano singoli episodi, ma integrano le informazioni su ricompense e punizioni e le codificano tramite un unico segnale – l'attività dei neuroni dopaminergici. Al contrario, la corteccia Orbitofrontale modula il comportamento memorizzando gli esiti recenti e mantenendoli attivi nella memoria di lavoro (Frank & Claus, 2006).

La seconda caratteristica implica che gli esseri umani non prestino attenzione agli esiti che avrebbero potuto ottenere, ma solo a quelli che hanno effettivamente ottenuto. Questa caratteristica diventerà centrale nella seconda parte di questa tesi, dedicata alla possibilità di applicare i modelli di spiegazione dei MAB alle situazioni di gioco

## Capitolo 3: L'Iowa Gambling Task

L'Iowa Gambling Task (IGT) è un test di laboratorio ideato da Bechara e colleghi (Bechara et al., 1994). Il test si propone come simulazione della presa di decisione nella vita quotidiana, ed in particolare si propone di investigare i deficit della capacità di prendere decisioni nei pazienti con lesioni alla corteccia Orbitofrontale. Ai partecipanti vengono presentati quattro mazzi di carte contrassegnati dalle lettere A, B, C, D. Ogni carta presenta una ricompensa e fa guadagnare un certo ammontare di denaro, ma a volte la carta presenta anche una punizione e fa perdere una certa somma. L'esperimento consiste nel selezionare una carta alla volta, da uno qualunque dei mazzi, in qualunque ordine: i partecipanti sono liberi di passare da un mazzo all'altro in qualunque momento. I partecipanti, che non sanno dopo quante scelte finisce l'esperimento, ricevono una certa somma di denaro finto in prestito all'inizio dell'esperimento ed hanno il compito di cercare di vincerne il più possibile e di perderne il meno possibile. Il totale dei soldi in loro possesso viene aggiornato ad ogni prova.

Ogni mazzo ha una sequenza fissa di carte (Tabella 3.1). Ogni carta dei mazzi A e B presenta una ricompensa fissa di 100 dollari, mentre ogni carta dei mazzi C e D presenta una ricompensa di 50. La frequenza delle carte che contengono punizioni è diversa nei quattro mazzi: una carta ogni dieci nei mazzi B e D e cinque carte ogni dieci nei mazzi A e C. La matrice è costruita in modo che ogni 10 carte dai mazzi A e B si ottenga in totale una perdita di 250\$, mentre ogni 10 carte dai mazzi C e D si ottenga una vincita totale di 250\$. I mazzi A e B sono pertanto detti mazzi "cattivi", mentre i mazzi C e D sono detti mazzi "buoni".

L'Iowa Gambling Task è stato ideato per discriminare, tramite un test di laboratorio, il comportamento dei pazienti con danno alla corteccia orbitofrontale dal comportamento delle persone sane. Nella vita quotidiana i pazienti, dopo il danno alla corteccia Orbitofrontale, cambiano drammaticamente la propria personalità ed il proprio comportamento. I sintomi più comuni comprendono irresponsabilità, tendenza al gioco d'azzardo e ad investimenti rischiosi, collezione di spazzatura (Damasio, 1994). I test neuropsicologici per le funzioni strumentali non riportano alcun deficit, così come i tradizionali test per le funzioni esecutive. La posizione di Damasio è che questi

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	100	0	50	0	50	0
2	100	0	100	0	50	0	50	0
3	100	-150	100	0	50	-50	50	0
4	100	0	100	0	50	0	50	0
5	100	-300	100	0	50	-50	50	0
6	100	0	100	0	50	0	50	0
7	100	-200	100	0	50	-50	50	0
8	100	0	100	0	50	0	50	0
9	100	-250	100	-1250	50	-50	50	0
10	100	-350	100	0	50	-50	50	-250
VA	<b>Cattivo</b>		<b>Cattivo</b>		<b>Buono</b>		<b>Buono</b>	

Tabella 3.1. Prime 10 scelte dei mazzi dell'Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994)

deficit comportamentali derivino da una più generale incapacità nell'integrazione di feedback negativi e positivi di esperienze passate, una capacità che risiede in un circuito neurale che comprende la corteccia Orbitofrontale (vedi capitolo 1, l'Ipotesi del Marcatore Somatico). Per poter identificare i mazzi “buoni” nell'IGT è necessario integrare le informazioni su ricompense e punizioni ottenute, pertanto l'integrità della corteccia Orbitofrontale è fondamentale.

L'indice di prestazione dell'IGT si ottiene sottraendo il numero di scelte dai mazzi “cattivi” al numero di scelte dai mazzi “buoni”. Un valore positivo implica quindi che siano state scelte più carte dai mazzi C e D e un valore negativo implica che siano state scelte più carte dai mazzi A e B. Gli autori riportano il valore di questo indice ogni 20 scelte, per descrivere l'andamento delle preferenze dei partecipanti. I partecipanti sani sono attratti inizialmente dai mazzi “cattivi”, perchè fanno guadagnare di più con ogni scelta, ma in seguito spostano le proprie scelte verso i mazzi “buoni” e riescono a concludere l'esperimento con più soldi di quelli con cui hanno iniziato (Figura 3.1, Bechara et al., 1994). I pazienti con danno alla corteccia Orbitofrontale si comportano in maniera simile ai partecipanti sani nelle fasi iniziali dell'esperimento, scegliendo un maggior numero di carte dai mazzi “cattivi”. In seguito, a differenza dei partecipanti sani, non spostano le proprie preferenze verso i mazzi “buoni”, ma continuano a concentrarsi sui mazzi “cattivi”, anche se questo comportamento li porta alla rovina economica (figura 3.1).

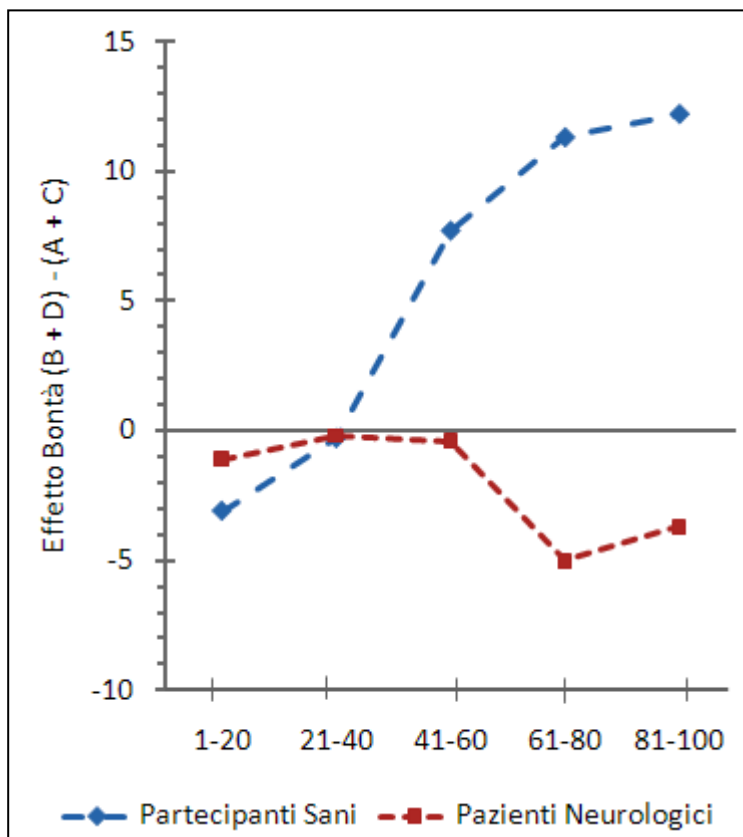


Figura 3.1. Risultati dell'IGT originale (figura ripresa da Bechara e Damasio, 2005).

delle proprie scelte, siano esse positive o negative, e quindi continuano a scegliere i mazzi più vantaggiosi a breve termine.

Per poter stabilire quale spiegazione fra le tre fosse quella corretta Bechara e colleghi (Bechara, Tranel, & Damasio, 2000) idearono una variante dell'esperimento nella quale la matrice era invertita (Tabella 3.2). Mentre nell'IGT originale ad ogni carta corrispondeva una ricompensa ed alcune carte presentavano anche una punizione, in questa variante ad ogni carta corrispondeva una punizione ed alcune carte presentavano anche una ricompensa. I mazzi "buoni" erano quelli che contenevano le perdite più elevate (100\$), mentre i mazzi "cattivi" erano quelli che contenevano le perdite più modeste (50\$). Si presentava quindi anche in questo caso il conflitto fra prospettiva a breve termine e a lungo termine. Sia i partecipanti sani che i pazienti neurologici si comportavano in maniera simile all'esperimento originale: mentre i partecipanti sani iniziavano con lo scegliere i mazzi "cattivi" e poi spostavano le proprie preferenze verso i mazzi "buoni", i pazienti con danno Orbitofrontale sceglievano i mazzi "cattivi" dall'inizio alla fine dell'esperimento. Sulla base di questi risultati gli autori ritengono

Bechara e colleghi (Bechara et al., 1994) ipotizzarono tre possibili spiegazioni per questo deficit:

1. i pazienti con danno Orbitofrontale sono eccessivamente sensibili alle ricompense rispetto alle punizioni
2. i pazienti con danno Orbitofrontale sono insensibili alle punizioni
3. i mazzi "cattivi" offrono una ricompensa immediata più alta, ma a lungo termine sono svantaggiosi, mentre i mazzi "buoni" offrono una ricompensa immediata più bassa, ma a lungo termine fanno vincere. Per poter superare il test bisogna quindi sacrificare una ricompensa immediata a favore di una ricompensa futura. I pazienti con danno Orbitofrontale sono insensibili alle conseguenze future

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-100	0	-50	0	-50	0
2	-100	0	-100	0	-50	0	-50	0
3	-100	150	-100	0	-50	50	-50	0
4	-100	0	-100	0	-50	0	-50	0
5	-100	300	-100	0	-50	50	-50	0
6	-100	0	-100	0	-50	0	-50	0
7	-100	200	-100	0	-50	50	-50	0
8	-100	0	-100	0	-50	0	-50	0
9	-100	250	-100	1250	-50	50	-50	0
10	-100	350	-100	0	-50	50	-50	250
<b>VA</b>	<b>Buono</b>		<b>Buono</b>		<b>Cattivo</b>		<b>Cattivo</b>	

Tabella 3.2. Prime 10 scelte dei mazzi dell'Iowa Gambling Task, versione invertita (Bechara et al., 2000)

falsificate le ipotesi 1 e 2: infatti i mazzi A e B, dai quali i pazienti sceglievano meno carte, sono sia quelli con le ricompense maggiori (ipotesi 1) sia quelli con le punizioni più elevate (ipotesi 2). Gli autori concludono che i pazienti restano ancorati ad una strategia locale (scegliere i mazzi che fanno perdere di meno ad ogni scelta) perché il danno alla corteccia Orbitofrontale impedisce loro di integrare le informazioni in proprio possesso riguardanti gli esiti passati al fine di identificare i mazzi “buoni”. In particolare ci sono due deficit che si sovrappongono: l’incapacità di mantenere in memoria di lavoro le informazioni utili a compiere la scelta; l’incapacità di assegnare una valenza, positiva o negativa, alle rappresentazioni dei mazzi.

### Revisioni dell'IGT

Negli anni successivi alla pubblicazione dell’IGT sono state studiate numerosissime varianti che avevano lo scopo di allargare il frame teorico descritto da Damasio e collaboratori o di confutare le conclusioni cui era giunto il gruppo (vedi Dunn, Dalgleish, & Lawrence, 2006 per una *review*). Nessuno studio ha però riesaminato i risultati comportamentali dell’IGT, cioè quelli relativi alle preferenze dei partecipanti. La maggior parte degli studi riporta infatti solo il punteggio ottenuto sottraendo il numero di scelte dai mazzi “cattivi” al numero di scelte dai mazzi “buoni”, e l’andamento del punteggio ogni 20 scelte, esattamente come nell’esperimento originale. Anche se tali studi confermano i dati ottenuti da Bechara e collaboratori, pochissimi riportano il numero di scelte dai singoli mazzi, e quindi non è apprezzabile la distribuzione di scelte all’interno delle coppie di mazzi

“cattivi” e mazzi “buoni”. Questa impostazione teorica implica che i partecipanti prendano in considerazione solo due caratteristiche dei mazzi: il guadagno immediato (che attrae i partecipanti inizialmente) e il guadagno a lungo termine (preferito dai partecipanti con il proseguire dell’esperimento).

Le matrici dei dell’IGT differiscono per quattro caratteristiche:

1. appetibilità: grandezza della ricompensa  
valore atteso: guadagno (o perdita) netta ogni dieci carte  
frequenza delle perdite: proporzione di carte che contengono una punizione  
grandezza media delle perdite: grandezza media delle punizioni

Le seconde due caratteristiche non sono state prese in considerazione da Bechara e colleghi, né dalla maggior parte dei laboratori che hanno utilizzato l’Iowa Gambling Task. Analizzando attentamente la letteratura, durante la tesi di laurea, si sono trovati una serie di studi che riportavano il numero di scelte da ogni singolo mazzo (Napoli, 2007).

Gli studi dimostravano che:

2. i mazzi A e B non sono “ugualmente cattivi”, perchè in molti casi il mazzo B è più scelto del mazzo A  
i mazzi C e D non sono “ugualmente buoni”, perchè il mazzo D è quasi sempre più scelto del mazzo C  
i partecipanti non hanno una chiara comprensione di quali siano i mazzi “buoni”, perchè spesso il mazzo B (cattivo) è scelto tanto quanto i mazzi C e D (buoni).

Questi dati sono in contrasto con quanto sostenuto da Bechara e colleghi, e suggeriscono che le dinamiche del comportamento (ovvero, il comportamento dei partecipanti nelle varie fasi dell’esperimento) non siano spiegabili solo in termini di valore atteso ed appetibilità. Il lavoro sperimentale di questa tesi mira a fornire una descrizione puntuale delle dinamiche del comportamento nell’IGT, prerequisito fondamentale per poter studiare e comprendere il funzionamento dei meccanismi cognitivi coinvolti.

### **L'effetto della Frequenza dell'Evento Contingente**

Nel lavoro del 2007 (Napoli, 2007) sono stati riportati i dodici studi che, fino a quel momento, avevano riportato il dettaglio del numero di scelte da ciascuno dei quattro mazzi. Si è rilevato che,



accanto al cosiddetto “effetto bontà”, ovvero il fenomeno per il quale i partecipanti sani scelgono più carte dai mazzi “buoni” rispetto ai mazzi “cattivi”, c'è anche un rilevante “*effetto frequenza*”, ovvero una tendenza a scegliere i mazzi che presentano una minore frequenza di punizione: B e D. In sei studi fra i dodici riportati era presente quest'effetto; in tre studi le scelte dal mazzo B (“cattivo”) erano in numero comparabile alle scelte dai mazzi C e D (“buoni”), e questo indica che i partecipanti non erano in grado di distinguere completamente mazzi “buoni” e “cattivi” (altrimenti il mazzo B sarebbe stato meno scelto sia del mazzo C sia del mazzo D). Solo in tre studi il comportamento dei partecipanti poteva essere spiegato interamente in base all'effetto di bontà e valore atteso.

Al fine di caratterizzare il comportamento dei partecipanti, e di capire se fosse preponderante l'effetto della frequenza di punizione o l'effetto bontà, si è ideato il seguente esperimento (Napoli, 2007).

L'esperimento comprendeva tre diverse condizioni sperimentali, ognuna delle quali era una replica computerizzata dell'IGT, che differiva dalle altre solo per la diversa composizione delle matrici dei mazzi. La frequenza di punizione e l'appetibilità erano le stesse in tutte le condizioni, ed erano uguali all'IGT originale. Il valore atteso cambiava in ogni condizione, ed in base al valore atteso che si voleva ottenere era stata calcolata la grandezza media delle punizioni (tabelle 3.3 – 3.4 – 3.5). Quindi il valore atteso rappresentava la variabile di interesse, l'appetibilità e la frequenza di punizione erano controllate perchè identiche in tutte le condizioni, mentre la grandezza della punizione era una funzione delle altre tre caratteristiche.

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	110	0	45	0	55	0
2	110	0	100	0	50	-75	55	0
3	90	-150	90	0	60	-25	50	0
4	120	0	90	-1270	60	0	55	-270
5	80	-300	100	0	55	0	60	0
6	120	0	80	0	40	-50	60	0
7	90	-200	120	0	40	-25	45	0
8	80	0	120	0	45	0	40	0
9	110	-250	110	0	55	-25	55	0
10	100	-350	100	0	50	-50	45	0
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 3.3. Prime 10 scelte della condizione “Controllo” dell'esperimento di Napoli, 2007.

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	110	0	45	0	55	0
2	110	-175	100	0	50	-125	55	0
3	90	-100	90	0	60	-50	50	0
4	120	0	90	-1020	60	0	55	-520
5	80	-200	100	0	55	0	60	0
6	120	0	80	0	40	-100	60	0
7	90	-125	120	0	40	-50	45	0
8	80	0	120	0	45	0	40	0
9	110	-150	110	0	55	-75	55	0
10	100	-250	100	0	50	-100	45	0
VA	Nulla		Nulla		Nulla		Nulla	

Tabella 3.4. Prime 10 scelte della condizione “Null” dell’esperimento di Napoli, 2007.

La prima condizione sperimentale (“Controllo”) era una replica dell’Iowa Gambling Task originale. Nella seconda condizione (“Null”) il valore atteso era pari a zero per tutti i mazzi, e nella terza (“Contrasto”) i mazzi con valore atteso positivo erano quelli con maggior frequenza di perdita e viceversa (vedi tabelle 3.3 – 3.4 – 3.5). Se le uniche dimensioni importanti fossero state appetibilità e valore atteso, i partecipanti avrebbero dovuto scegliere in tutte le condizioni A e B nelle prime fasi, per poi spostare le proprie preferenze verso i mazzi che in quella condizione sperimentale avevano un valore atteso positivo: C e D nella condizione di controllo, A e C nella condizione “Contrasto”. Nella condizione “Null” sarebbero dovuti rimanere su A e B, poiché, non essendoci differenza nel valore atteso, avrebbero dovuto scegliere in base all’appetibilità. Se invece l’effetto preponderante fosse stato quello della frequenza di punizione i partecipanti avrebbero dovuto esibire le stesse preferenze in tutte e tre le condizioni, perchè la frequenza di perdite era sempre la stessa, e quindi avrebbero dovuto preferire i mazzi B e D in tutte le condizioni.

I risultati hanno dimostrato che :

1. il numero di scelte da ciascun mazzo era lo stesso in tutte e tre le condizioni (figura 3.2)
2. in tutte le condizioni era presente un effetto significativo della Frequenza di Punizione
3. in nessuna condizione era presente un effetto della Bontà

Questi risultati hanno dimostrato che la caratteristica che guida le scelte dei partecipanti non è il valore atteso, e che l’effetto della frequenza è più robusto dell’effetto della bontà dei mazzi. L’effetto

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	110	0	45	0	55	0
2	110	-125	100	0	50	-75	55	0
3	90	-75	90	0	60	-25	50	0
4	120	0	90	-1270	60	0	55	-770
5	80	-150	100	0	55	0	60	0
6	120	0	80	0	40	-50	60	0
7	90	-100	120	0	40	-25	45	0
8	80	0	120	0	45	0	40	0
9	110	-125	110	0	55	-25	55	0
10	100	-175	100	0	50	-50	45	0
VA	Buono		Cattivo		Buono		Cattivo	

Tabella 3.5. Prime 10 scelte della condizione “Contrasto” dell’esperimento di Napoli, 2007.

della frequenza si era infatti evidenziato nonostante il cambiamento nelle matrici dei mazzi, mentre l'effetto della bontà non era presente. Si è concluso quindi che la caratteristica che influenzava maggiormente le scelte dei partecipanti fosse la frequenza della punizione, anzi nel caso specifico dei risultati dell’esperimento, la frequenza di punizione sembrava in grado di spiegare completamente il comportamento dei partecipanti. Abbiamo denominato questo effetto “*effetto della frequenza dell’evento contingente*”.

Il primo esperimento di cui mi sono occupato durante il dottorato è descritto nel prossimo capitolo. Si è voluto verificare se i risultati ottenuti fossero validi anche per la variante dell'Iowa Gambling Task a matrice invertita (Bechara et al., 2000).

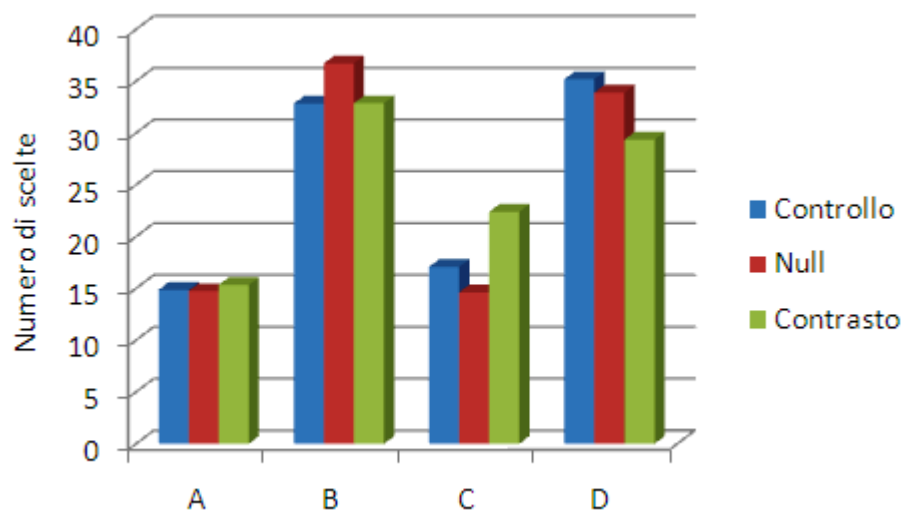


Figura 3.2. Risultati dell’esperimento di Napoli, 2007.

## Capitolo 4: Primo Esperimento

In questo esperimento si è seguito lo stesso disegno sperimentale descritto nel capitolo precedente, applicandolo ad una variante dell'IGT nella quale ad ogni carta corrisponde una punizione, mentre solo alcune carte portano una ricompensa (Bechara et al., 2000). Nell'esperimento precedente si è dimostrato come i partecipanti tendano ad evitare i mazzi che contengono una maggior frequenza di perdita. Questo risultato è perfettamente in linea con quanto riportato da Erev e Barron (2005) a proposito dei compiti di scelta iterata e del *bias* di *loss aversion* (vedi capitolo 2) e con la teoria del prospetto di Kahneman e Teversky (1979). Secondo la teoria del prospetto le persone valutano su scala

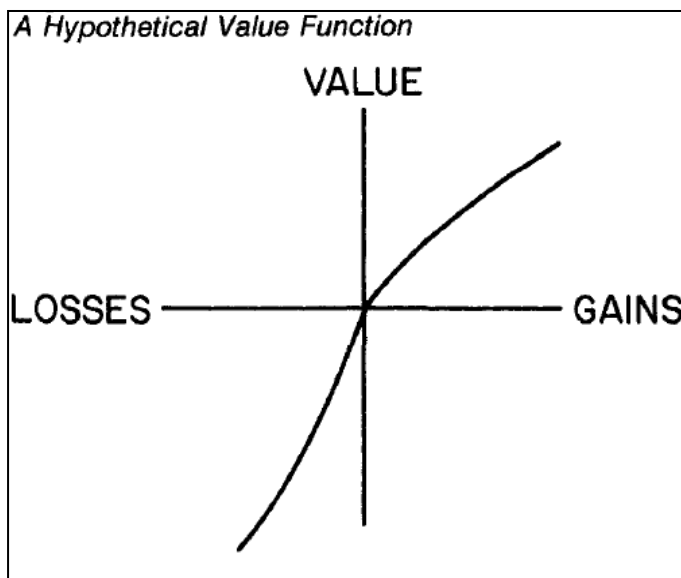


Figura 4.1. Funzione di valutazione della teoria del prospetto (figura presa da Kahneman e

diversa perdite e vincite monetarie, il che implica una curva che descrive la soddisfazione / insoddisfazione di fronte a vincite e perdite come quella della figura 4.1. Le persone valutano molto più desiderabile non perdere una certa somma di denaro rispetto al vincere la stessa somma, quindi tendono ad evitare, in generale, tutti i tipi di punizioni. È quindi perfettamente ragionevole che i partecipanti dell'esperimento del capitolo precedente preferissero le alternative che facevano perdere meno spesso, non tenendo debitamente in considerazione l'effettiva grandezza degli esiti.

Non è tuttavia chiaro che cosa possa succedere nell'esperimento a matrice invertita. In questa versione ogni volta che si sceglie una carta si subisce una perdita, pertanto il *bias* di evitamento delle perdite descritto da Erev e Barron non è applicabile (tutti i mazzi hanno la stessa probabilità di perdita, pari al 100%). La teoria del prospetto presuppone un comportamento diverso rispetto al primo esperimento in quanto, se i partecipanti si

trovano in una situazione nella quale si perde sempre, non potendo scegliere in base alla frequenza di punizione sceglieranno in base alla grandezza delle punizioni o tenderanno a calcolare il valore atteso dei singoli mazzi (con un *bias* dovuto alla diversa pendenza della curva nel dominio delle perdite rispetto al dominio delle vincite).

L'esperimento segue la stessa procedura del precedente: tre condizioni sperimentali nelle quali si è manipolato il valore atteso dei mazzi in modo da verificare se i partecipanti fossero in grado di identificare i mazzi “buoni” e “cattivi” o se fosse preponderante l'effetto della frequenza (in questo caso, frequenza delle ricompense).

Questo esperimento e quello della mia tesi di laurea sono stati pubblicati negli atti della 30° conferenza annuale della *Cognitive Science Society* (Fum, Napoli, & Stocco, 2008).

## **Metodo**

**Partecipanti.** I partecipanti erano 81 studenti dell'università di Trieste (51 maschi), di età compresa fra i 20 e i 31 anni ( $M = 21,4$ ;  $DS = 2,5$ ), assegnati casualmente alle condizioni sperimentali.

**Materiali e procedura.** La procedura era identica a quella dell'esperimento descritto nel capitolo precedente, ed è descritta nell'Appendice A. Il disegno sperimentale prevedeva una unica variabile, *between* subjects: la Condizione (Controllo vs. Null vs. Contrasto).

Per ottenere le matrici dei mazzi di questo esperimento si sono invertiti tutti gli esiti dell'esperimento descritto nel capitolo precedente, trasformando le perdite in vincite e viceversa, mantenendo il loro valore assoluto. Pertanto in ogni condizione i mazzi A e B facevano perdere 100€ ogni volta che si sceglieva una carta, mentre C e D facevano perdere solo 50€. Pertanto i primi erano mazzi a “bassa appetibilità” e i secondi erano mazzi ad “alta appetibilità” (tabelle 4.1 – 4.2 – 4.3; le matrici complete sono riportate in Appendice B). In ogni condizione i mazzi B e D presentavano una sola vincita ogni dieci carte, mentre A e C presentavano sei vincite ogni dieci carte. I mazzi “buoni” cambiavano in ogni condizione: A e B nella condizione “Controllo”, che era una replica dell'esperimento originale di Bechara et al. (2000); B e D nella condizione “Contrasto”, in modo che i mazzi che garantivano vincite meno frequenti fossero i mazzi “buoni” e viceversa; nella condizione “Null” tutti i mazzi avevano valore atteso pari a zero. Anche in questo caso bisogna tenere presente

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-110	0	-45	0	-55	0
2	-110	0	-100	0	-50	75	-55	0
3	-90	150	-90	0	-60	25	-50	0
4	-120	0	-90	1270	-60	0	-55	270
5	-80	300	-100	0	-55	0	-60	0
6	-120	0	-80	0	-40	50	-60	0
7	-90	200	-120	0	-40	25	-45	0
8	-80	0	-120	0	-45	0	-40	0
9	-110	250	-110	0	-55	25	-55	0
10	-100	350	-100	0	-50	50	-45	0
VA	Buono		Buono		Cattivo		Cattivo	

Tabella 4.1. Matrici dei mazzi della condizione "Controllo"

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-110	0	-45	0	-55	0
2	-110	175	-100	0	-50	125	-55	0
3	-90	100	-90	0	-60	50	-50	0
4	-120	0	-90	1020	-60	0	-55	520
5	-80	200	-100	0	-55	0	-60	0
6	-120	0	-80	0	-40	100	-60	0
7	-90	125	-120	0	-40	50	-45	0
8	-80	0	-120	0	-45	0	-40	0
9	-110	150	-110	0	-55	75	-55	0
10	-100	250	-100	0	-50	100	-45	0
VA	Nulla		Nulla		Nulla		Nulla	

Tabella 4.2. Matrici dei mazzi della condizione "Null"

che, mentre l'appetibilità e la frequenza di ricompensa per ciascun mazzo erano le stesse nelle tre condizioni, il valore atteso rappresentava la variabile indipendente e la grandezza delle ricompense era manipolata in modo da ottenere il valore atteso richiesto dalla condizione sperimentale, ed era pertanto vista come una funzione delle altre tre caratteristiche.

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-110	0	-45	0	-55	0
2	-110	125	-100	0	-50	75	-55	0
3	-90	75	-90	0	-60	25	-50	0
4	-120	0	-90	1270	-60	0	-55	770
5	-80	150	-100	0	-55	0	-60	0
6	-120	0	-80	0	-40	50	-60	0
7	-90	100	-120	0	-40	25	-45	0
8	-80	0	-120	0	-45	0	-40	0
9	-110	125	-110	0	-55	25	-55	0
10	-100	175	-100	0	-50	50	-45	0
VA	Cattivo		Buono		Cattivo		Buono	

Tabella 4.3. Matrici dei mazzi della condizione “Contrasto”

	A	B	C	D
<b>Controllo</b>	36,7 (19,62)	17,5 (12,9)	27,5 (12,4)	18,3 (12,2)
<b>Null</b>	35,3 (15,2)	14,8 (9,7)	29,8 (13,4)	20,1 (11,6)
<b>Contrasto</b>	31,6 (15,9)	21,5 (17,7)	25,9 (13,4)	21 (12,3)

Tabella 4.4. Media (e Deviazione Standard) di scelte da ciascun mazzo

## Risultati

Il numero di scelte da ciascun mazzo è riassunto nella Tabella 4.4.

Come di consueto negli studi sull'IGT, la prestazione dei partecipanti è stata divisa in blocchi di 20 scelte ciascuno. Sono state sottoposte a test statistico due variabili riassuntive della prestazione globale: la frequenza e l'appetibilità. Con “frequenza” si intende la differenza fra il numero di scelte dai mazzi con frequenza di ricompensa elevata e quelli con frequenza di ricompensa bassa:  $(A + C) - (B + D)$ . Con “appetibilità” si intende la differenza fra il numero di scelte dai mazzi con appetibilità elevata e dai mazzi con appetibilità bassa:  $(C + D) - (A + B)$ . Queste variabili sono state sottoposte ad un test ANOVA a disegno misto con il Frame (WIN vs. LOSE) e la Frequenza (HIGH vs. LOW), come fattori tra i soggetti e i cinque Blocchi da 20 scelte ciascuno come fattori entro i soggetti.

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Condizione</b>	2	1,25	375,98	0,29
<b>Blocchi</b>	4	4,21	194,21	<b>*0,002</b>
<b>Blocchi x Condizione</b>	8	0,67	30,77	0,71

Tabella 4.5. ANOVA relativa alla frequenza.

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Condizione</b>	2	0,52	97,2	0,59
<b>Blocchi</b>	4	6,35	290,1	<b>*&lt; 0,001</b>
<b>Blocchi x Condizione</b>	8	3,5	160	<b>*&lt; 0,001</b>

Tabella 4.6. ANOVA relativa all'appetibilità.

Per quanto riguarda la Frequenza, si è riscontrato solo un effetto significativo dei blocchi (tabella 4.5). Il test *t* dimostra che la media di questa variabile per tutto il campione (tutte le condizioni collassate) è significativamente maggiore di 0 ( $M = 24,54$ ,  $DS = 38,8$ ,  $t(80) = 5,69$ ,  $p < 0,001$ ).

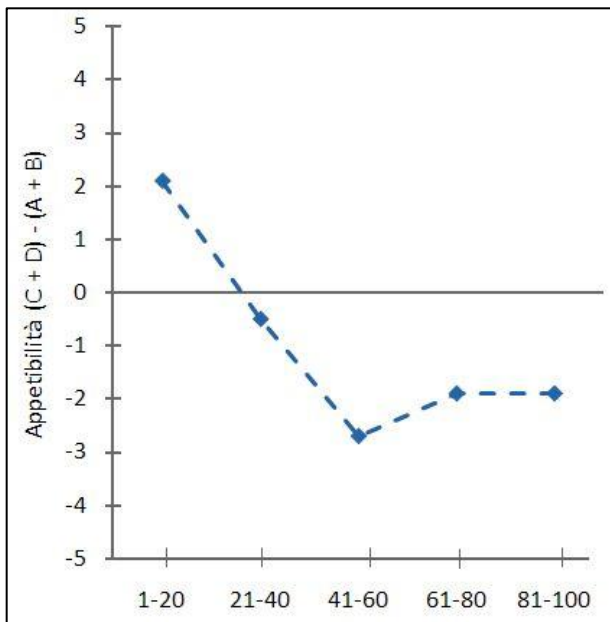


Figura 4.2. Andamento del valore dell'appetibilità nei blocchi (valori collassati fra le tre condizioni).

Per quanto riguarda l'appetibilità, si sono riscontrati effetti significativi dei blocchi e dell'interazione blocchi x condizione (Tabella 4.6). Analizzando i grafici, si può concludere che l'effetto dei blocchi è dovuto ad un calo di scelte progressivo dal primo al terzo blocco, mentre l'effetto dell'interazione è dovuto al basso numero di scelte, negli ultimi due blocchi, nella condizione "Controllo" (figure 4.2 e 4.3). Il test *t* sul valore dell'appetibilità alla fine dell'esperimento non è significativo ( $M = -4,94$ ,  $DS = 3,37$ ,  $t(80) = -1,47$ ,  $p = 0,15$ ).

## Discussione

In questo esperimento abbiamo applicato la stessa metodologia dell'esperimento della tesi di laurea (Napoli, 2007) al fine di valutare se la frequenza dell'evento contingente fosse un fattore determinante nelle preferenze dei partecipanti. A questo scopo abbiamo somministrato tre versioni dell'IGT a matrice invertita (Bechara et al., 2000) a tre diversi gruppi di partecipanti. La prima condizione era uguale all'esperimento di Bechara e colleghi; nella seconda condizione erano persenti quattro mazzi con valore atteso pari a zero; nella terza condizione i mazzi ad alta frequenza di ricompensa avevano valore atteso negativo e i mazzi a bassa frequenza di ricompensa avevano valore



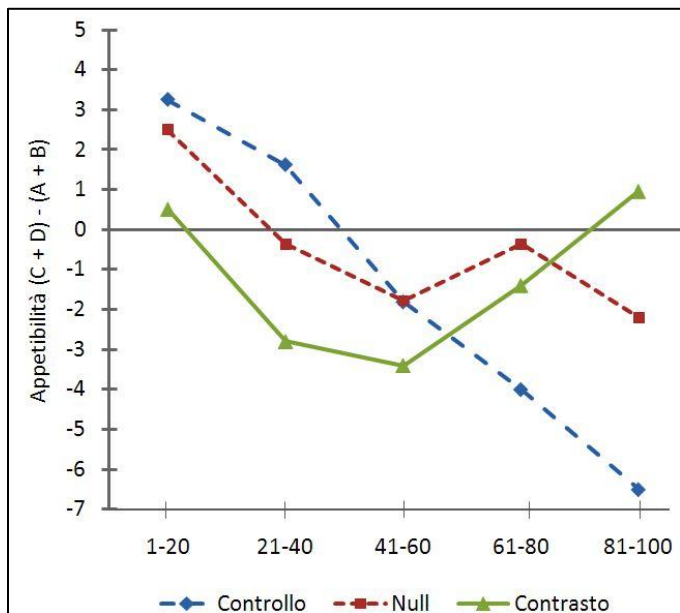


Figura 4.3. Andamento del valore dell'appetibilità nelle tre condizioni.

atteso positivo.

Si sono effettuati i test statistici su due variabili riassuntive della performance globale: l'appetibilità, ovvero la tendenza a scegliere i mazzi che presentano una punizione più bassa, e la frequenza, ovvero la tendenza a scegliere i mazzi che presentano una frequenza di ricompensa più elevata. I test hanno dimostrato che i partecipanti dimostrano le stesse preferenze, rispetto alle due variabili, per tutte le condizioni. C'è solo una differenza negli ultimi blocchi della condizione "Controllo" per quanto riguarda l'appetibilità, che però non modifica in maniera

sostanziale il quadro di somiglianza fra le tre condizioni. Come nell'esperimento precedente, l'assenza di differenza fra le tre condizioni - le quali erano identiche eccetto per il differente valore atteso dei mazzi - dimostra che i partecipanti non erano in grado di comprendere quali fossero i mazzi "buoni".

I risultati sono quindi speculari rispetto all'esperimento descritto nel capitolo precedente:

- l'assenza di effetto dell'appetibilità dimostra che la grandezza dell'evento certo, rappresentato nell'esperimento precedente dalla ricompensa e in questo dalla punizione, non ha effetto sulle scelte dei partecipanti;

- il fatto che le scelte siano simili in tutte le condizioni dimostra che i partecipanti non sono in grado di discriminare mazzi "buoni" e "cattivi";

- le scelte simili in tutte le condizioni dimostrano anche che la frequenza della ricompensa è il fattore preponderante nel determinare le preferenze dei partecipanti.

Questo esperimento, in combinazione con il precedente, dimostra che il fattore preponderante nel determinare le scelte dei partecipanti nell'IGT è la *frequenza dell'evento contingente*, indipendentemente dal fatto che sia una ricompensa o una punizione.

Nella versione originale dell'IGT la frequenza dell'evento contingente era una variabile confusa con i valori attesi dei mazzi, pertanto, al di là delle perplessità sollevate dai dodici studi citati nel capitolo 3, nell'IGT originale non era possibile apprezzare quali fossero le forze relative dell'effetto

della frequenza e dell'effetto della bontà. Nella condizione “Contrasto” di entrambi gli esperimenti le due caratteristiche sono state confrontate direttamente e non c'è alcun dubbio del fatto che la frequenza sia preponderante rispetto alla bontà.

## Capitolo 5: Secondo Esperimento

Dopo aver stabilito, tramite gli esperimenti spiegati nei capitoli precedenti, che la caratteristica più importante dei mazzi per spiegare il comportamento nell'IGT è la frequenza dell'evento contingente, ci si è posto l'obiettivo di capire quale sia il comportamento dei partecipanti nel caso in cui questa caratteristica non permetta di discriminare i mazzi. In altre parole, qual è la preferenza dei partecipanti nel caso in cui la frequenza dell'evento contingente sia uguale per tutti i mazzi?

Per rispondere a questa domanda si è somministrata ai partecipanti una variante dell'IGT in quattro diverse condizioni sperimentali, che differivano fra loro per la composizione delle matrici dei mazzi. In tutte le condizioni la frequenza dell'evento contingente era la medesima in tutti i mazzi, ma in due condizioni la frequenza era alta e in due condizioni era bassa. Inoltre si è manipolato il frame di riferimento, presentando l'esperimento sia nella versione originale (Bechara et al., 1994), nella quale l'evento certo è rappresentato dalle ricompense e l'evento contingente dalle punizioni, che in quella con la matrice invertita, nella quale l'evento certo è rappresentato dalle punizioni e l'evento contingente dalle ricompense (Bechara et al., 2000).

Questo esperimento non è stato pubblicato.

### Metodo

**Partecipanti.** I partecipanti erano 134 studenti dell'università di Trieste (84 femmine), di età media pari a 22,4 anni (DS = 3,7), assegnati casualmente alle condizioni sperimentali.

**Materiali e procedura.** La procedura era identica a quella dell'esperimento descritto nel capitolo precedente (e riportata nell'Appendice A). Il disegno sperimentale era 2 (Frame: WIN vs. LOSE) x 2 (Frequenza: HIGH vs. LOW), tra i soggetti.

Il primo fattore dell'esperimento era il Frame: nella condizione "WIN" i partecipanti vincevano

Mazzo	E		F		G		H	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	45	0	100	0	45	0	100	0
2	50	-125	110	-150	50	-75	110	-125
3	60	-75	90	-200	60	-25	90	-75
4	60	0	120	0	60	0	120	0
5	55	-150	80	-250	55	0	80	-150
6	40	0	120	0	40	-50	120	0
7	40	-100	90	-200	40	-25	90	-100
8	45	0	80	0	45	0	80	0
9	55	-125	110	-150	55	-25	110	-125
10	50	-175	100	-300	50	-50	100	-175
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 5.1. Matrici dei mazzi della condizione "HIGH - WIN"

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-45	0	-100	0	-45	0
2	-110	125	-50	75	-110	150	-50	125
3	-90	75	-60	25	-90	200	-60	75
4	-120	0	-60	0	-120	0	-60	0
5	-80	150	-55	0	-80	250	-55	150
6	-120	0	-40	50	-120	0	-40	0
7	-90	100	-40	25	-90	200	-40	100
8	-80	0	-45	0	-80	0	-45	0
9	-110	125	-55	25	-110	150	-55	125
10	-100	175	-50	50	-100	300	-50	175
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 5.2. Matrici dei mazzi della condizione "HIGH - LOSE"

una certa somma di denaro ogni volta che giravano una carta, come nell'IGT originale (Bechara et al., 1994); nella condizione "LOSE" i partecipanti perdevano una certa somma ogni volta che giravano una carta, come nella variante a matrice invertita presentata da Bechara et al. (2000). Il secondo fattore era la Frequenza dell'evento contingente: nella condizione "HIGH" in ogni mazzo erano presenti sei eventi contingenti ogni dieci carte, in modo da avere sei perdite ogni dieci carte in ciascun mazzo della condizione WIN e sei vincite ogni dieci carte in ciascun mazzo della condizione

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	55	0	110	0	55	0	110	0
2	55	0	100	0	55	0	100	0
3	50	0	90	0	50	0	90	0
4	55	-770	90	-1270	55	-270	90	-770
5	60	0	100	0	60	0	100	0
6	60	0	80	0	60	0	80	0
7	45	0	120	0	45	0	120	0
8	40	0	120	0	40	0	120	0
9	55	0	110	0	55	0	110	0
10	45	0	100	0	45	0	100	0
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 5.3. Matrici dei mazzi della condizione "LOW – WIN"

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
2	-100	0	-55	0	-100	0	-55	0
3	-90	0	-50	0	-90	0	-50	0
4	-90	770	-55	270	-90	1270	-55	770
5	-100	0	-60	0	-100	0	-60	0
6	-80	0	-60	0	-80	0	-60	0
7	-120	0	-45	0	-120	0	-45	0
8	-120	0	-40	0	-120	0	-40	0
9	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
10	-100	0	-45	0	-100	0	-45	0
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 5.4. Matrici dei mazzi della condizione "LOW – LOSE"

LOSE (tabelle 5.1 e 5.2). Nella condizione "LOW" ogni mazzo presentava un solo evento contingente ogni dieci carte, rappresentato da una perdita nel frame WIN e da una vincita nel frame LOSE (tabelle 5.3 e 5.4). Le matrici complete sono riportate in Appendice B.

Per quanto riguarda le altre caratteristiche dei mazzi si è mantenuta la classica distinzione dell'IGT: in ogni condizione c'erano due mazzi ad alta appetibilità e due mazzi a bassa appetibilità e

	A	B	C	D
<b>HIGH – WIN</b>	20,25 (8,34)	27,64 (13,97)	34,9 (18,1)	17,23 (7,5)
<b>HIGH – LOSE</b>	30,9 (15,1)	23,4 (8,7)	19,3 (9,1)	26,5 (13,7)
<b>LOW – WIN</b>	31,8 (11,2)	25,9 (9,9)	21 (9,4)	21,3 (9,5)
<b>LOW - LOSE</b>	19,4 (10,5)	21,2 (14,9)	31,1 (17,5)	28,4 (12,4)

*Tabella 5.5. Media (e Deviazione Standard) di scelte da ciascun mazzo.*

due mazzi “buoni” e due mazzi “cattivi”. Si tenga presente che l'appetibilità ha un significato diverso nei frame WIN e LOSE: nel frame WIN i mazzi ad alta appetibilità sono quelli che hanno vincere di più ad ogni girata mentre nel frame LOSE i mazzi ad alta appetibilità sono quelli che fanno perdere di meno ad ogni girata. Appetibilità e valore atteso erano bilanciati fra i mazzi: in ogni condizione c'era un mazzo “buono” ed uno “cattivo” ad alta appetibilità, ed un mazzo “buono” ed uno “cattivo” a bassa appetibilità. Come negli altri esperimenti la grandezza degli eventi contingenti è stata considerata ininfluenza e pertanto era una funzione delle altre caratteristiche: per ottenere le matrici si sono stabilite frequenza, appetibilità e valore atteso a seconda della condizione sperimentale e si è calcolata la grandezza degli eventi contingenti di conseguenza. Le matrici della condizione LOSE erano le stesse della condizione WIN, invertite.

## **Risultati**

In tabella 5.5 sono riassunte il numero di scelte da ciascun mazzo in tutte le condizioni sperimentali.

La prestazione dei partecipanti è stata divisa in blocchi di 20 scelte ciascuno. Sono state sottoposte a test statistico due variabili riassuntive della prestazione globale: la bontà e l'appetibilità. Il punteggio della bontà si ottiene sottraendo il numero di carte scelte dai mazzi “cattivi” al numero di carte scelte dai mazzi “buoni”:  $(G + H) - (E + F)$ . Il punteggio dell'Appetibilità si ottiene sottraendo i mazzi meno appetibili dai più appetibili:  $(F + H) - (E + G)$ . Queste variabili sono state sottoposte ad un test ANOVA a disegno misto con il Frame (WIN vs. LOSE) e la Frequenza (HIGH vs. LOW), come fattori tra i soggetti e i cinque Blocchi come fattori entro i soggetti.

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Frequenza</b>	1	15,71	3428,65	<b>*&lt;0,001</b>
<b>Frame</b>	1	0,004	0,78	0,95
<b>Frequenza x Frame</b>	1	0,43	94,45	0,51
<b>Blocchi</b>	4	0,22	8,71	0,92
<b>Blocchi x Frequenza</b>	4	3,87	150,25	<b>*0,004</b>
<b>Blocchi x Frame</b>	4	1,33	55,89	0,22
<b>Blocchi x Frame x Frequenza</b>	4	0,51	19,99	0,72

Tabella 5.6. ANOVA relativa all'appetibilità.

significativamente diverso da 0 si è proceduto ad effettuare due test *t*, uno per il gruppo HIGH ed uno per il gruppo LOW, collassando in entrambi i casi i dati dei due Frame. Il test è risultato significativo per il gruppo LOW ( $M = 17,19$ ,  $DS = 4,56$ ,  $t(61) = 3,77$ ,  $p < 0,001$ ) e non significativo per il gruppo HIGH ( $M = -6,32$ ,  $DS = 3,74$ ,  $t(61) = -1,69$ ,  $p = 0,096$ ).

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Frequenza</b>	1	10,35	1300,65	<b>*0,002</b>
<b>Frame</b>	1	1,76	220,81	0,19
<b>Frequenza x Frame</b>	1	0,91	114,12	0,34
<b>Blocchi</b>	4	5,47	185,48	<b>*&lt;0,001</b>
<b>Blocchi x Frequenza</b>	4	2,22	75,27	0,066
<b>Blocchi x Frame</b>	4	1,7	57,54	0,15
<b>Blocchi x Frame x Frequenza</b>	4	0,57	19,25	0,69

Tabella 5.7. ANOVA relativa alla bontà.

valore è significativamente diverso da 0 nel gruppo HIGH ( $M = 19,9$ ,  $DS = 3,53$ ,  $t(61) = -5,63$ ,  $p < 0,001$ ) e marginalmente significativo nel gruppo LOW ( $M = -5,42$ ,  $DS = 2,81$ ,  $t(61) = 1,93$ ,  $p = 0,058$ ). Si è quindi proceduto ad effettuare due ANOVA a misure ripetute, separatamente per i gruppi HIGH e LOW, collassando i due Frame, con i punteggi della Bontà nei cinque blocchi. Il test è risultato significativo per il gruppo HIGH ( $F(4) = 7,96$ ,  $MSE = 207,92$ ,  $p < 0,001$ ) e non significativo per il gruppo LOW ( $F(4) = 1,26$ ,  $MSE = 52,83$ ,  $p = 0,29$ ).

I risultati dei test sull'appetibilità sono riassunti in tabella 5.6. Sono risultati significativi il fattore Frequenza, mentre l'interazione Blocchi x Frequenza è risultata marginalmente significativa. Per verificare se il valore dell'appetibilità al termine dell'esperimento fosse

I risultati dei test sulla Bontà sono riassunti in Tabella 5.7. Sono risultati significativi il fattore Frequenza, i Blocchi e, marginalmente, l'interazione Frequenza x Blocchi. I test *t* separati per i gruppi HIGH e LOW, collassando i dati fra i due Frame, hanno dimostrato che il

## Discussione

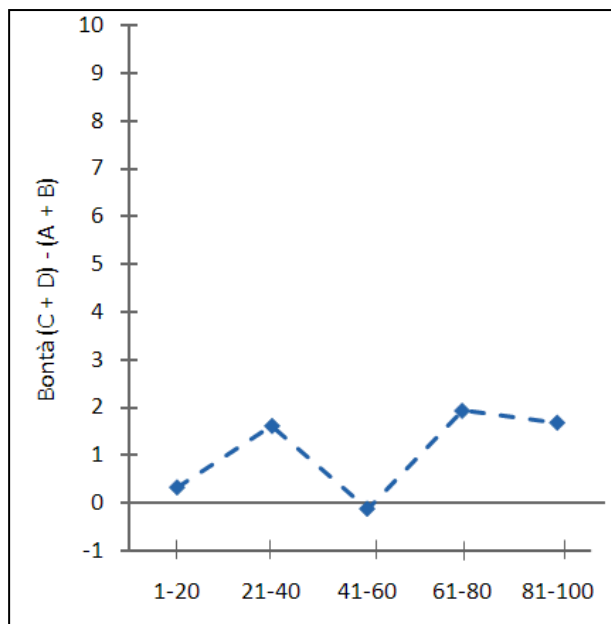


Figura 5.1. Andamento della variabile bontà nel gruppo LOW

Il primo risultato importante è che non c'è alcuna differenza fra il Frame WIN e il Frame LOSS per nessuna delle due variabili. Come negli esperimenti precedenti, i partecipanti si comportano in modo simile sia quando l'evento certo è rappresentato da ricompense e l'evento incerto da punizioni, sia nella condizione inversa.

Il secondo risultato è che i partecipanti si comportano in maniera diversa quando la frequenza dell'evento contingente è bassa e quando è alta. Nel primo caso (gruppo LOW) i partecipanti non riescono a discriminare i mazzi "buoni": il test  $t$  relativo è marginalmente significativo, ma il punteggio assoluto della variabile "bontà" è molto basso (5, a fronte del valore normativo pari a 10 per considerare superato il test secondo Bechara et al., 2002). Inoltre, l'assenza di effetto dei blocchi è un dato importante. Esso dimostra che i partecipanti non migliorano la propria comprensione di quali siano i mazzi "buoni" ma rimangono ancorati alle proprie

Questo esperimento è stato ideato per descrivere il comportamento dei partecipanti in una condizione nella quale non fosse possibile scegliere in base alla frequenza dell'evento contingente. Poiché tale frequenza era uguale in tutti i mazzi in ogni condizione sperimentale, si sono presi in analisi due indici per valutare il comportamento dei partecipanti: l'appetibilità, ovvero la tendenza a scegliere i mazzi che fanno vincere di più o perdere di meno ad ogni girata, e la bontà, ovvero la tendenza a scegliere i mazzi che hanno un valore atteso positivo.

Il primo risultato importante è che non c'è alcuna differenza fra il Frame WIN e il Frame LOSS per nessuna delle due variabili. Come negli esperimenti

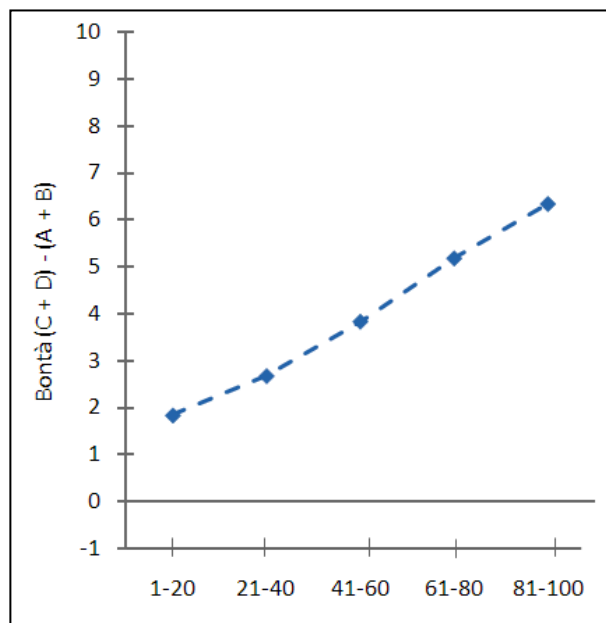


Figura 5.2. Andamento della variabile bontà nel gruppo HIGH.



preferenze iniziali (vedi Figura 5.1). Inoltre, in questa condizione i partecipanti scelgono in base all'appetibilità (come dimostrato dalla significatività del relativo test t), perchè non essendo in grado di discriminare i mazzi "buoni" è l'unica caratteristica in base alla quale possono scegliere. Nel caso del gruppo HIGH i partecipanti riescono invece a discriminare i mazzi "buoni", come dimostrato dalla significatività del test t e dall'effetto dei blocchi, che dimostra che i partecipanti scelgono sempre di più con il procedere dell'esperimento i mazzi "buoni" (Figura 5.2).

Il risultato fondamentale di questo studio è che i partecipanti sono in grado di discriminare i mazzi "buoni" solo nel caso in cui c'è una frequenza di eventi contingenti elevata. Questo risultato non è del tutto nuovo in letteratura. Crone, Bunge, Latenstein, e van der Molen (2005) hanno ideato una versione semplificata per bambini dell'IGT in due diverse condizioni sperimentali. Nella prima condizione sono presenti solo il mazzo A e il mazzo C dell'IGT originale: entrambi ad alta frequenza di punizione, uno "buono" e uno "cattivo". La seconda condizione comprende i mazzi B e D: entrambi a bassa frequenza di punizione, uno "buono" e uno "cattivo". I risultati dimostrano che i bambini più piccoli riescono a discriminare i mazzi "buoni" nella condizione ad elevata frequenza ma non riescono a discriminarli nella condizione a bassa frequenza.

Anche Lin, Chiu, Lee, e Hsieh (2007) hanno "sdoppiato" l'IGT in due condizioni sperimentali, come Crone et al. (2005), ma lo hanno somministrato ad un campione di adulti, ed hanno riscontrato dei risultati simili (anche se, come si vedrà nel prossimo capitolo, gli autori attribuiscono la differenza fra le due condizioni sperimentali a motivi diversi da quelli qui esposti).

## Capitolo 6: Terzo Esperimento

Grazie ai dati raccolti con il Primo Esperimento e con l'esperimento della tesi (Napoli, 2007) si è stabilito che la frequenza dell'evento contingente è fondamentale nel determinare il comportamento dei partecipanti. In particolare è evidente che, sia nella versione originale dell'Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994), sia in quella invertita (Bechara et al., 2000), i partecipanti tendono ad ignorare le informazioni sulla grandezza dell'evento certo e sulla grandezza dell'evento contingente e si limitano a scegliere in base alla frequenza. Poiché nell'Iowa Gambling Task (d'ora in avanti: IGT) non c'è differenza fra i mazzi in termini di frequenza dell'evento certo i partecipanti si rivolgono alla frequenza dell'evento contingente. Pertanto, nella versione originale scelgono di più i mazzi con minor numero di punizioni, mentre nella versione invertita scelgono i mazzi con maggior numero di ricompense.

Questa descrizione del comportamento presenta due problemi:

1. è una descrizione appropriata solo all'IGT, che presenta una peculiarità unica fra i MAB. I MAB seguono generalmente la struttura identificata da Sutton e Barto (1998), cioè un singolo evento pescato a caso da una distribuzione e un singolo feedback presentato ai partecipanti. L'IGT segue, invece, una struttura a doppio feedback: è sempre presente un evento certo e in alcuni casi insieme all'evento certo viene estratto e presentato anche un altro evento, e viene presentato un doppio feedback ai partecipanti: “Hai vinto 100 €, ma hai perso 70 €”.
2. non spiega perché, in alcuni casi, è presente un effetto “bontà” a fianco all'effetto frequenza. Nel Primo Esperimento e nell'esperimento della tesi non si sono ottenuti effetti relativi alla bontà, come dimostrato dall'assenza di differenza fra le condizioni. Tuttavia, nella condizione HIGH del Secondo Esperimento c'è un effetto della bontà, e nella letteratura sulla versione originale dell'IGT questo effetto è riportato spesso (vedi Dunn et al., 2006, per una *review*). Se il comportamento dei partecipanti fosse spiegabile solo in base alla frequenza, il valore di questa variabile nell'IGT dovrebbe essere pari a 0.

Chiu, Lin, Huang, Lin, Lee, e Hsieh (2008), più o meno contemporaneamente al nostro gruppo, stavano studiando l'effetto della frequenza dell'evento contingente nell'IGT. L'interpretazione di Chiu e

colleghi può spiegare sia l'effetto frequenza riscontrato nei nostri esperimenti, sia l'effetto frequenza dell'IGT classico e della versione a matrice invertita, e può entrambi i problemi presentati dalla nostra descrizione del comportamento.

Per descrivere la loro interpretazione è necessario introdurre una distinzione terminologica fra punizioni e perdite, da un lato, e ricompense e vincite, dall'altro. Una *punizione* si verifica ogni volta che un partecipante gira una carta e, per effetto di quella carta, deve restituire una certa somma di denaro. Per esempio, una carta il cui feedback è (+50 €, - 25 €) presenta una punizione. Una *perdita* è un particolare tipo di punizione nella quale la punizione è superiore alla ricompensa. Ad esempio, la carta (+100 €, - 150 €), che si risolve in una perdita netta di 50 €, contiene una punizione che è anche una perdita. La carta (+50 €, - 25 €) contiene una punizione che, invece, non è una perdita. Allo stesso modo, una *ricompensa* si verifica ogni volta che un partecipante riceve del denaro, mentre una *vincita* è un particolare tipo di ricompensa nella quale la vincita è superiore alla perdita. Ad esempio, la carta (-100, + 75) contiene una ricompensa ma non una vincita, la carta (+100, -50) contiene una ricompensa che è anche una vincita, così come la carta (+100, 0).

Chiu e colleghi (2008) ritengono che il processo che guida il comportamento dei partecipanti nell'IGT sia sensibile alla frequenza di perdita, nel senso appena definito. Nell'IGT originale infatti, alcune carte del mazzo C (vedi tabella 6.1) presentano alcune punizioni che non sono perdite. Nel mazzo C sono presenti, in media, ogni 10 carte: 6,25 vincite, 2,5 eventi nulli (in cui la ricompensa è pari alla punizione) e 1,5 perdite. Negli altri mazzi ogni punizione è sempre una perdita, pertanto ci sono 1 perdita ogni 10 carte per B e D e 5 perdite ogni 10 carte per A. In totale, ogni 20 carte i mazzi “buoni” (C e D) presentano un totale di 15,25 vincite, 2,5 eventi nulli e 2,25 perdite, mentre i mazzi “cattivi” (A e B) presentano un totale di 14 vincite e 6 perdite. Secondo gli autori il minor numero di perdite nei mazzi “buoni” spiega l'effetto “bontà” riscontrato in letteratura.

A sostegno della propria ipotesi Chiu e colleghi riportano anche i risultati di un loro esperimento, una variante dell'IGT che chiamano “Soochow Gambling Task” (SGT). Il SGT rinuncia alla tradizionale formula del doppio feedback e si avvicina alla formula dei MAB, in quanto presenta ad ogni partecipante un singolo evento per ogni carta girata. In questo modo il SGT elimina tutti gli esiti “ambigui”: ogni volta che si gira una carta si ottiene una punizione / perdita oppure una ricompensa / vincita, ma non si ottiene mai una punizione non perdita o una ricompensa non vincita. La struttura della matrice del SGT mette direttamente a confronto la frequenza delle perdite e i valori attesi, similmente alla condizione “Contrasto” del Primo Esperimento presentato nel capitolo 4.

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	100	0	50	0	50	0
2	100	0	100	0	50	0	50	0
3	100	-150	100	0	50	-50	50	0
4	100	0	100	0	50	0	50	0
5	100	-300	100	0	50	-50	50	0
6	100	0	100	0	50	0	50	0
7	100	-200	100	0	50	-50	50	0
8	100	0	100	0	50	0	50	0
9	100	-250	100	-1250	50	-50	50	0
10	100	-350	100	0	50	-50	50	-250
11	100	0	100	0	50	0	50	0
12	100	-350	100	0	50	-25	50	0
13	100	0	100	0	50	-75	50	0
14	100	-250	100	-1250	50	0	50	0
15	100	-200	100	0	50	0	50	0
16	100	0	100	0	50	0	50	0
17	100	-300	100	0	50	-25	50	0
18	100	-150	100	0	50	-75	50	0
19	100	0	100	0	50	0	50	0
20	100	0	100	0	50	-50	50	-250

Tabella 6.1. Prime 20 scelte dei mazzi dell'Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1994)

La matrice del SGT è illustrata nella Tabella 6.2. Nel SGT i mazzi con frequenza di perdita minore hanno un valore atteso positivo, mentre i mazzi con frequenza di perdita maggiore hanno un valore atteso negativo. La previsione sperimentale è che se i partecipanti scelgono i mazzi “buoni” nell'IGT a causa del minor numero di perdite, nel SGT sceglieranno i mazzi A e B, mentre se i partecipanti sono effettivamente in grado di distinguere i mazzi “buoni” e quelli “cattivi” sceglieranno C e D. I risultati sono netti e dimostrano, compatibilmente con le aspettative di Chiu e colleghi, che i partecipanti scelgono i mazzi “cattivi” e con minor numero di perdite. Gli autori concludono che l'effetto bontà nell'IGT originale sia quindi spiegabile in base al basso numero di perdite nel mazzo C.

La posizione del gruppo di Chiu e colleghi differisce dalla nostra per due motivi:

1. Secondo il nostro gruppo i partecipanti evitano tutti i tipi di punizioni, mentre secondo il gruppo di Soochow i partecipanti evitano solo le punizioni che si risolvono in una perdita.
2. Secondo il gruppo di Soochow l'effetto “bontà” è dovuto al basso numero di perdite nel mazzo C. Secondo il nostro gruppo l'effetto “bontà” è dovuto ad una reale – seppur limitata – comprensione, da parte dei partecipanti, del valore atteso dei mazzi (questa posizione verrà

N° carta	A	B	C	D
1	200	100	-200	-100
2	200	100	-200	-100
3	200	100	-200	-100
4	200	100	-200	-100
5	-1050	-650	1050	650
VA	Cattivo	Cattivo	Buono	Buono

Tabella 6.2. Matrici del Soochow Gambling Task (Chiu et al., 2008). Sono illustrate solo le prime cinque carte perchè la matrice si ripete ogni cinque esiti.

trattata nel capitolo 10).

Con questo esperimento si è cercato di distinguere fra le due posizioni teoriche, investigando l'effetto di perdite e punizioni, ricompense e vincite.

Questo esperimento è stato presentato alla 10° *International Conference on Cognitive Modeling* (Napoli & Fum, 2010).

### L'esperimento

Una prima idea per discriminare fra le due posizioni è confrontare le scelte fra due tipi di mazzi che, pur mantenendo lo stesso valore atteso e la stessa appetibilità, abbiano lo stesso numero di punizioni ma un diverso numero di perdite. Uno dei due mazzi dovrebbe avere un certo numero di punizioni e tutte dovrebbero essere anche perdite, mentre il secondo dovrebbe avere lo stesso numero di punizioni, ma solo alcune dovrebbero essere perdite. Secondo l'interpretazione di Chiu et al. (2008) i partecipanti dovrebbero preferire il secondo di mazzo mentre, secondo l'interpretazione presentata in apertura del capitolo, i partecipanti dovrebbero scegliere lo stesso numero di carte da entrambi i mazzi.

Una seconda idea per discriminare fra le due ipotesi ha a che vedere con la modalità di presentazione degli esiti durante l'esperimento. Nell'IGT originale i partecipanti ricevono un feedback "doppio", che contiene sia l'informazione sull'evento certo che sull'evento contingente: "Hai vinto 50 €, ma hai anche perso 75 €". In un compito analogo a feedback "singolo", come il SGT, ogni carta fornisce un singolo esito, determinato dalla somma dei due. Nell'esempio appena citato il partecipante riceverebbe quindi un feedback del tipo "Hai perso 25 €." Secondo il gruppo di Soochow i partecipanti si dovrebbero comportare nello stesso modo sia in un compito che nell'altro, visto che, indipendentemente dal modo in cui l'informazione fosse fornita, i partecipanti si ritroverebbero

Mazzo	E		F		G		H	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	90	0	90	0	90	0	90	0
2	110	-300	110	-25	110	-125	110	-25
3	120	-250	120	-1050	120	-175	120	-550
4	90	0	90	0	90	0	90	0
5	100	-250	100	-50	100	-150	100	-50
6	110	0	110	0	110	0	110	0
7	120	-150	120	-50	120	-150	120	-50
8	100	0	100	0	100	0	100	0
9	80	0	80	0	80	0	80	0
10	80	-300	80	-75	80	-150	80	-75
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 6.3. Matrici dei mazzi della condizione "Doppio - WIN"

Mazzo	A	B	C	D
N° carta	Evento certo	Evento certo	Evento certo	Evento certo
1	90	90	90	90
2	-190	85	-15	85
3	-130	-930	-55	-430
4	90	90	90	90
5	-150	50	-50	50
6	110	110	110	110
7	-30	70	-30	70
8	100	100	100	100
9	80	80	80	80
10	-220	5	-70	5
VA	Cattivo	Cattivo	Buono	Buono

comunque con una perdita netta di 25 €. Secondo il nostro gruppo invece i partecipanti dovrebbero modificare il loro comportamento, perchè nel compito a feedback singolo le perdite che non sono punizioni e le ricompense che non sono vincite "scompaiono". Ad esempio, una carta (+50, - 25), contenente una punizione, nel compito a feedback singolo diventerebbe (+25).

Tabella 6.4. Matrici dei mazzi della condizione "Singolo - WIN"

In questo esperimento abbiamo confrontato due diverse versioni dell'IGT: a feedback singolo e a feedback doppio. Nella condizione a Feedback Doppio tutti i mazzi avevano la stessa frequenza di punizione, ma in due mazzi (A e C) tutte le punizioni erano perdite, e quindi presentavano cinque punizioni che erano anche perdite, mentre i mazzi B e D presentavano cinque punizioni ed una sola di queste era anche una perdita (tabella 6.3). Nella condizione a Feedback Singolo abbiamo usato le stesse matrici degli esiti della condizione Doppio ma abbiamo presentato ai partecipanti solo il valore netto di

soldi vinti o persi (tabella 6.4). In altre parole, le matrici di questa condizione sono state ottenute sommando eventi certi e contingenti (quando presenti) oppure prendendo in considerazione solo l'evento certo (quando non era presente il contingente). Come si può vedere dal raffronto fra le tabelle questo passaggio dal Feedback Doppio al Singolo ha avuto un effetto diverso sui mazzi che presentavano punizioni non perdite (B e D) e quelli nei quali ogni perdita era anche una punizione (A e C). I mazzi B e D, che nella condizione Doppio presentavano quattro punizioni/non – perdite e una punizione/perdita ogni dieci carte, nella condizione Singolo presentavano una sola perdita ogni dieci carte; i mazzi A e C, che nella condizione Doppio presentavano cinque punizioni/perdite ogni dieci carte, presentavano nella condizione Singolo cinque perdite ogni dieci carte.

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-90	0	-90	0	-90	0	-90	0
2	-110	25	-110	125	-110	25	-110	300
3	-120	550	-120	175	-120	1050	-120	250
4	-90	0	-90	0	-90	0	-90	0
5	-100	50	-100	150	-100	50	-100	250
6	-110	0	-110	0	-110	0	-110	0
7	-120	50	-120	150	-120	50	-120	150
8	-100	0	-100	0	-100	0	-100	0
9	-80	0	-80	0	-80	0	-80	0
10	-80	75	-80	150	-80	75	-80	300
VA	Cattivo		Cattivo		Buono		Buono	

Tabella 6.5. Matrici dei mazzi della condizione “Doppio - LOSE”

L'influenza dell'appetibilità è stata controllata rendendola pari a 100 € per tutti i mazzi, mentre il valore atteso è stato bilanciato: c'erano un mazzo buono (C) ed un mazzo cattivo (A) fra i mazzi ad alta frequenza di perdite ed un mazzo buono (D) ed uno cattivo (B) fra i mazzi a bassa frequenza di perdite. Abbiamo somministrato l'esperimento sia nella versione originale (Condizione “WIN”), nella quale l'evento certo è costituito da una ricompensa e l'evento contingente da una punizione, sia nella versione invertita (Condizione “LOSE”), nella quale l'evento certo è costituito dalle punizioni e l'evento contingente dalle ricompense. Nella condizione LOSE – Feedback Doppio tutti i mazzi avevano la stessa frequenza di ricompensa ma diversa frequenza di vincite (vedi tabella 6.5). Nella condizione a Feedback Singolo, le cui matrici sono state ottenute sommando eventi certi e contingenti dalla condizione a Feedback Doppio, due mazzi presentavano una sola ricompensa – vincita ogni dieci carte e due mazzi presentavano cinque ricompense – vincite ogni dieci carte (vedi tabella 6.6).

Mazzo	A	B	C	D
N° carta	Evento certo	Evento certo	Evento certo	Evento certo
1	-90	-90	-90	-90
2	-85	15	-85	190
3	430	55	930	130
4	-90	-90	-90	-90
5	-50	50	-50	150
6	-110	-110	-110	-110
7	-70	30	-70	30
8	-100	-100	-100	-100
9	-80	-80	-80	-80
10	-5	70	-5	220
VA	Cattivo	Cattivo	Buono	Buono

Tabella 6.6. Matrici dei mazzi della condizione "Singolo - LOSE"

### Metodo

**Partecipanti.** I partecipanti erano 88 studenti dell'università di Trieste (40 maschi), di età compresa fra i 19 e i 28 anni ( $M = 19,9$ ;  $DS = 3,7$ ), assegnati casualmente alle condizioni sperimentali. Abbiamo escluso dall'analisi i partecipanti che avevano estratto un numero di carte da un dato mazzo che si discostava per più di 3 deviazioni standard dalla media di scelte da quel mazzo in quella condizione. Otto partecipanti ricadevano all'interno di questo criterio e non compaiono nelle seguenti analisi.

**Materiali e procedura.** La procedura era identica a quella degli esperimenti precedenti (descritta nell'Appendice A). Il disegno sperimentale era 2 (Feedback: Singolo vs. Doppio) x 2 (Frame: WIN vs. LOSE), tra i soggetti.

Le caratteristiche dei mazzi sono riassunte nelle tabelle 6.3 – 6.6. In tutte le condizioni i mazzi A e B erano i mazzi "cattivi" mentre i mazzi C e D erano i mazzi "buoni". In tutte le condizioni B e D erano i mazzi che avrebbero dovuto essere scelti di più in base alla frequenza di perdite/vincite: infatti, nel Frame WIN erano i mazzi con il minor numero di perdite e nel Frame LOSE erano i mazzi con il maggior numero di vincite.



	A	B	C	D
<b>Doppio – WIN</b>	22,45 (8,18)	23,65 (9,33)	23,35 (9,68)	28,55 (12,56)
<b>Singolo – WIN</b>	17,62 (6,4)	28,95 (12,24)	19,57 (6,87)	33,86 (13,24)
<b>Doppio – LOSE</b>	21,06 (7,99)	22,94 (5,03)	26,71 (9,3)	29,29 (9,48)
<b>Singolo - LOSE</b>	19,59 (5,82)	25,86 (8,08)	24,18 (10,03)	30,36 (10,57)

Tabella 6.7. Media (e Deviazione Standard) di scelte da ciascun mazzo.

## Risultati

Il numero di scelte da ogni mazzo è indicato in tabella 6.7.

Abbiamo diviso il comportamento dei partecipanti in blocchi di 20 scelte ciascuno ed abbiamo analizzato due indici sintetici: la bontà, calcolata con la formula  $(C + D) - (A + B)$ , che misura la tendenza a scegliere i mazzi con valore atteso positivo, e la frequenza, che misura la tendenza a scegliere in base alla frequenza dell'evento contingente. La frequenza è calcolata con la formula  $(B + D) - (A + C)$  e misura la preferenza per i mazzi con bassa frequenza di perdite nel Frame WIN e per i mazzi con alta frequenza di vincite nel Frame LOSE. Si sono analizzate entrambe le variabili con un'ANOVA a disegno misto usando il Feedback (Singolo vs. Doppio) e il Frame (WIN vs. LOSE) come variabili tra i soggetti e i cinque Blocchi come variabili entro i soggetti.

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Frame</b>	1	0,38	41,05	0,54
<b>Feedback</b>	1	0,13	14,7	0,71
<b>Frame x Feedback</b>	1	0,03	3,83	0,85
<b>Blocchi</b>	4	1,73	57,86	0,14
<b>Blocchi x Frame</b>	4	0,61	20,46	0,66
<b>Blocchi x Feedback</b>	4	2,39	80,08	0,051
<b>Blocchi x Frame x Feedback</b>	4	0,46	15,39	0,77

Tabella 6.8. ANOVA relativa alla bontà

secondo blocco fra i due Feedback (Figura 6.1). Poiché non c'era alcun effetto principale abbiamo collassato tutti i dati per determinare se, al termine dell'esperimento, il valore della bontà fosse significativamente maggiore di 0. Il test *t* relativo è risultato significativo ( $M = 8,8$ ,  $DS = 2,55$ ,  $t(79) = 3,44$ ,  $p < 0,001$ ), pertanto i partecipanti hanno scelto significativamente più carte dai mazzi “buoni” rispetto ai mazzi “cattivi”.

Per quanto riguarda la bontà, l'analisi non ha rivelato alcun effetto significativo, né per i fattori né per i blocchi (vedi Tabella 6.8). L'interazione fra Blocchi e Feedback è risultata marginalmente significativa, a causa delle differenze nelle scelte fra primo e

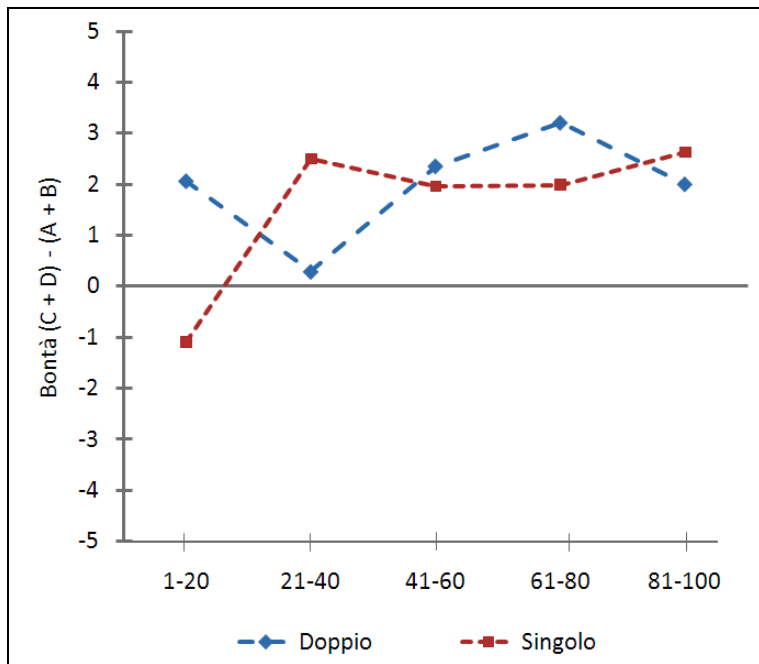
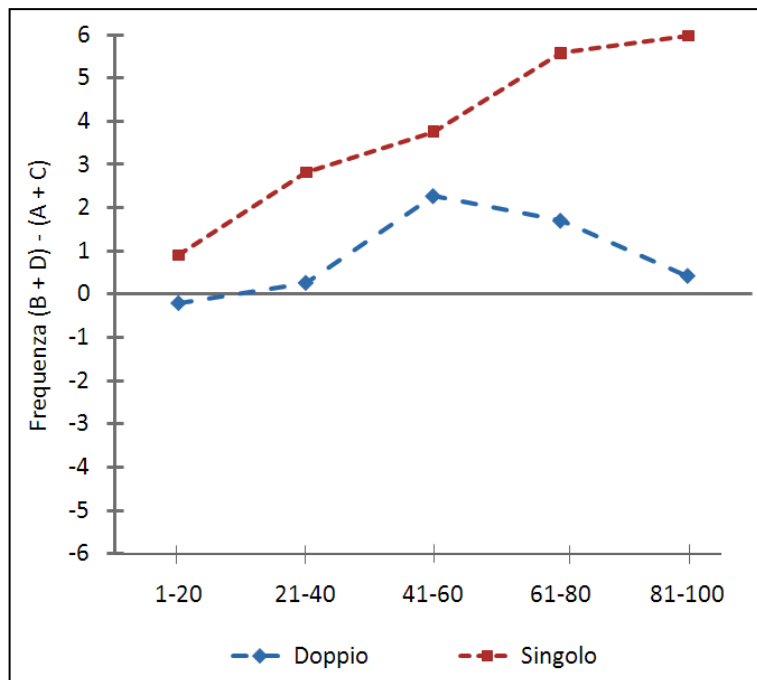


Figura 6.1. Andamento della variabile bontà nei gruppi Doppio e Singolo.

	gdl	F	MSE	p
Frame	1	1,64	169,84	0,2
Feedback	1	8,16	844,8	<b>*0,005</b>
Frame x Feedback	1	1,67	173,52	0,2
Blocchi	4	4,72	148,13	<b>*0,001</b>
Blocchi x Frame	4	33,6	113,043	<b>*0,007</b>
Blocchi x Feedback	4	2,1	65,8	0,081
Blocchi x Frame x Feedback	4	1,06	33,4	0,37

Tabella 6.9. ANOVA relativa alla frequenza.



Per quanto riguarda la variabile frequenza risultavano significativi l'effetto dei Blocchi, del Feedback e l'interazione Blocchi x Frame, mentre l'interazione Blocchi x Feedback era solo marginalmente significativa (tabella 6.9). L'effetto dei blocchi dimostra che i partecipanti scelgono sempre più, con il proseguire dell'esperimento, i mazzi B e D nella condizione Singolo, ma non nella condizione Doppio (vedi figura 6.2). Si sono effettuati due test *t* sul valore di questa variabile alla fine dell'esperimento, separatamente per i gruppi Singolo e Doppio e collassando i Frame WIN e

LOSE. Il test è risultato significativo per la condizione Singolo ( $M = 18,88$ ,  $DS = 23,26$ ,  $t(42) = 5,32$ ,  $p < 0,001$ ), ma non per la condizione Doppio ( $M = 4,43$ ,  $DS = 22,66$ ,  $t(36) = 1,19$ ,  $p = 0,24$ ).

Figura 6.2. Andamento della variabile frequenza nei gruppi Doppio e Singolo (collassando i valori del Frame).

## Discussione

Le analisi statistiche hanno dimostrato che c'era un effetto della frequenza solo nella condizione Singolo ma non nella condizione Doppio. Come spiegato nell'introduzione, secondo Chiu et al. (2008) i partecipanti dovrebbero essere influenzati dalla frequenza di perdite e punizioni in entrambe le condizioni sperimentali, mentre secondo il nostro gruppo l'effetto dovrebbe essere presente solo nella condizione Singolo. I risultati supportano la nostra ipotesi, secondo la quale i partecipanti evitano tutte le punizioni e non solo quelle che si risolvono in una perdita netta, così come ricercano tutte le forme di ricompensa e non solo quelle che si risolvono in una vincita netta. Poiché le matrici della condizione Singolo sono state ottenute sommando eventi certi e contingenti dei rispettivi mazzi della condizione Doppio, questo risultato non può essere dovuto a differenti valori utilizzati nelle due condizioni. Al contrario, poiché Chiu et al. (2008) hanno pubblicato i dati del SGT senza alcun gruppo di controllo, è possibile che i dati da loro ottenuti siano dovuti agli specifici valori utilizzati nelle loro matrici. Questo esperimento suggerisce anche che i partecipanti, poiché sensibili alla differenza fra Feedback Singolo e Doppio, registrino separatamente i valori di evento certo e contingente e non utilizzino il valore netto dei due in ogni prova.

Le analisi evidenziano anche che i partecipanti sono in grado di discriminare i mazzi “Buoni” dai mazzi “Cattivi” in ogni condizione sperimentale. Tuttavia, se avessero avuto una reale e completa comprensione di quali sono i mazzi “Buoni”, li avrebbero scelti in maniera consistente. Questo non accade, perché in nessuna condizione il mazzo C (buono) è stato scelto più frequentemente del mazzo B (cattivo), similmente a quanto accade nell'IGT classico (tabella 6.7 con scelte da ciascun mazzo).

In conclusione, in questo esperimento abbiamo cercato di dimostrare che l'effetto della frequenza dell'evento contingente è determinato dalla frequenza delle punizioni e ricompense, e non, come sostenuto da Chiu e colleghi, dalla frequenza di perdite e vincite. Questa conclusione è importante perché ribadisce una forte differenza fra i MAB tradizionali e i MAB “a doppio feedback” come l'IGT. Se non avessimo trovato alcuna differenza fra i due tipi di Feedback avremmo potuto concludere, in accordo con il gruppo di Soochow, che presentare l'IGT come un MAB a Feedback Singolo non cambia il comportamento dei partecipanti. Il presente esperimento dimostra invece che i processi cognitivi che governano l'IGT e, più in generale, i MAB a doppio feedback non lavorano sul valore netto della singola prova, ma processano separatamente i due eventi, e quindi determinano comportamenti diversi nei MAB a Feedback Singolo e nei MAB a Feedback Doppio.

## Capitolo 7: Introduzione alla Teoria dei Giochi

La Teoria dei Giochi (Von Neumann e Morgenstern, 1944) è una branca della matematica che si focalizza sulla descrizione dell'interazione strategica di due o più persone durante una situazione che si definisce "gioco". Un gioco è definito da:

1. una serie di mosse a disposizione di ciascun partecipante
2. una matrice che assegna un punteggio a ciascun partecipante in funzione della combinazione delle mosse

	A	B
A	4 1	3 2
B	3 0	4 4

In Figura 7.1 è presentata la matrice di un gioco a due persone nella quale i partecipanti devono decidere le proprie mosse contemporaneamente, quindi senza conoscere quale sarà la mossa dell'avversario. Ciascun giocatore ha due mosse a sua disposizione. La matrice specifica gli esiti per ogni combinazione di mosse: ad esempio, nel caso di scelta A – D il giocatore 1 riceve 1 punto e il giocatore 2 riceve 4 punti.

Figura 7.1. Esempio di gioco a due persone.

La Teoria dei Giochi parte da due assunzioni:

1. ogni giocatore ha lo scopo di massimizzare il proprio punteggio, ignorando il punteggio dell'altro giocatore
2. ogni giocatore è massimamente razionale. I giocatori adotteranno sempre la strategia di selezione delle mosse che consente di massimizzare il proprio punteggio, che viene detta *strategia dominante*. Nell'assunzione di massima razionalità rientra la consapevolezza che anche gli avversari sono altrettanto razionali, e quindi utilizzano sempre a loro volta strategie dominanti.

Ad esempio, riscrivendo il gioco della Figura 7.1 nella forma estesa (Figura 7.2), dalla prospettiva del giocatore 1, si nota che questo giocatore può ricevere:

- 1 o 0 punti (in funzione della mossa del giocatore 2) se sceglie la mossa A
- 2 o 4 punti (in funzione della mossa del giocatore 2) se sceglie la mossa B.

Figura 7.2. Gioco della Figura 7.1 in forma estesa, dal punto di vista del giocatore 1.

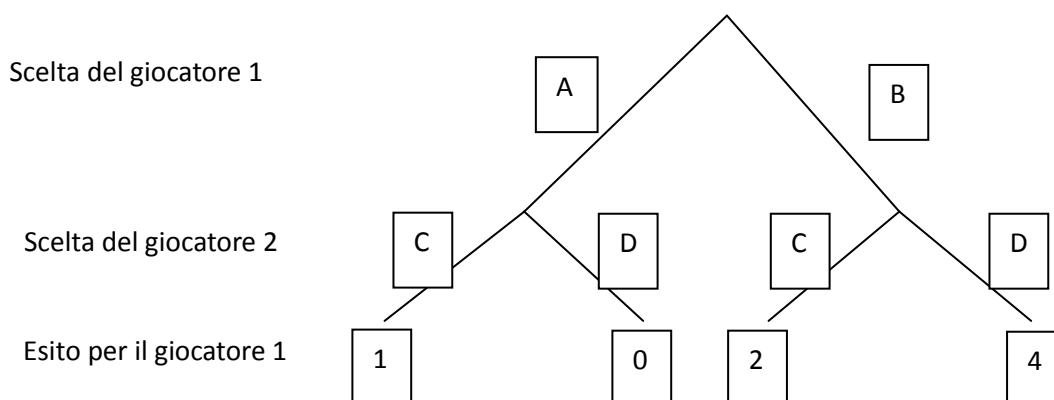
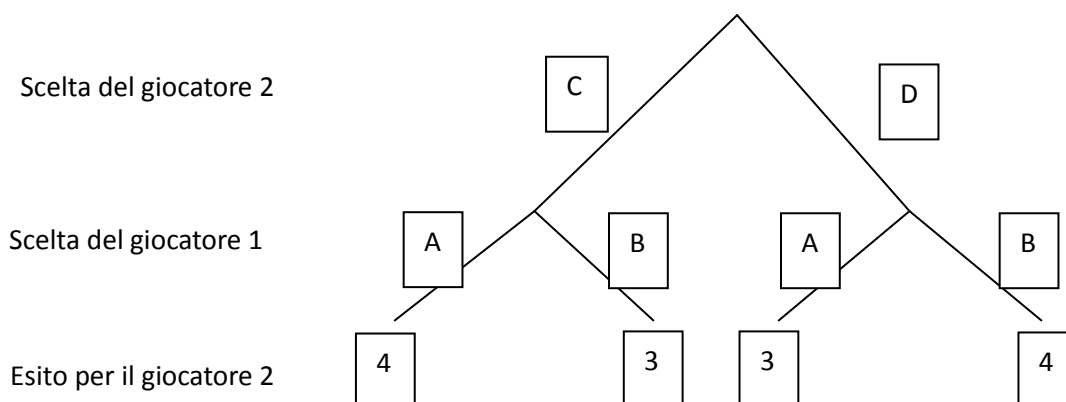


Figura 7.3. Gioco della Figura 7.1 in forma estesa, dal punto di vista del giocatore 2.



Scegliere la mossa B è quindi una strategia dominante rispetto alla scelta della mossa A, perchè, qualunque sia la scelta del giocatore 2, permette di avere un punteggio maggiore. Quindi il giocatore 1 sceglierà sempre la mossa B.

Analizzando il gioco nella forma estesa dalla prospettiva del giocatore 2 (Figura 7.3), si nota che questo giocatore può ricevere 3 o 4 punti, a seconda della mossa del giocatore 1:

se il giocatore 1 sceglie la mossa A, per il giocatore 2 è più remunerativa la mossa C

se il giocatore 1 sceglie la mossa B, per il giocatore 2 è più remunerativa la mossa D.

Non esiste quindi per il giocatore 2 una strategia dominante, poichè nessuna delle due è certamente più remunerativa dell'altra. Tuttavia, poichè il giocatore 2 è a conoscenza dell'intera matrice e poichè sa che il giocatore 1 è massimamente razionale, sa che questi sceglierà la propria

strategia dominante (mossa B) e quindi che a lui conviene scegliere la mossa D. La previsione della Teoria dei Giochi è quindi la combinazione di mosse B – D.

Lo scenario appena descritto non prende in considerazione la possibilità che i partecipanti affrontino più volte la stessa situazione di gioco – quindi, che partecipino ad un *gioco ripetuto* (o *iterato*). In questo caso le strategie dei due partecipanti potrebbero essere influenzate dalle interazioni precedenti. La Teoria dei Giochi classica non contempla la possibilità che ci sia apprendimento: la scelta di un giocatore rimane sempre costante dall’inizio alla fine dell’interazione, in quanto è determinata solamente dalla matrice che descrive la situazione di gioco.

Le prove sperimentali dimostrano che questo assunto è errato, e che i partecipanti modificano le proprie strategie in funzione del comportamento dell’avversario (Camerer, 2003, offre una riflessione interessante sui motivi storici per i quali la Teoria dei Giochi non ha preso in considerazione dati sperimentali fino a tempi relativamente recenti). La *Behavioral Game Theory* è una branca della *Behavioral Economics* (vedi Introduzione) che applica metodologie e modelli di apprendimento della psicologia sperimentale alle situazioni studiate dalla Teoria dei Giochi, in modo da ottenere dei modelli di comportamento più vicini ai dati sperimentali (Camerer, 2003).

Gli esperimenti sui giochi ripetuti hanno molti elementi in comune con i Multi – Armed Bandit (MAB) descritti nel capitolo 2:

- il partecipante compie una scelta
- il partecipante riceve un feedback sulla scelta compiuta
- il partecipante ha lo scopo di massimizzare il proprio punteggio
- il partecipante all'inizio dell'esperimento non conosce la strategia migliore, così come nei MAB non conosce la distribuzione di esiti associata a ciascuna alternativa.

	A	B
A	0	+1
B	-1	-10

I MAB e i giochi ripetuti presentano anche alcune differenze. La prima è che la conoscenza della matrice può creare delle preferenze per determinate mosse prima dell’inizio dell’esperimento. Questo problema è particolarmente critico nei giochi che hanno una matrice che presenta esiti di grandezza diversa a seconda della combinazione delle scelte dei partecipanti, come ad esempio il gioco illustrato in Figura 7.4, il Chicken Game (Rapoport and Chammah, 1966) nella quale la scelta B è più

rischiosa dell'altra. In questo gioco i partecipanti possono impostare fin dall’inizio la propria strategia

	<b>T</b>	<b>C</b>
<b>T</b>	-1	+1
<b>C</b>	+1	-1

Figura 7.5. Matching Pennies.

in maniera più o meno rischiosa, anche in considerazione delle aspettative sulla strategia dell'avversario. In altri tipi di giochi, come ad esempio il Matching Pennies (Figura 7.5), la grandezza dell'esito è la stessa sia per la scelta C che per la scelta T; l'importante è compiere la scelta giusta al momento giusto (cioè la scelta C quando l'avversario sceglie T e viceversa), ma non si ottiene un punteggio maggiore vincendo con una scelta piuttosto che con un'altra. In questo caso si può escludere qualunque tipo di preferenza verso una scelta piuttosto che verso un'altra per effetto della matrice.

Un altro fattore di diversità fra MAB e giochi ripetuti interviene nel caso dei giochi semicooperativi. I giochi semicooperativi vanno anche sotto il nome di “dilemmi sociali”, in quanto presentano un contrasto fra il “benessere comune” e il “benessere personale”, oppure fra il “benessere personale” e le norme sociali. Un esempio è l'ultimatum game (Guth, Schmittberger, & Schwarze, 1982), nel quale il giocatore 1 deve proporre come dividere una certa somma di denaro, ad esempio 10 €. Dopo che il giocatore 2 ha esaminato la proposta, questi può accettare o rifiutare. Se accetta, entrambi guadagnano i soldi come proposto dal giocatore 1. Se rifiuta, nessuno dei due riceve niente. In questo caso il benessere personale, che dovrebbe portare il giocatore 2 ad accettare qualunque offerta del giocatore 1, contrasta con un senso di “giustizia sociale” che porta i partecipanti a rifiutare l'offerta se non è percepita come “equa”. In un gioco di questo tipo le scelte dei partecipanti possono essere influenzate da sentimenti di empatia, reciprocità, o addirittura vendetta verso l'altro giocatore e dalla pressione delle norme sociali, che nei MAB non trovano alcun riscontro.

Tuttavia, al di là di questi fattori di differenza nel comportamento nei MAB e nei giochi, è in linea di principio possibile applicare i modelli di comportamento dei MAB alle situazioni di gioco ripetuto. Per farlo è sufficiente ipotizzare che i partecipanti manipolino solamente le informazioni riguardanti le proprie scelte e gli esiti ottenuti, e non prestino attenzione né alle scelte e agli esiti ottenuti dall'avversario, né alla matrice che descrive il gioco.

La plausibilità di poter estendere i modelli dei MAB ai giochi ripetuti dipende dalle assunzioni sulle informazioni manipolate dai giocatori. Si possono identificare tre livelli di spiegazione del comportamento dei partecipanti. Ad ogni livello aumentano le informazioni manipolate dal partecipante e, di conseguenza, i processi cognitivi coinvolti. Inoltre, ad ogni livello corrispondono modelli diversi all'interno della *Behavioral Game Theory*. Il primo livello richiede la manipolazione delle informazioni sulle proprie scelte e sugli esiti ricevuti, e coinvolge i processi cognitivi che riguardano l'integrazione

dei feedback – gli stessi processi di cui abbiamo parlato nei capitoli 1 e 2 a proposito dei compiti di scelta iterata. Questo livello corrisponde in *Behavioral Game Theory* ai modelli di *Reinforcement Learning* come quelli di Sutton e Barto (1998), Erev e Roth (1998), Erev e Barron (2005). Il secondo livello riguarda non solo la manipolazione delle informazioni riguardanti gli esiti ricevuti, ma anche degli esiti che si sarebbero potuti ricevere – un coinvolgimento che presuppone di manipolare le informazioni relative ai *forgone payoff* nei MAB, e alle mosse dell'avversario nelle situazioni di gioco. All'interno della *Behavioral Game Theory* si riferiscono a questo livello i modelli di *Belief Learning* di Cheung & Friedman (1997) e si trova un corrispettivo neuroscientifico negli studi di Lee, McGreevy, e Barraclough (2005) sui primati. Il terzo livello riguarda solo le situazioni di gioco, e contempla la costruzione di modelli di comportamento degli altri giocatori. Questo livello richiede di raccogliere informazioni sulle mosse degli avversari in relazione alle proprie al fine di modificare la strategia degli avversari tramite il proprio comportamento. È questo il caso dei *Sophisticated Models* (Camerer, Ho, & Chong, 2002), e il sistema cognitivo coinvolto è la Teoria della Mente.

L'influenza delle emozioni e delle norme sociali ricade al di fuori di questa gerarchia perché può intervenire indipendentemente dal livello a cui ci si pone.

I due esperimenti che seguono sono motivati dall'applicazione del principio di parsimonia alla gerarchia a livelli appena esposta. È sempre necessario ipotizzare il coinvolgimento del livello di spiegazione più elevato nei giochi ripetuti? In quale modo il coinvolgimento di un livello influenza il comportamento dei partecipanti? Qual è il minimo livello a cui ricorrere per poter spiegare il comportamento?



## Capitolo 8: Quarto Esperimento

### Introduzione

In questo esperimento si è affrontato il tema dei giochi ripetuti e dei livelli di spiegazione proposti nel capitolo 7 studiando un gioco strettamente competitivo a somma zero – il gioco “Sasso, Carta, Forbice”. Una convinzione comune riguardante questo gioco è che, per vincere, sia necessario predire le mosse dell'avversario ed agire di conseguenza<sup>1</sup>, un processo che assume il secondo e terzo livello di spiegazione della gerarchia esposta nel capitolo 7. In questo esperimento si è cercato di opporre a questa convinzione l'ipotesi che il comportamento dei partecipanti sia spiegabile solo nei termini del primo livello di spiegazione, e che quindi i giocatori si concentrino solo sulle proprie mosse e sugli esiti ottenuti.

Sasso, Carta, Forbice è un gioco a due persone nel quale i partecipanti hanno a disposizione le tre mosse omonime e compiono simultaneamente la propria scelta. L'esito di ciascuna prova è determinato come segue: il Sasso batte la Forbice, la Forbice batte la Carta, la Carta batte il Sasso. Siamo in un caso simile a quello del *Matching Pennies* descritto nel capitolo precedente: una mossa è migliore di altre solo in relazione alla scelta dell'avversario. In termini di Teoria dei Giochi la strategia dominante è scegliere ad ogni prova una mossa a caso fra le tre, ciascuna con probabilità pari a 1/3. Questo garantisce che la propria strategia non possa essere sfruttata dall'avversario per vincere: poiché la scelta ad ogni prova è assolutamente casuale, è assolutamente impossibile da predire. Questo metodo di gioco è discutibile per due motivi: primo, gli esseri umani sono notoriamente dei pessimi generatori di sequenze casuali (Rapoport & Budescu, 1997), e solitamente finiscono con il generare sequenze ripetute nonostante i loro sforzi di evitarlo. Secondo, una strategia di questo tipo non consente di vincere contro nessun'altra strategia: garantisce sempre, a lungo termine, un valore atteso pari a 0, indipendentemente da quanto forte – o quanto debole – sia l'avversario.

---

<sup>1</sup> Ad esempio Gallagher, Jack, Roepstorff, & Frith (2002) riportano il contenuto delle interviste informali dei partecipanti ad un esperimento sul “Sasso, Carta, Forbice”. Tutti i partecipanti riportavano di aver cercato di indovinare le risposte dell'avversario e di aver cercato di identificare le sue strategie al fine di batterlo.

Lo scopo di questo esperimento è stabilire se i partecipanti raccolgono informazioni sulla strategia dell'avversario e sfruttano questa conoscenza per cercare di vincere, o se invece si limitano a registrare le informazioni sulle proprie scelte e sui propri esiti. In questo caso si potrebbe concludere che i partecipanti affrontano il gioco esattamente come se fosse un compito di scelta iterata – e si potrebbe interpretare il loro comportamento rimanendo all'interno del primo livello di spiegazione della gerarchia presentata nel capitolo 7.

Questo esperimento è stato presentato alla 9° *International Conference on Cognitive Modeling* (Napoli & Fum, 2009).

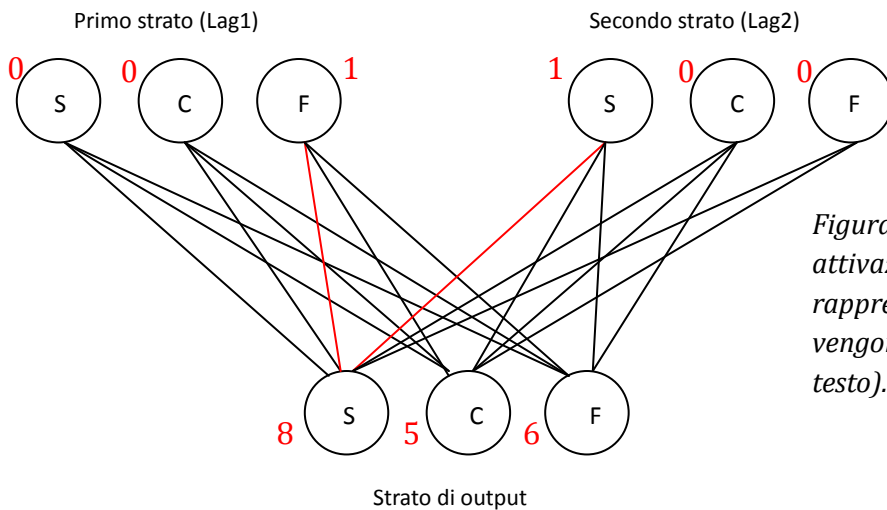
### **Studi precedenti sul gioco “Sasso, Carta, Forbice”**

West e collaboratori (West, 1999; Lebiere & West, 1999, West & Lebiere, 2001; West, Stewart, Lebiere & Chandrasekharan, 2005) hanno pubblicato una serie di articoli focalizzati sulla possibilità di replicare il comportamento dei giocatori di Sasso, Carta, Forbice tramite modelli computazionali che cercano di identificare pattern ricorrenti nelle sequenze di mosse prodotte dall'avversario. Questi modelli lavorano su sequenze brevissime – riescono a memorizzare solamente una, due o tre mosse precedenti dell'altro giocatore. Un modello che memorizza solo la precedente mossa dell'avversario è detto “Lag1”, un modello che memorizza le due mosse precedenti è detto “Lag2”, e così via. Se entrambi i giocatori seguono questa strategia, essi entrano in un sistema nel quale ognuno cerca di influenzare le mosse dell'altro mentre ne è influenzato a sua volta. Secondo gli autori il risultato è un sistema dinamico che genera dei *pattern* di interazioni che non potrebbero essere spiegati guardando ad una sola componente dei due sistemi – e quindi, il comportamento di un singolo partecipante nel gioco “Sasso, Carta, Forbice” non può essere predetto a meno di non cercare di predire contemporaneamente anche il comportamento dell'altro.

Il modello è stato implementato utilizzando la rete neurale a due strati illustrata in figura 8.1 (West & Lebiere, 2001). La rete riceve in input le mosse dell'avversario e produce in output la propria mossa. Lo strato di input è composto da una tripletta di nodi (ognuno dei quali corrisponde a Sasso, Carta, e Forbice) per ogni mossa dell'avversario che la rete può memorizzare: il modello “Lag1” ha una sola tripletta, il “Lag2” ha due triplette, e così via. I nodi di input possono avere un valore di 1 o 0. Per ogni tripletta, il nodo che corrisponde alla mossa compiuta dall'avversario ha valore 1, mentre gli altri due hanno valore 0. Quindi per esempio, nel caso di un modello Lag2, se le due precedenti mosse

dell'avversario sono state Sasso e Forbice, il nodo “Sasso” della tripletta della penultima mossa dell'avversario avrà valore 1 e gli altri due 0, ed il nodo “Forbice” della tripletta dell'ultima mossa avrà valore 1 e gli altri 0 (Figura 8.1). Lo strato di output è costituito a sua volta da una tripletta di nodi, uno per ogni mossa. Tutti i nodi dello strato di input sono collegati ai tre nodi dello strato di output. I pesi delle connessioni hanno inizialmente un valore pari a 0 (West, 1999; e West & Lebiere, 2001).

Il valore di ciascun nodo di output è determinato sommando i pesi delle sue connessioni con i nodi che hanno un valore pari a 1. Nel caso dell'esempio precedente il valore di ciascun nodo di output sarebbe calcolato sommando i pesi delle connessioni di “Sasso – penultima mossa” e “Forbice – ultima mossa” con il nodo in questione. Il nodo di output che ha il livello di attivazione più elevato determina la mossa compiuta dalla rete (scegliendo casualmente nel caso di più nodi con lo stesso livello di attivazione).



*Figura 8.1. I numeri sono i livelli di attivazione di ciascun nodo. Le linee rosse rappresentano le connessioni i cui pesi vengono modificati in questo esempio (vedi testo).*

I pesi delle connessioni vengono aggiornati dopo ogni prova. L'aggiornamento riguarda solo le connessioni fra i nodi di input attivi e il nodo di output che ha determinato la scelta. Tornando all'esempio precedente, se la mossa prodotta fosse stata “Sasso”, si sarebbero aggiornati i pesi delle connessioni fra “Sasso – penultima mossa” e “Sasso – output” e fra “Forbice – ultima mossa” e “Sasso – output” (Figura 8.1). Gli autori studiano due metodi differenti di aggiornamento dei pesi delle connessioni: nella versione “Passiva” del modello nel caso di esito vincente viene aggiunto 1 ai pesi delle connessioni, in caso di perdita viene sottratto 1, e in caso di parità i pesi restano inalterati. Nella versione “Aggressiva” i pareggi sono considerati come perdite ed anche in questo caso viene sottratto 1 dal peso delle connessioni.

West e Lebiere (2001) hanno presentato una serie di esperimenti nei quali gli esseri umani giocavano contro diverse versioni di rete neurale (Lag1, Lag2, Attive, Passive) e hanno confrontato i risultati con simulazioni nelle quali le reti giocavano fra di loro. Secondo West e Lebiere gli esseri umani si comportano come una Lag2 Aggressiva. In generale, facendo competere due reti neurali identiche l'interazione termina in parità, ma nel caso di esseri umani che giocano contro una Lag2 Aggressiva, la rete tende a vincere. Gli autori spiegano questo risultato in base al fatto che gli esseri umani non riescono a giocare con la stessa intensità della rete neurale per tutto l'esperimento a causa di affaticamento e cali di motivazione.

### **L'esperimento**

Il modello di West e Lebiere (2001) assume che i partecipanti registrino informazioni sulle scelte dell'altro giocatore, ma come suggerito nel capitolo precedente è possibile avere un feedback sull'efficacia della propria strategia memorizzando solo le proprie azioni e i propri esiti. Il seguente esperimento ha lo scopo di verificare se un livello di spiegazione inferiore rispetto a quello proposto da West e Lebiere sia ugualmente in grado di rendere conto del comportamento dei partecipanti.

Tre gruppi di partecipanti hanno giocato tre round da 100 prove ciascuno del gioco "Sasso, Carta, Forbice". In ogni round hanno giocato contro il computer controllato da un differente algoritmo. Fra un gruppo e l'altro cambiavano solamente l'interfaccia e le istruzioni.

Il primo gruppo di partecipanti (condizione "Classica") utilizzava un'interfaccia che adottava i classici simboli del gioco (vedi Appendice A per la Procedura). Ai partecipanti di questo gruppo è stato esplicitamente detto che avrebbero giocato a Sasso, Carta, Forbice contro il computer, che avrebbe utilizzato una diversa strategia in ogni round. Non appena i partecipanti compivano una scelta, veniva segnalata la scelta del computer e l'esito della prova. I partecipanti guadagnavano 1 punto per la vittoria, ne perdevano 1 per la sconfitta e non ricevevano nessun punto per il pareggio.

Un secondo gruppo di partecipanti (condizione "Natura") svolgeva lo stesso compito sperimentale, ma le istruzioni e l'interfaccia erano progettate in modo che il compito sembrasse un *Multi – Armed Bandit Task* (MAB; vedi Introduzione). Al posto dei simboli di Sasso, Carta, Forbice, i partecipanti vedevano sullo schermo tre figure geometriche: una sfera, un cubo e una piramide. Ai partecipanti è stato detto che avrebbero potuto ricevere ad ogni prova un punteggio pari a +1, -1, o 0 e che il criterio con il quale il computer assegnava il punteggio sarebbe cambiato da un round all'altro. In

questa condizione non solo veniva mostrato l'esito ottenuto dal partecipante, ma anche gli esiti che avrebbe potuto ottenere se avesse scelto uno degli altri due simboli. Senza che i partecipanti lo sapessero, all'inizio di ogni round il computer assegnava casualmente ad ogni figura una mossa fra Sasso, Carta, Forbice e questo permetteva di assegnare gli esiti seguendo gli stessi algoritmi della condizione precedente. In altre parole, il partecipante era convinto di giocare un MAB, mentre in realtà giocava a Sasso, Carta, Forbice contro il computer.

La terza condizione (“Implicito”) era presentata ai partecipanti come una situazione di gioco contro il computer. In questo caso i simboli erano gli stessi della condizione “Natura” (sfera, cubo e piramide). Le istruzioni spiegavano che ogni figura vinceva contro una delle altre due, perdeva contro l'altra e pareggiava contro sé stessa, ma la gerarchia non era specificata. In altre parole, in questa condizione i partecipanti giocavano a Sasso, Carta, Forbice senza che venisse esplicitata la gerarchia dei simboli e senza alcun richiamo esplicito al gioco.

Lo scopo dell'esperimento era verificare se i partecipanti si sarebbero comportati in modo simile in tutte e tre le condizioni, e se fosse possibile spiegare il loro comportamento mediante gli stessi modelli.

## **Metodo**

**Partecipanti.** I partecipanti erano 60 studenti dell'università di Trieste (37 maschi), di età compresa fra i 18 e i 32 anni ( $M = 21,4$ ;  $DS = 3,7$ ), assegnati casualmente alle condizioni sperimentali.

**Materiali e procedura.** La procedura è descritta nello specifico in Appendice A. Il disegno sperimentale prevedeva tre gruppi di partecipanti, ognuno assegnato ad un Setting diverso (Classico vs. Implicito vs. Natura), ognuno dei quali giocava contro tre Algoritmi diversi (Lag2 vs. Random vs. Biased). L'esperimento seguiva quindi un disegno 3x3 misto, con il Setting come variabile tra i soggetti e l'Algoritmo come variabile entro i soggetti. L'ordine delle condizioni Algoritmo era controbilanciato fra i partecipanti.

Le tre condizioni del Setting sono state descritte precedentemente. I tre Algoritmi erano: un Lag2 Passivo (West e Lebiere, 2001), descritto nell'Introduzione di questo capitolo; Random, un algoritmo che sceglieva a caso una delle tre mosse, ciascuna con probabilità 1/3; Biased, che sceglieva a caso una delle tre mosse con probabilità 0,5, 0,35 e 0,15 (i simboli assegnati a ciascuna probabilità

erano estratti a caso all'inizio del round).

## Risultati

La tabella 8.1 riporta il punteggio ottenuto al termine di ogni condizione sperimentale.

Setting	Algoritmo		
	Lag2	Random	Biased
Classico	-5,14 (10,82)	-2,14 (10,32)	5,95 (8,27)
Implicito	-7,9 (9,84)	1,23 (7,42)	6,77 (11,05)
Natura	-6,61 (8,9)	2,72 (9,14)	4,78 (6,14)

Tabella 8.1. Media (e Deviazione Standard) dei punteggi.

Prima di tutto abbiamo effettuato un'analisi per verificare se ci fossero degli effetti dovuti all'affaticamento. Abbiamo effettuato un test ANOVA a misure ripetute utilizzando il punteggio al termine di ciascun round come variabile entro i soggetti, ed è risultato non significativo ( $F(2,118) = 0,737, p = 0,48$ ).

Abbiamo quindi effettuato un test ANOVA a disegno misto con il Setting e l'Algoritmo come variabili per analizzare l'effetto dei due fattori, utilizzando il punteggio finale come variabile indipendente (Tabella 8.2). L'effetto dell'Algoritmo è risultato significativo, mentre il Setting e l'interazione no.

In altre parole, i partecipanti si comportavano nello stesso modo indipendentemente dalle istruzioni e dall'interfaccia dell'esperimento, con differenze di punteggio dovute all'Algoritmo

	gdl	F	MSE	p
Setting	2	0,1	8,43	0,9
Algoritmo	2	25,85	2300,63	*<0,001
Algoritmo x Condizione	4	0,97	88,49	0,43

Tabella 8.2. ANOVA dei punteggi al termine dell'esperimento.

contro il quale giocavano. In Tabella 8.3 sono riassunti i punteggi ottenuti i tre Setting: i partecipanti vincevano contro l'Algoritmo Biased, pareggiavano contro il Random e perdevano contro il Lag2, come confermato dai relativi test  $t$  (Tabella 8.3).

	M	DS	gdl	t	p
Lag2	-6,53	9,84	49	-5,15	*<0,001
Random	0,5	9,11	59	0,43	0,67
Biased	5,89	8,73	59	5,22	*<0,001

Tabella 8.3. Test  $t$  per i punteggi contro i diversi Algoritmi (punteggi dei Setting collassati).

## Discussione dei risultati

In questo esperimento si sono somministrate a tre gruppi di partecipanti tre versioni del gioco “Sasso, Carta, Forbice”. Lo scopo di questo esperimento era stabilire se gli esseri umani cercano di comprendere la strategia degli avversari e di anticipare le loro mosse oppure se si basano semplicemente sulle proprie mosse e sui propri esiti.

Il primo gruppo (“Classico”) ha giocato a “Sasso, Carta, Forbice” contro il computer; il secondo gruppo (“Implicito”) ha giocato ad un gioco simile, con la sola differenza che la gerarchia della dominanza tra i simboli era sconosciuta all’inizio dell’esperimento; nella terza condizione (“Natura”) il gioco era dissimulato e presentato come un MAB. Se i partecipanti dei primi due gruppi avessero cercato di anticipare le mosse dell’avversario si sarebbero dovute trovare delle differenze fra questi gruppi e il terzo.

I risultati hanno dimostrato, al contrario, che non c’era differenza fra le tre condizioni. Pertanto si può concludere che, nonostante i partecipanti applichino strategie diverse nelle condizioni competitive e non competitive, non ci sono differenze nel comportamento, oppure si può concludere che i partecipanti applicano la stessa strategia in tutte e tre le condizioni. Per un principio di parsimonia ritengo migliore la seconda interpretazione e quindi si conclude che i partecipanti *non* guardano alle scelte degli avversari ma solamente alle proprie scelte e ai propri esiti.

Per corroborare questa interpretazione si è provato a replicare il comportamento dei partecipanti utilizzando tre diversi modelli: un modello che si basa sul *Reinforcement Learning* (d’ora in avanti, *RL*; vedi capitolo 2) e due modelli (*Lag* d’ora in avanti) che si basano sulle reti neurali utilizzate da West e Lebiere (2001) descritte nell’Introduzione di questo capitolo. La differenza cruciale fra il *RL* e i *Lag* è che, mentre il *RL* raccoglie informazioni solo sulle proprie mosse e sui propri esiti, i *Lag* raccolgono anche informazioni sulle mosse dell’avversario.

## Presentazione dei modelli

Il modello *RL* sfrutta il meccanismo di apprendimento di ACT-R (Anderson, 2007). Il modello associa ad ogni alternativa  $i$  un valore di utilità  $U_i$  che viene aggiornato in base agli esiti ricevuti. Ad ogni prova viene aggiornato solo il valore dell’alternativa selezionata, ignorando quindi le informazioni sui *forgone payoff* anche quando sono disponibili, come in questo esperimento. I valori di utilità sono

poi utilizzati per compiere la scelta nella prova successiva.

La funzione di aggiornamento dell'utilità  $U$  di un'alternativa  $i$  è determinata dalla seguente funzione (Anderson, 2007):

$$U_i(n) = U_i(n-1) + \alpha[R_i(n) + U_i(n-1)]$$

Dove:

$U_i(n)$  è il nuovo valore di utilità dell'alternativa  $i$

$U_i(n-1)$  è il valore di utilità dell'alternativa  $i$  nella prova precedente

$\alpha$  (compreso fra 0 e 1) è il parametro di apprendimento: valori più elevati di  $\alpha$  aumentano il “peso” delle esperienze recenti rispetto al “peso” delle esperienze passate;

$R$  è l'esito ricevuto nella prova (in questo caso: 0, +1 o -1);

I valori di utilità  $U_i$  sono inizialmente pari a 0.

La probabilità  $p$  che venga scelta l'alternativa  $i$  è determinata dalla seguente equazione (Anderson, 2007):

$$p_i = e^{U_i/s} / \sum(e^{U_j/s})$$

Dove:

$U_i$  è il valore di utilità della scelta, calcolato in base all'equazione precedente;

$s$  è un parametro che determina il rumore: minori valori di  $s$  rendono la scelta più deterministica, e maggiori valori di  $s$  rendono la scelta più vicina al caso.

Il termine di sommatoria racchiude le Utilità  $U$  di tutte le alternative  $j$

In tutte le simulazioni il valore di  $\alpha$  è stato fissato a 0.2 (il valore standard in ACT – R), mentre  $s$  era l'unico parametro del modello.

I due modelli *Lag* che abbiamo implementato erano una versione non deterministica delle reti neurali presentate nell'Introduzione del capitolo. Questi modelli funzionavano esattamente come una Lag1 Passiva e una Lag2 Passiva (West & Lebiere, 2001) per quanto riguarda l'aggiornamento dei pesi delle connessioni ma funzionavano diversamente per quanto riguarda la scelta. La probabilità  $p_i$  che venisse compiuta una scelta  $i$  era determinata secondo la stessa equazione utilizzata per il modello *RL*:

$$p_i = e^{U_i/s} / \text{Somm}_j(e^{U_j/s})$$



Dove  $s$  ha lo stesso significato di cui sopra e  $U_i$  è il valore di attivazione del nodo di output corrispondente alla mossa  $i$ . Anche questi modelli avevano quindi un solo parametro,  $s$ .

La condizione “Natura” era presentata come un MAB e questo rappresenta un problema per l’utilizzo dei modelli *Lag*, che registrano le mosse precedenti dell’avversario. Tuttavia è possibile utilizzare esattamente lo stesso modello anche per questa condizione a patto di cambiare la semantica associata ai nodi di input. Nella formulazione originale di West e Lebiere (2001) i nodi di input memorizzavano le mosse dell’avversario nelle prove precedenti. Nella condizione “Natura” i nodi di input memorizzavano le mosse che, nelle prove precedenti, permettevano di ottenere 1 punto; pertanto in questa condizione i modelli *Lag* registravano le informazioni sui *forgone payoff* cercando di determinare se ci fossero *pattern* ricorrenti di sequenze di ricompense.

### **Risultati della modellazione**

Abbiamo realizzato una serie di simulazioni con ogni modello con un valore di  $s$  compreso fra 0,1 e 14, con incrementi di 0,1. Abbiamo realizzato 1000 simulazioni da 100 prove ciascuna per ogni valore di  $s$ , per ogni modello, contro ciascun algoritmo. Abbiamo considerato un determinato modello in grado di replicare i risultati nel caso in cui l’intervallo di confidenza del 95% dei risultati del modello fosse interamente incluso all’interno del 95% dell’intervallo di confidenza dei risultati (una metodologia messa a punto da Stewart (2007)).

Il modello *RL* era l’unico di replicare i dati contro tutti gli Algoritmi, con valori di  $s$  compresi fra 0,39 e 0,44. Entrambi i modelli *Lag* non riuscivano a replicare i risultati contro l’Algoritmo *Lag2* perché tendevano a pareggiare, compatibilmente con i risultati di West e Lebiere (2001).

### **Conclusioni**

In questo esperimento si è cercato di dimostrare che è possibile spiegare il comportamento dei partecipanti in giochi a somma zero mediante gli stessi principi che si applicano alla spiegazione dei MAB – in base al primo livello della gerarchia esposta nel capitolo 7.

Sia i risultati sperimentali che i risultati della modellazione corroborano l’ipotesi secondo la quale i partecipanti, in questa situazione, non guardavano alle mosse dell’avversario ma si concentravano esclusivamente sulle proprie mosse ed esiti ottenuti, esattamente come nei MAB.

## Capitolo 9: Quinto Esperimento

### Introduzione

Nel Quarto Esperimento, descritto nel capitolo precedente, abbiamo confrontato tre diverse condizioni sperimentali nelle quali i partecipanti giocavano a Sasso, Carta, Forbice contro il computer. In nessuna delle tre condizioni c'è stata evidenza di utilizzo del secondo e terzo livello della gerarchia descritta nel capitolo 7, poiché in base alla nostra interpretazione i partecipanti non utilizzavano alcuna informazione sui *forgone payoff* né tantomeno sulle scelte degli avversari. Il Quinto Esperimento ha lo scopo di rafforzare ed ampliare le conclusioni dell'esperimento precedente, verificando se è possibile utilizzare il primo livello di spiegazione in una situazione che promuove maggiormente l'utilizzo dei livelli successivi per due motivi:

3. l'avversario è un essere umano e non un computer;
4. il gioco è semicooperativo.

La prospettiva di questo esperimento è puramente comportamentale: l'interesse non è relativo all'attivazione di un circuito neurale piuttosto che un altro, ma all'effetto che l'attivazione di un determinato processo cognitivo ha sul comportamento. Pertanto il nostro interesse riguarda la possibilità che il *comportamento* possa essere spiegato mediante il primo livello della gerarchia.

Krueger et al. (2008), dopo attenta revisione della letteratura, individuano quattro circuiti neurali coinvolti nelle situazioni di gioco. Ad ognuno di essi corrisponde uno dei livelli della gerarchia di spiegazione del capitolo 7.

Il primo è un "sistema empatico" localizzato nell'Insula Anteriore. Questo sistema si attiva solo nei giochi nei quali è possibile la cooperazione, e quindi si possono sviluppare sentimenti di fiducia, reciprocità e collaborazione. Quest'area sembra responsabile principalmente di due effetti: il primo è far provare disgusto alle persone verso il comportamento non cooperativo e farle agire di conseguenza (Sanfey, Rilling, Nystrom, & Cohen, 2003). Il secondo è permettere alle persone di distinguere fra giocatori cooperativi e non cooperativi (Singer, Kiebel, Winston, Dolan, & Frith, 2004). Questo sistema corrisponde all'influenza di emozioni e norme sociali.

Il secondo circuito è un “sistema intenzionale”, localizzato nella Corteccia Prefrontale Mediale. Quest’area ha la funzione di rappresentare credenze, desideri ed intenzioni dell’avversario – in altre parole, quest’area sembra il substrato neurale della Teoria della Mente (TdM). Quest’area corrisponde al terzo livello della gerarchia.

Ci sono altri due circuiti che non sono specificamente coinvolti nelle situazioni di gioco, ma sono coinvolti in tutti i compiti di apprendimento: un sistema relativo alla “predizione del comportamento complesso”, localizzato nel Solco Temporale Superiore Posteriore (Frith & Frith, 2003), che corrisponde al secondo livello della gerarchia; ed un circuito situato in una serie di strutture corticali e sottocorticali deputato all’integrazione di rinforzi e punizioni (Lee, 2006, per una *review*), che corrisponde al primo livello della gerarchia.

Gli studi di neuroimmagine nelle situazioni di gioco confrontano solitamente una condizione nella quale le persone giocano contro un computer e una condizione nella quale giocano contro un essere umano, con la convinzione che la presenza di un altro essere umano sia sufficiente ad attivare l’area corticale dove risiede il sistema del terzo livello – l’area deputata alla Teoria della Mente. Tuttavia, non è chiaro quando e come si attivi questo sistema. In alcuni studi c’è stata attivazione di questo sistema anche nella condizione nella quale i partecipanti giocano contro il computer (Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom, & Cohen, 2004), mentre altri studiosi di TdM mettono in dubbio il fatto che tutte le situazioni di gioco contro un altro essere umano attivino questo circuito (Sally, 2003). Non è inoltre chiaro quali effetti abbia l’attivazione di quest’area sul comportamento dei partecipanti. D’altra parte, in alcune situazioni non è necessario ricorrere a questo livello per descrivere il comportamento. È infatti possibile replicare il comportamento dei partecipanti in giochi competitivi e in giochi semicooperativi tramite modelli di Reinforcement Learning (Erev & Roth, 1998; Erev & Roth, 2001). In secondo luogo, c’è evidenza del fatto che non sempre i danni al sistema della TdM si ripercuotono sul comportamento dei partecipanti nelle situazioni di gioco. Hill, Sally e Frith (2003) hanno confrontato il comportamento di adulti sani e adulti con disturbi dello spettro autistico in un compito di Dilemma del Prigioniero e, nonostante i partecipanti autistici fossero gravemente deficitari in altri compiti di TdM, non c’era differenza fra i due gruppi.

Questo esperimento è stato presentato alla 32° conferenza annuale della *Cognitive Science Society* (Napoli & Fum, 2010a).

## L'esperimento

In questo esperimento abbiamo confrontato il comportamento dei partecipanti in un gioco semicooperativo, il Dilemma del Prigioniero, in condizioni nelle quali credevano di giocare contro il computer e in condizioni nelle quali credevano di giocare contro un altro essere umano.

Il Dilemma del Prigioniero è un grande classico della Teoria dei Giochi ed è stato studiato in psicologia sperimentale (Rapoport & Mowshowitz, 1966), Teoria dei Giochi classica (Bo, 2005), *Behavioral Game Theory* (Camerer, 2003) e neuroscienze cognitive (Singer et al., 2004). La matrice del gioco utilizzata nell'esperimento è presentata in Figura 9.1.

La strategia dominante secondo la Teoria dei Giochi classica è il Tradimento: se l'avversario sceglie di cooperare, la cooperazione porta 60 punti e il tradimento 100, mentre, se l'avversario sceglie di tradire, la cooperazione porta 0 punti e il tradimento 20. Questo ragionamento porterebbe entrambi i giocatori a scegliere il Tradimento ed ottenere quindi 20 punti, mentre ne avrebbero ottenuti di più (60) se avessero Cooperato entrambi. I dati sperimentali dimostrano che c'è una notevole quantità di Cooperazione se il gioco è presentato nella versione iterata e che la Cooperazione aumenta prova dopo prova (Bo, 2005; Rapoport & Mowshowitz, 1966).

	Cooperare	Tradire
Cooperare	60	0
Tradire	100	20

*Figura 9.1. Matrice degli esiti del Dilemma del Prigioniero utilizzata nell'esperimento.*

Per comprendere quali caratteristiche del compito avrebbero permesso di attivare il sistema della TdM, si è adottato un metodo che abbiamo chiamato “metodo sottrattivo comportamentale”. Abbiamo assegnato quattro gruppi di soggetti a quattro diverse condizioni sperimentali, che differivano l'una dall'altra per le caratteristiche descritte nella Tabella 9.1.

Nella prima condizione, denominata “Natura”, i partecipanti giocavano il Dilemma del Prigioniero dissimulato come un compito di scelta binaria. Era esclusa quindi la presenza di un avversario.

Nella seconda condizione, denominata “Scommessa Computer”, ai partecipanti è stato detto che avrebbero giocato contro il computer. In ogni prova, il partecipante ed il computer avrebbero scommesso su una fra due alternative, ed avrebbero ottenuto una ricompensa in base alla combinazione delle scelte.

Tabella 9.1. Caratteristiche dei quattro Setting.

Caratteristiche	Setting			
	Natura	Scommessa Computer	Scommessa Umano	Dilemma del Prigioniero
Compito di scelta iterata	S	S	S	S
Avversario	N	S	S	S
Interazione con altro essere umano	N	N	S	S
Scenario morale	N	N	N	S

*S = caratteristica presente; N = caratteristica Non presente*

La terza condizione, denominata “Scommessa Umano”, era simile alla precedente, con l'unica differenza che i partecipanti erano convinti di giocare contro un altro essere umano (mentre in realtà giocavano contro il computer).

Nella quarta condizione, denominata “Dilemma del Prigioniero Umano”, i partecipanti erano convinti di giocare il Dilemma del Prigioniero con un altro essere umano (anche in questo caso in realtà giocavano con il computer). La differenza fondamentale rispetto alla condizione “Scommessa umano” era che le istruzioni della condizione “Dilemma del Prigioniero Umano” contenevano una breve storia che introduceva il classico scenario del dilemma del prigioniero (vedi Procedura in Appendice A per maggiori dettagli) e le due alternative erano denominate “Coopera” e “Tradisci”, mentre nelle altre condizioni avevano le etichette “Blu” e “Giallo”.

In tutte le condizioni i punti guadagnati erano espressi in Euro. Nelle tre condizioni che comprendevano un avversario (“Scommessa Computer”, “Scommessa umano” e “Dilemma del Prigioniero Umano”) le istruzioni sottolineavano di cercare di guadagnare il maggior numero di soldi, indipendentemente dai soldi guadagnati dall'avversario, e che l'avversario avrebbe perseguito lo stesso obiettivo.

Ci sono quattro sistemi (vedi Introduzione di questo capitolo) che potrebbero influenzare il comportamento dei partecipanti. Come si può vedere dalla Tabella 9.1, ciascuna condizione differisce dalla successiva solo per una caratteristica. L'assunzione è che ad ognuna delle caratteristiche corrisponda l'attivazione di un sistema diverso. Pertanto, nel caso in cui si trovino delle differenze nel comportamento dei partecipanti di due condizioni adiacenti, si può concludere che la differenza sia dovuta all'unico sistema per il quale differiscono.

I quattro sistemi sono: il sistema di integrazione delle ricompense; il sistema di predizione del comportamento complesso; il sistema intenzionale; il sistema empatico.

È risaputo che il sistema di integrazione delle ricompense è attivo sia durante i compiti di apprendimento individuale (giochi contro natura) che durante le situazioni di gioco (Lee, 2005), quindi ci aspettiamo che questo sistema sia attivo in tutte le condizioni.

È stato dimostrato che il sistema di predizione del comportamento complesso è attivo nelle situazioni di gioco sia contro il computer sia contro gli esseri umani (Gallagher, Jack, Roepstorff, & Frith, 2002; Haruno & Kawato, 2009) e quindi dovrebbe essere attivo in tutte le condizioni eccetto la condizione “Natura”.

Il sistema intenzionale dovrebbe essere attivo durante le situazioni di gioco contro altri esseri umani, anche se è stata dimostrata la sua attivazione durante le situazioni di gioco contro il computer. Se trovassimo differenze fra le condizioni “Scommessa Computer” e “Scommessa umano” potremmo concludere che questo sistema ha effetto sul comportamento solo nel caso di avversari umani.

Infine, è stato dimostrato che il sistema empatico si attiva quando la situazione di gioco comprende la possibilità di comportamento prosociale, reciprocità, giustizia, e quindi ci aspettiamo che influenzi il comportamento dei partecipanti solo nella condizione “Dilemma del Prigioniero Umano”. In questo caso infatti le istruzioni promuovevano un sentimento di empatia verso l'altro giocatore, sia a causa della storia introduttiva, sia a causa delle etichette attribuite alle due alternative, connotate in senso fortemente moralistico (“Tradisci” e “Coopera”). Ogni differenza fra le condizioni “Scommessa umano” e “Dilemma del Prigioniero Umano” dovrebbe essere attribuita a questo sistema.

## **Metodo**

**Partecipanti.** I partecipanti erano 62 studenti (38 maschi) dell'Università di Trieste, di età compresa fra i 18 e i 29 anni ( $M = 21,2$ ,  $DS = 3,4$ ), assegnati casualmente alle condizioni sperimentali.

**Materiali e procedura.** La procedura è descritta nello specifico in Appendice A. Il disegno sperimentale prevedeva quattro gruppi di partecipanti, ognuno assegnato ad un Setting diverso (Natura vs. Scommessa Computer vs. Scommessa Umano vs. Dilemma del Prigioniero Umano), ognuno dei quali giocava contro due Algoritmi diversi (Tit for Tat vs. Biased), il cui ordine era controbilanciato fra i partecipanti.

L'esperimento seguiva quindi un disegno 4x2 misto, con il Setting come variabile tra i soggetti e l'Algoritmo come variabile entro i soggetti.

Le quattro condizioni del Setting sono state descritte in precedenza (i dettagli sono presenti in Appendice A). I due algoritmi erano: Biased, un algoritmo che sceglieva Cooperare il 60% delle volte e Tradisci il 40%; Tit for Tat, un algoritmo che cooperava nella prima prova e poi copiava la scelta del partecipante nella prova precedente. Ogni round di gioco durava 8 minuti.

Algoritmo	Setting			Dilemma del Prigioniero
	Natura	Scommessa Computer	Scommessa Umano	
Biased	15,69 (5,41)	11,18 (7,7)	14,23 (10,03)	24,24 (7,09)
Tit for Tat	32,6 (9,93)	26 (10,65)	28,8 (17,2)	41,35 (10,6)

Tabella 9.2. Media (e Deviazione Standard) di cooperazioni per ciascuna condizione sperimentale.

	gdl	F	MSE	p
Setting	3	10,096	1228,95	*<0,001
Round	1	0,35	76,64	0,55
Round x Setting	3	0,15	32,06	0,93

Tabella 9.3. ANOVA Round x Setting relativa al numero di cooperazioni totali

## Risultati

Poiché l'esperimento aveva una durata temporale, e non un numero di prove prefissato, i partecipanti avevano compiuto un numero di prove variabile. Per poter compiere le analisi statistiche si sono prese in considerazione solo le prime 50 scelte di ogni partecipante.

La tabella 9.2 riporta il numero medio di cooperazioni per ogni condizione sperimentale.

Abbiamo innanzitutto controllato se fossero presenti effetti di affaticamento: un'ANOVA a disegno misto fra il Round e il Setting ha rivelato un effetto significativo per quanto riguarda il Setting, ma non per il Round né per l'interazione fra i due (vedi tabella 9.3).

Si sono quindi analizzati i fattori manipolati nell'esperimento tramite un'ANOVA 2 (Algoritmi) x 4 (Setting) a disegno misto, che ha rivelato un effetto di entrambi i fattori. L'interazione non è risultata significativa (tabella 9.4). L'Algoritmo e il Setting avevano un effetto additivo nel promuovere

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Setting</b>	3	10,095	1228,95	<b>*&lt;0,001</b>
<b>Algoritmo</b>	1	93,15	7727,99	<b>*&lt;0,001</b>
<b>Algoritmo x Setting</b>	3	0,17	13,77	0,92

Tabella 9.4. ANOVA Algoritmo x Setting relativa al numero di cooperazioni totali

	<i>gdl</i>	<i>F</i>	<i>MSE</i>	<i>p</i>
<b>Tit for Tat</b>	3	4,94	727,39	<b>*0,003</b>
<b>Biased</b>	3	8,95	515,33	<b>*&lt;0,001</b>

Tabella 9.5. Risultati delle ANOVA a una via con il Setting come fattore, separatamente per l'algoritmo Tit for Tat e l'algoritmo Biased.

la cooperazione da parte dei partecipanti. Mentre è evidente che i partecipanti cooperano di più con l'algoritmo TFT che con l'algoritmo Biased, non è altrettanto chiaro in quale modo i Setting

	Natura	Scommessa Computer	Scommessa Umano	Dilemma del Prigioniero
<b>Natura</b>	-	0,59	0,23	<b>*0,003</b>
<b>Scommessa Computer</b>		-	0,27	<b>*0,002</b>
<b>Scommessa Umano</b>			-	<b>*&lt;0,001</b>
<b>Dilemma del Prigioniero</b>				-

Tabella 9.6. Valori di probabilità dei test post - hoc per l'algoritmo Biased.

l'Algoritmo Biased, entrambe significative (tabella 9.5).

I risultati dei test post - hoc Newman - Keuls per contrastare ogni condizione del Setting con tutte le altre sono riassunte nelle tabelle 9.6 e 9.7. In entrambi gli Algoritmi c'è una differenza fra la condizione Dilemma del Prigioniero e ciascuna delle altre. Non sono presenti altri effetti significativi.

	Natura	Scommessa Computer	Scommessa Umano	Dilemma del Prigioniero
<b>Natura</b>	-	0,39	0,29	0,051
<b>Scommessa Computer</b>		-	0,52	<b>*0,02</b>
<b>Scommessa Umano</b>			-	<b>0,004</b>
<b>Dilemma del Prigioniero</b>				-

Tabella 9.7. Valori di probabilità dei test post - hoc per l'algoritmo Tit for Tat.



## Discussione

In questo esperimento abbiamo applicato la stessa metodologia del Quarto Esperimento ad una situazione di Dilemma del Prigioniero: i partecipanti affrontavano diverse situazioni di gioco, che si differenziavano solo per le istruzioni e per l'interfaccia dell'esperimento. I partecipanti hanno giocato contro due algoritmi: il primo, "Biased", sceglieva la sua mossa casualmente fra le due in base ad una probabilità fissa, indipendente dalle scelte del partecipante. Il secondo, "Tit for Tat", cooperava solo se il partecipante aveva cooperato nella prova precedente, altrimenti tradiva. Questo vuol dire che la strategia migliore era tradire contro il Biased, dal momento che non c'era la possibilità di modificare il comportamento dell'avversario, e cooperare contro il Tit for Tat, in modo da iniziare e mantenere una serie di cooperazioni reciproche.

Le analisi statistiche hanno dimostrato che i partecipanti cooperavano di più con il TFT rispetto al Biased. Questo vuol dire che riuscivano ad adattare con successo la propria strategia alla strategia dell'avversario. Inoltre, le analisi statistiche hanno dimostrato una differenza fra il setting Dilemma del Prigioniero Umano e tutti gli altri: contro entrambi gli algoritmi, in questa condizione il numero di Cooperazioni era più elevato. L'unica differenza fra questa condizione e le altre risiedeva nella presenza di uno scenario morale, veicolato dalle istruzioni che includevano una breve storia introduttiva e dalle etichette delle due mosse.

Interpretando i risultati secondo i livelli di spiegazione esposti nel capitolo 7 possiamo assumere un'attivazione in questo compito del sistema di integrazione delle ricompense, dal momento che i partecipanti hanno adattato con successo la propria strategia in funzione della strategia dell'avversario. Possiamo anche assumere che ci sia un effetto del sistema di predizione di comportamenti complessi, dal momento che la sua attivazione non è strettamente collegata alle situazioni di gioco (Frith & Frith, 2003). Per quanto riguarda il sistema della Teoria della Mente possiamo escludere la sua influenza sul comportamento dei partecipanti nelle condizioni Scommessa Umano e Scommessa Computer, in quanto simili al comportamento del gruppo Natura. Possiamo ipotizzare che fosse quindi attivo solo nell'ultimo gruppo, Dilemma del Prigioniero Umano. Per quanto riguarda il sistema empatico, potrebbe essere stato attivo in entrambe le condizioni "Umane" (Scommessa umano e Dilemma del Prigioniero Umano). Comunque è poco probabile che questo sistema fosse attivo nel gruppo Scommessa Umano, nella quale i partecipanti si comportavano in maniera simile ai gruppi Natura e Scommessa Computer, dove è assolutamente implausibile che i partecipanti empatizzassero con il computer. Quindi, questo sistema poteva essere attivo solo nella condizione Dilemma del Prigioniero Umano.

Abbiamo quindi due sistemi (intenzionale ed empatico) che possono rendere conto della differenza trovata fra la condizione Dilemma del Prigioniero Umano e le altre. Poiché gli studi di neuroimmagine mostrano che le situazioni di gioco attivano il sistema della TdM indipendentemente dal tipo di gioco, e poiché dai report dei partecipanti<sup>2</sup> sembra che essi fossero realmente convinti di aver giocato contro un altro essere umano, possiamo concludere che quest'area fosse attiva in entrambe le condizioni, e suggeriamo due possibili ipotesi per la spiegazione: 1) la TdM non ha avuto alcun effetto sul comportamento dei partecipanti nella condizione "Scommessa umano", oppure 2) la TdM non ha avuto effetto in nessuna delle due condizioni, e la differenza fra i due gruppi è da attribuire interamente all'effetto del sistema empatico.

Il metodo puramente comportamentale seguito in questo esperimento non permette di trarre delle conclusioni in merito a quale dei due sistemi fosse attivo. Tuttavia sembra chiaro che, almeno in tre condizioni su quattro, fosse possibile descrivere il comportamento dei partecipanti nei termini dei primi due livelli della gerarchia descritta nel capitolo 7. Questo risultato è in linea con quanto ottenuto da Hill et al. (2004) e da Erev e Roth (2001), che da un lato hanno suggerito che la TdM ha un'influenza limitata nel compito del Dilemma del Prigioniero, e dall'altro hanno che è possibile spiegare il comportamento tramite un modello che elabora informazioni solo riguardo alle proprie mosse e ai propri esiti.

---

<sup>2</sup> Come riportato nella procedura, ad ogni sessione sperimentale è seguita un'intervista informale con i partecipanti.

## Capitolo 10: Conclusioni

In questo lavoro si è affrontato il paradigma di scelta iterata in due versioni: situazione di gioco a due partecipanti e *Multi – Armed Bandit* (MAB). La ricerca è stata posta in un’ottica di “massima parsimonia”: spiegare il comportamento dei partecipanti postulando il coinvolgimento del minor numero possibile di processi cognitivi. È in quest’ottica che va visto il tentativo di ridurre, sia teoricamente che sperimentalmente, le situazioni di gioco ai MAB, e il tentativo di spiegare l’IGT mediante il solo ricorso alla Legge dell’Effetto.

Nel capitolo 7 abbiamo elencato tutte le caratteristiche che accomunano MAB e situazioni di gioco. Si è concluso che non c’è nessuna contraddizione nel ritenere che gli stessi modelli cognitivi che spiegano i compiti di scelta iterata possano spiegare anche le situazioni di gioco. Il Quarto e il Quinto Esperimento hanno fornito delle evidenze sperimentali a supporto di questa intuizione.

La review di Krueger et al. (2008) ha permesso di tracciare una mappa delle aree cerebrali (e dei relativi processi cognitivi) attive durante le situazioni di gioco. Partendo da questa è stato ideato un disegno sperimentale (il Quinto Esperimento) che permettesse di dissociare i contributi comportamentali dei diversi sistemi. La metodologia applicata ricalca volutamente il metodo sottrattivo di Donders; l’idea è che, se in un compito sperimentale A interviene il processo 1, e in un compito sperimentale B intervengono il processo 1 e 2, questa diversa attivazione di processi cerebrali dovrebbe riflettersi in una differenza nel comportamento. Nel paradigma da noi utilizzato non abbiamo trovato differenze rilevanti, se non per l’effetto del “sistema empatico”. Il Quarto Esperimento utilizzava la stessa metodologia, ma, sia per il tipo di gioco (strettamente competitivo), sia per il setting sperimentale (i partecipanti giocavano contro il computer), non ha permesso di ottenere risultati altrettanto generalizzabili. Tuttavia, il comportamento dei partecipanti è stato modellato tramite un modello di *Reinforcement Learning*. Questo risultato è importante perchè non solo dimostra, come il Quinto esperimento, che non c’è differenza *comportamentale* fra le condizioni, ma anche che si possono applicare con successo gli stessi modelli di spiegazione ai MAB e alle situazioni di gioco. Questo risultato conferma quelli di altri laboratori (Erev & Roth, 1998), che suggeriscono che sia

possibile replicare anche giochi semicooperativi, come il Dilemma del Prigioniero, tramite il *Reinforcement Learning* (Erev & Roth, 2001).

Per quanto riguarda il Primo, Secondo, e Terzo esperimento, questi hanno il loro punto di forza, rispetto alla maggioranza degli studi sull'Iowa Gambling Task, nel fatto che si basano sul confronto fra diverse condizioni sperimentali. L'Iowa Gambling Task presenta un'elevatissima variabilità di risultati (Dunn et al., 2006), e pertanto a mio avviso le conclusioni che si possono trarre da un singolo esperimento (specialmente se con una singola condizione sperimentale) sono modeste. I risultati ottenuti con i tre esperimenti, proprio grazie alla presenza delle condizioni di controllo, sono assolutamente generalizzabili e gettano qualche dubbio sul grado di coinvolgimento di strutture “superiori”, quale la corteccia Orbitofrontale, nell'Iowa Gambling Task. I risultati suggeriscono che buona parte della variabilità nel comportamento dei partecipanti sia spiegabile solo in termini di strutture sottocorticali – da un punto di vista comportamentale, dalla Legge dell'Effetto.

Tuttavia in questo caso, a differenza delle situazioni di gioco, le strutture neurali coinvolte sono ben note, ed è anche ben noto l'effetto della distruzione delle aree corticali sul comportamento nell'IGT (Bechara et al., 1994; Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 1997). Inoltre, nel Terzo Esperimento e nella condizione HIGH del Secondo Esperimento i partecipanti dimostravano di riuscire a distinguere i mazzi “buoni” rispetto a quelli “cattivi”. Entrambe queste considerazioni suggeriscono il coinvolgimento di un sistema sensibile alla grandezza di ricompense e punizioni.

Un'altra evidenza del coinvolgimento di un processo corticale nell'Iowa Gambling Task deriva dagli studi con il paradigma del doppio compito. Stocco, Fum, e Napoli (2009) hanno realizzato un esperimento appositamente disegnato per riuscire a dissociare il contributo dei due processi alle preferenze dei partecipanti. I partecipanti compivano 120 scelte nell'Iowa Gambling Task classico (Bechara et al., 1994), divise in due fasi. Nella prima sceglievano 100 carte secondo le modalità del paradigma originale, mentre nella seconda compivano 20 scelte “alla cieca”, senza che venisse loro rivelato l'esito di ogni scelta; il totale dei soldi vinti e persi veniva comunicato al termine della fase.

I partecipanti erano assegnati a quattro condizioni sperimentali: nella prima svolgevano il compito interferente solo nella prima fase, nella seconda solo nella fase di scelte alla cieca, nella terza in tutte e due le fasi e nella quarta (la condizione di controllo) in nessuna delle due.

I risultati evidenziano che:

- l'effetto frequenza è presente in tutte le condizioni
- l'effetto della bontà è presente nelle condizioni nelle quali non c'è compito interferente nella prima fase. Nella condizione in cui i partecipanti svolgono il compito interferente solo nella seconda fase (scelte “alla cieca”), è presente l'effetto bontà.

L'interpretazione dei risultati è che il processo responsabile dell'integrazione della grandezza di ricompense e punizioni risente dell'interferenza del compito secondario, mentre il processo che integra le informazioni sulla frequenza no. Questo risultato è particolarmente interessante perchè dimostra che le influenze di questi processi sul comportamento sono dissociabili. Inoltre, il secondo risultato dimostra che il compito secondario interferisce nella fase di apprendimento – cioè la prima fase, nella quale è necessario integrare le informazioni sugli esiti – ma non nella fase di scelta – la seconda fase dell'esperimento, nella quale i partecipanti si basano sulle preferenze stabilite in precedenza.

Rimane, a questo punto, irrisolta la questione: perchè in alcuni studi non emerge l'effetto della bontà, mentre in altri sì?

Diversi laboratori (Crone et al., 2005; Lin et al., 2007; Secondo Esperimento di questa tesi) sono concordi nel dimostrare che, nelle condizioni ad elevata frequenza di evento contingente, i partecipanti sono chiaramente in grado di distinguere mazzi “buoni” e mazzi “cattivi”, mentre in condizioni di bassa frequenza dell'evento contingente questo non avviene. In tutte le situazioni di laboratorio nelle quali la frequenza dell'evento contingente era elevata, essa era vicina a 0,5 (il valore è fra 0,5 e 0,6), ed in queste condizioni i partecipanti sono in grado di discriminare fra mazzi “buoni” e “cattivi”. Questi dati sembrano suggerire che l'utilizzo del processo sensibile a ricompense e punizioni possa dipendere dalla *variabilità della frequenza di ricompense e punizioni*. L'idea che questa caratteristica della situazione sperimentale abbia un effetto sulle scelte dei partecipanti trova riscontro sia in ambito neuroscientifico – esistono dei neuroni nei Gangli della Base che codificano la variabilità della frequenza di rinforzo (Fiorillo et al., 2003), sia in ambito economico – come dimostrato dal *bias di Payoff Variability Effect* descritto da Erev e Barron (2005) e riportato nel capitolo 2.

È plausibile che il processo sensibile alla frequenza dei rinforzi venga utilizzato fintanto che la probabilità dei rinforzi rimane predicibile – ovvero, fino a quando le informazioni raccolte sulla probabilità di rinforzo vengono confermate. Se la variabilità è elevata, come nelle situazioni nelle quali la probabilità di ricompensa o punizione è prossima allo 0,5 e quindi imprevedibile, il processo che

tiene conto delle frequenze di ricompense e punizioni si rivela inadatto ad operare una scelta. In tal caso viene reclutato un sistema “superiore”. Questa posizione parte dal presupposto che, a meno che non sia necessario, non vengono coinvolte nel processo decisionale strutture “superiori” e più dispendiose dal punto di vista cognitivo: se le informazioni raccolte nell'ambiente tendono a confermare le informazioni precedenti, l'organismo non recluta altre risorse cognitive ma continua a sfruttare, finchè è possibile, sistemi “a basso consumo” e non specializzati, come i Gangli della Base, che si evidenziano dal punto di vista del comportamento come Legge dell'Effetto.

## Appendice A: Materiali degli Esperimenti

### Iowa Gambling Task

Il compito è stato somministrato individualmente. I partecipanti venivano fatti accomodare davanti al computer e veniva loro consegnato un foglio con le istruzioni (pagine V – VIII). Le istruzioni e l'interfaccia erano le stesse in tutte le condizioni di tutti gli esperimenti, con minime variazioni a seconda della versione (originale o invertita) e del tipo di feedback (doppio o singolo).

Nel frattempo, sullo schermo era presente la schermata iniziale con i quattro mazzi di carte (Figura A.1).

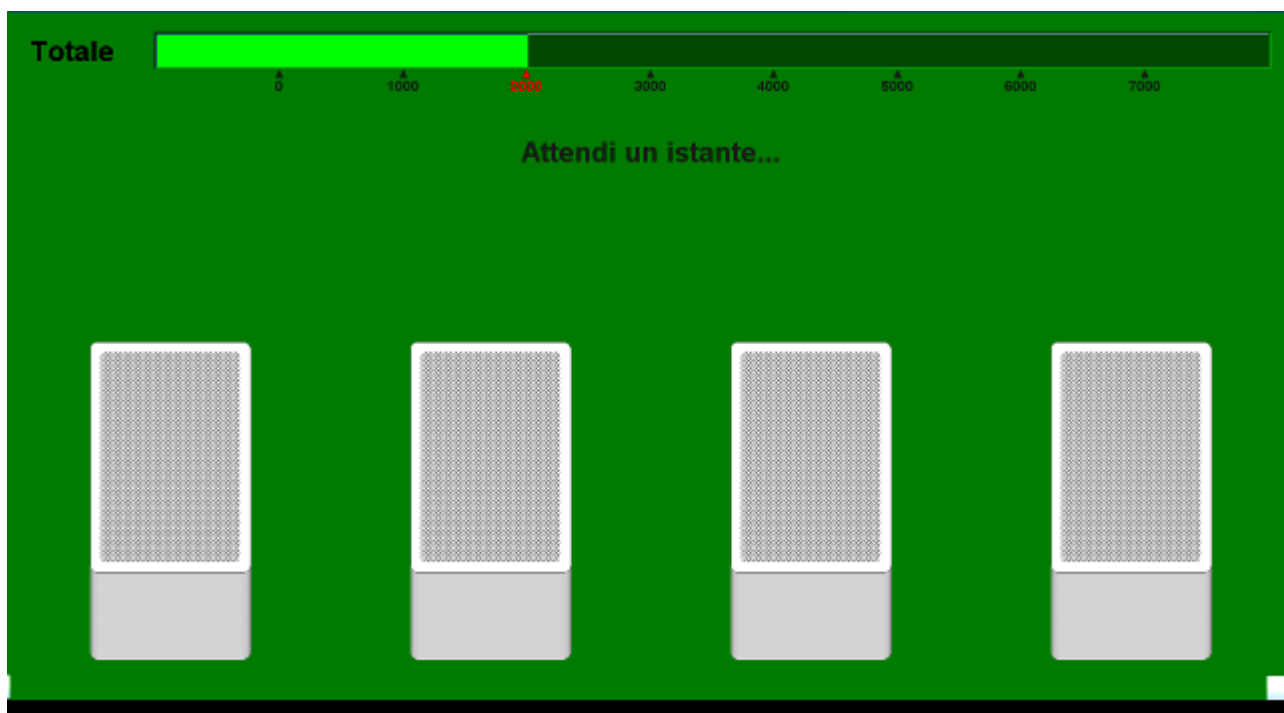


Figura A.1. Schermata iniziale dell'Iowa Gambling Task.

Ai partecipanti veniva quindi chiesto se avessero compreso le istruzioni e, dopo aver risposto alle eventuali richieste di chiarimenti, iniziava l'esperimento (figura A.2). I partecipanti operavano le scelte tramite il mouse. Dopo la scelta compariva sullo schermo l'importo vinto (figura A.3), e poi il programma ritornava alla schermata della figura A.2.

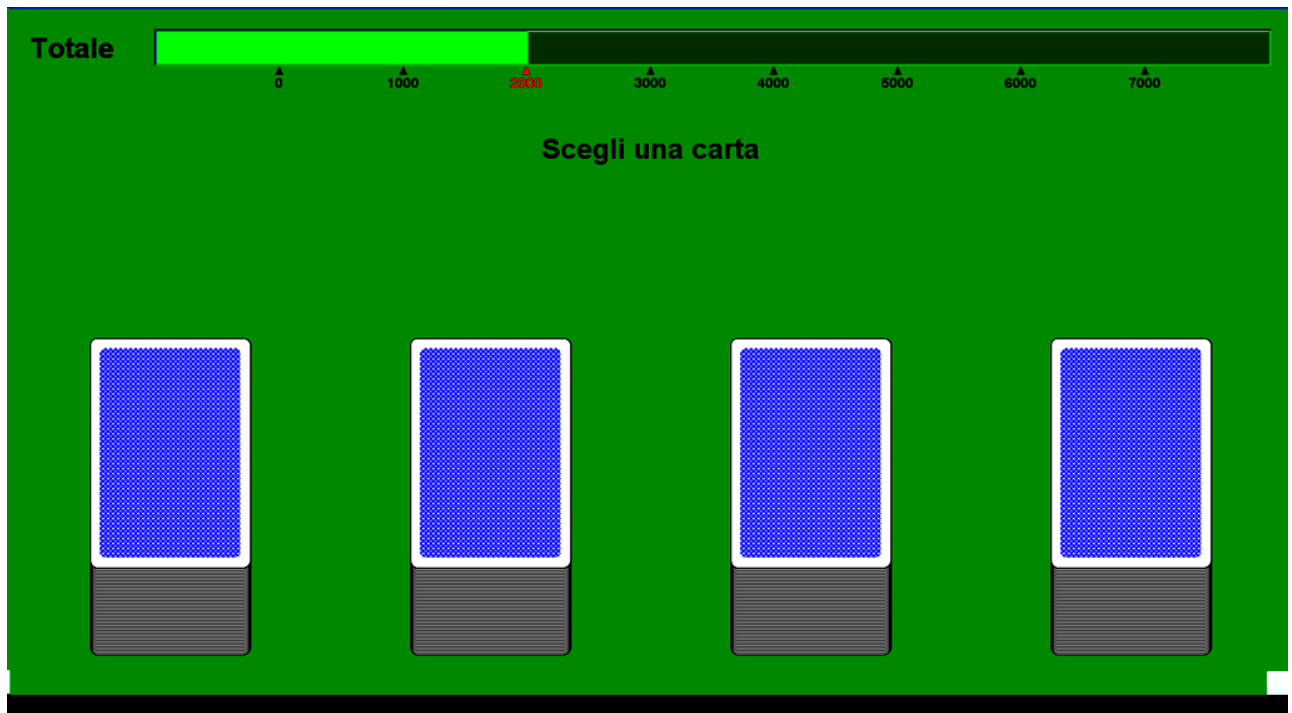


Figura A.2. Schermata di selezione dell'Iowa Gambling Task.

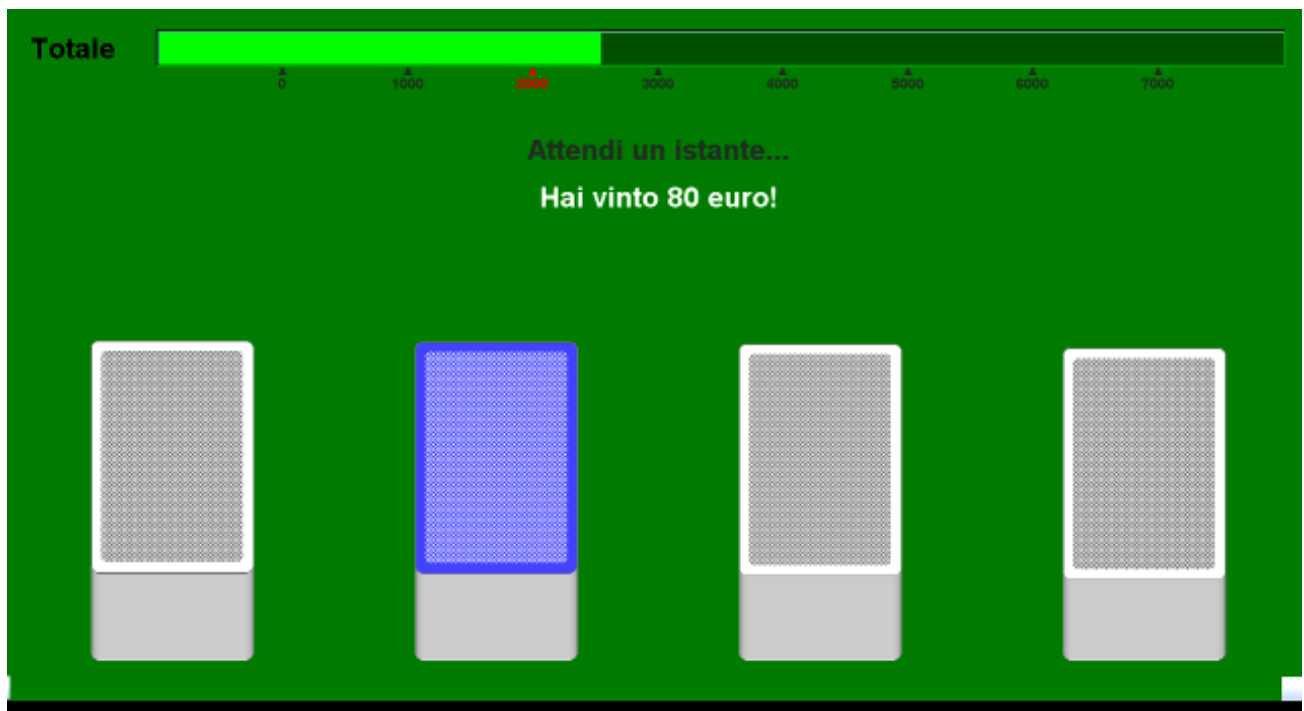


Figura A.3. Schermata dell'Iowa Gambling Task che comunica la vincita.



Nel caso in cui la scelta fosse seguita da una perdita, subito dopo la comunicazione della vincita compariva una schermata che informava dell'entità della punizione (figura A.4), prima di ritornare alla schermata della figura A.2 (nella versione invertita, l'ordine di presentazione delle schermate A.3 e A.4 erano invertite). La barra nella parte superiore dello schermo indicava la quantità di denaro che in quel momento era posseduta dal partecipante e veniva aggiornata dopo ogni scelta. Essa era inizialmente posizionata su "2000", ed era di colore rosso quando la quantità scendeva al di sotto della cifra iniziale, mentre era di colore verde quando era pari o maggiore a 2000.

Al termine dell'esperimento, dopo 100 scelte, una schermata informava il partecipante che l'esperimento era concluso e lo informava della quantità di denaro ottenuta (Figura A.5).

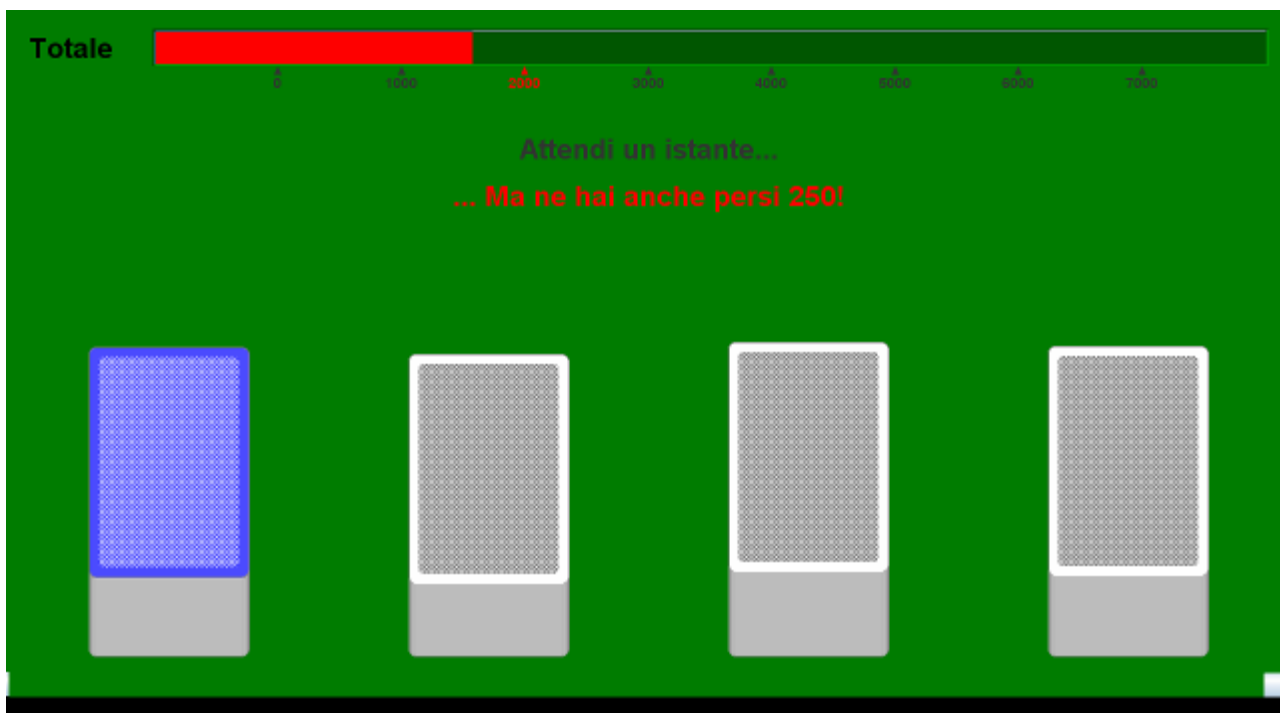
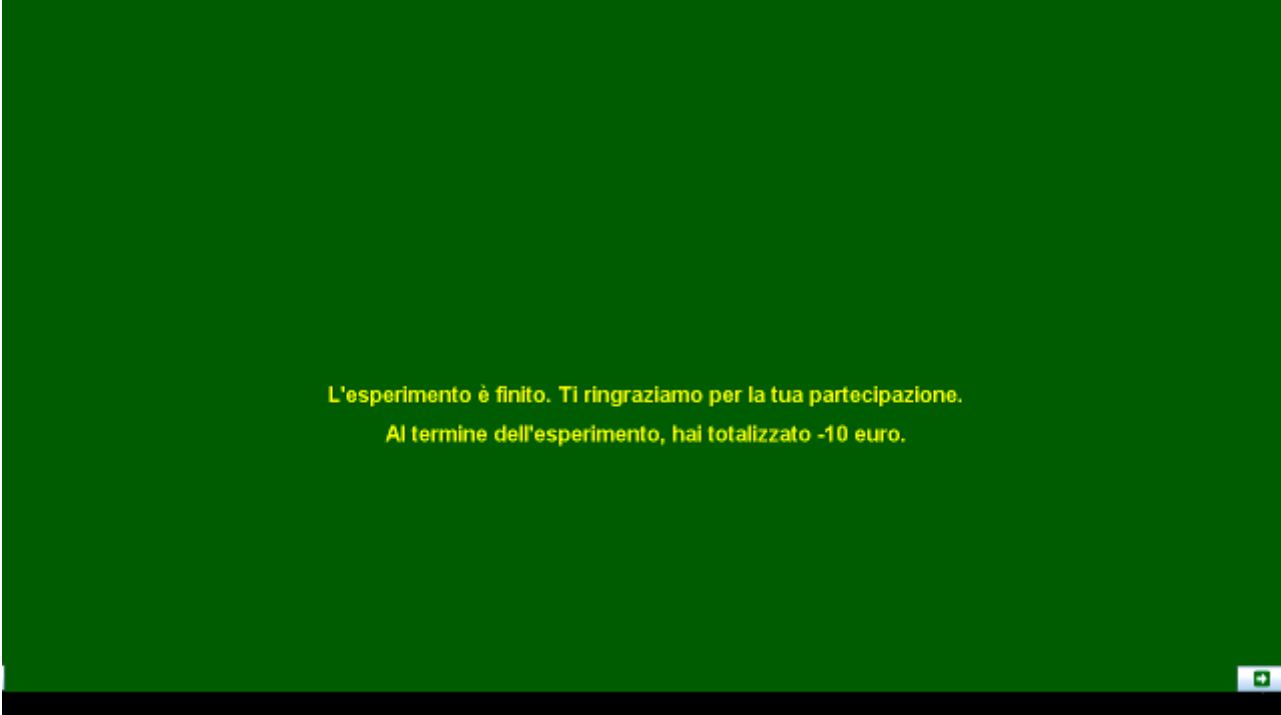


Figura A.4. Schermata dell'Iowa Gambling Task che comunica la perdita.



*Figura A.5. Schermata finale dell'Iowa Gambling Task.*

Le seguenti istruzioni sono state utilizzate nei seguenti esperimenti:

Secondo esperimento, condizioni WIN

Terzo esperimento, condizione WIN – Doppio

Le stesse istruzioni sono state utilizzate anche nell'esperimento della tesi di laurea (Napoli, 2007)

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. Questo esperimento assomiglia a un videogame. Sullo schermo ti verranno presentati quattro mazzi di carte; di volta in volta dovrai scegliere una carta da uno dei mazzi, facendo clic sul mazzo prescelto. Ogni volta che scegli una carta, vincerai un certo numero di euro. A volte, oltre a farti vincere, la scelta di una carta ti farà anche perdere una certa somma di denaro.

Puoi scegliere liberamente la carta dal mazzo che preferisci e puoi saltare da un mazzo all'altro a tuo piacimento, in qualunque momento.

2. Ti verranno dati a prestito 2000 euro per iniziare a giocare. Questa cifra è indicata da una barra di colore verde posta in alto sullo schermo. Ad ogni vincita, la barra aumenterà di lunghezza, mentre ad ogni perdita, la barra diminuirà di lunghezza.

3. Scopo del gioco è, ovviamente, quello di vincere la maggior quantità possibile di denaro (e di perderne la minore quantità). Ti chiedo di trattare i soldi del gioco come se fossero veri: ogni decisione che prendi deve avvenire come se tu stessi giocando con soldi tuoi. Il gioco termina dopo un certo numero predeterminato di scelte.

4. La cosa più importante da sapere è la seguente: fra questi quattro mazzi ci sono alcuni che sono migliori ed altri che sono peggiori. Per vincere devi cercare di stare alla larga da questi ultimi e concentrare invece le tue scelte sui primi.

5. Un'ultima cosa: il gioco non è truccato. Non esistono imbrogli o scorciatoie: il calcolatore ordina casualmente le carte di ciascun mazzo all'inizio del gioco e la sequenza rimane poi fissa per tutta la durata, esattamente come accadrebbe se ci fossero quattro mazzi reali le cui carte vengono mischiate all'inizio

Le seguenti istruzioni sono state utilizzate nei seguenti esperimenti:

Primo Esperimento

Secondo esperimento, condizioni LOSE

Terzo esperimento, condizione LOSE – Doppio

1. Questo esperimento assomiglia a un videogame. Sullo schermo ti verranno presentati quattro mazzi di carte; di volta in volta dovrai scegliere una carta da uno dei mazzi, facendo clic sul mazzo prescelto. Ogni volta che sceglierai una carta, perderai un certo numero di euro. A volte, oltre a farti perdere, la scelta di una carta ti farà anche vincere una certa somma di denaro.

Puoi scegliere liberamente la carta dal mazzo che preferisci e puoi saltare da un mazzo all'altro a tuo piacimento, in qualunque momento.

2. Ti verranno dati a prestito 2000 euro per iniziare a giocare. Questa cifra è indicata da una barra di colore verde posta in alto sullo schermo. Ad ogni vincita, la barra aumenterà di lunghezza, mentre ad ogni perdita, la barra diminuirà di lunghezza.

3. Scopo del gioco è, ovviamente, quello di vincere la maggior quantità possibile di denaro (e di perderne la minore quantità). Ti chiedo di trattare i soldi del gioco come se fossero veri: ogni decisione che prendi deve avvenire come se tu stessi giocando con soldi tuoi. Il gioco termina dopo un certo numero predeterminato di scelte.

4. La cosa più importante da sapere è la seguente: fra questi quattro mazzi ce ne sono alcuni che sono migliori ed altri che sono peggiori. Se starai alla larga da questi ultimi, e sceglierai di più i primi, potrai riuscire a vincere o quantomeno a non perdere.

5. Un'ultima cosa: il gioco non è truccato. Non esistono imbrogli o scorciatoie: il calcolatore ordina casualmente le carte di ciascun mazzo all'inizio del gioco e la sequenza rimane poi fissa per tutta la durata, esattamente come accadrebbe se ci fossero quattro mazzi reali le cui carte vengono mischiate all'inizio della partita.

... Buona fortuna ...

Le seguenti istruzioni sono state utilizzate nei seguenti esperimenti:

Terzo esperimento, condizione SIN (entrambi i Frame)

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. Questo esperimento assomiglia a un videogame. Sullo schermo ti verranno presentati quattro mazzi di carte; di volta in volta dovrai scegliere una carta da uno dei mazzi, facendo clic sul mazzo prescelto. Ogni volta che scegli una carta, vincerai o perderai un certo numero di euro.

Puoi scegliere liberamente la carta dal mazzo che preferisci e puoi saltare da un mazzo all'altro a tuo piacimento, in qualunque momento.

2. Ti verranno dati a prestito 2000 euro per iniziare a giocare. Questa cifra è indicata da una barra di colore verde posta in alto sullo schermo. Ad ogni vincita, la barra aumenterà di lunghezza, mentre ad ogni perdita, la barra diminuirà di lunghezza.

3. Scopo del gioco è, ovviamente, quello di vincere la maggior quantità possibile di denaro (e di perderne la minore quantità). Ti chiedo di trattare i soldi del gioco come se fossero veri: ogni decisione che prendi deve avvenire come se tu stessi giocando con soldi tuoi. Il gioco termina dopo un certo numero predeterminato di scelte.

4. La cosa più importante da sapere è la seguente: fra questi quattro mazzi ci sono alcuni che sono migliori ed altri che sono peggiori. Per vincere devi cercare di stare alla larga da questi ultimi e concentrare invece le tue scelte sui primi.

5. Un'ultima cosa: il gioco non è truccato. Non esistono imbrogli o scorciatoie: il calcolatore ordina casualmente le carte di ciascun mazzo all'inizio del gioco e la sequenza rimane poi fissa per tutta la durata, esattamente come accadrebbe se ci fossero quattro mazzi reali le cui carte vengono mischiate all'inizio della partita.

... Buona fortuna ...

## **Sasso, Carta, Forbice**

Il compito è stato somministrato individualmente. I partecipanti venivano fatti accomodare davanti al computer e veniva loro consegnato un foglio con le istruzioni (pagine XIII, XV e XVII). Nel frattempo, sullo schermo era presente la schermata iniziale (Figure A.6, A-7 e A.8). Ai partecipanti veniva quindi chiesto se avessero compreso le istruzioni e, dopo aver risposto alle eventuali richieste di chiarimenti, iniziava l'esperimento. I partecipanti operavano le scelte tramite il mouse.

Dopo la scelta, nelle condizioni "Implicito" e "Classico" compariva la mossa del computer (Figure A.9 e A.10), mentre nella condizione "Natura" compariva il messaggio "Il computer sta calcolando il risultato".

In seguito, nelle condizioni "Implicito" e "Classico" compariva sullo schermo uno dei seguenti messaggi: "Hai vinto" / "Hai perso" / "Hai pareggiato", a seconda dell'esito dell'interazione. Nella condizione "Natura" compariva il messaggio "Hai ottenuto..." (Figura A.11) e poi "Le altre scelte valgono..." (Figura A.12).

La barra del punteggio (visibile sulla destra in tutte le figure) veniva aggiornata e si ritornava alla schermata delle Figure A.6, A.7 e A.8. Al termine del primo e del secondo Round compariva il messaggio "Grazie per la collaborazione. Premi INVIO per continuare" e si presentavano ai partecipanti le "Istruzioni per la Seconda Parte" (pagine XIV, XVI e XVII). Al termine del terzo round, compariva il messaggio "L'esperimento è finito. Grazie per la collaborazione."

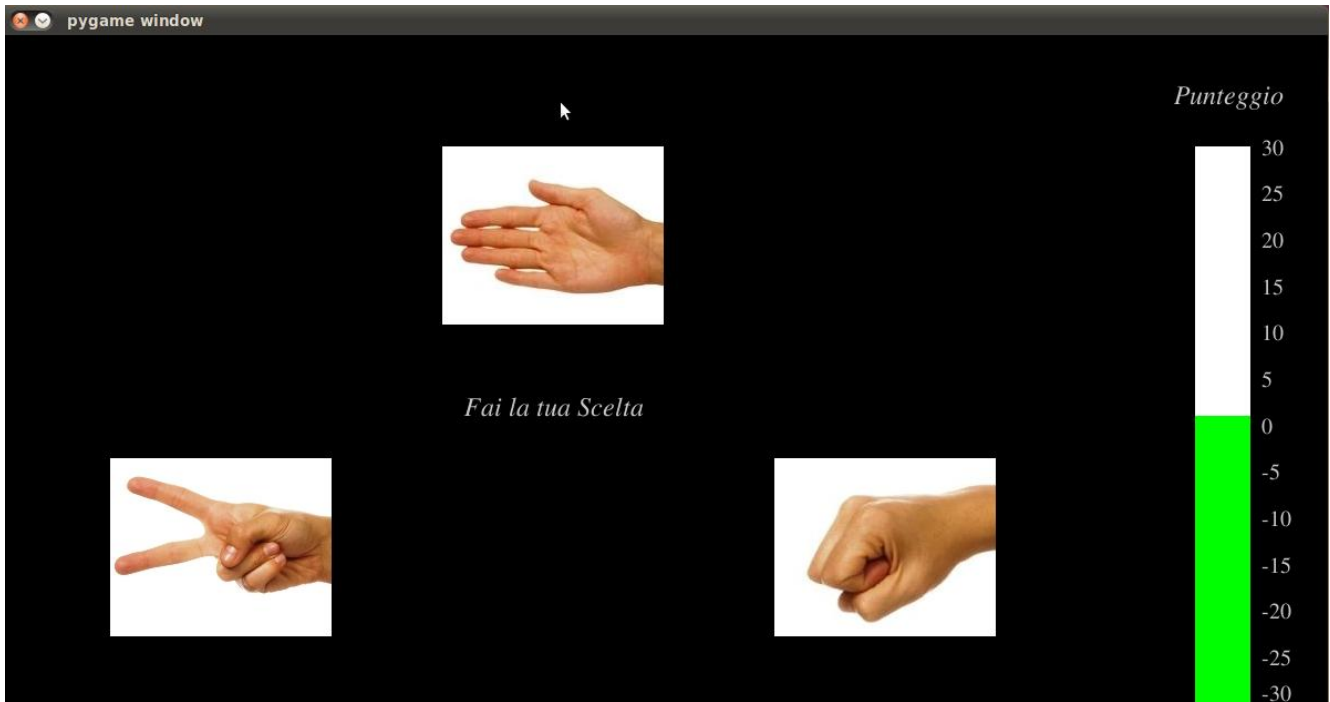


Figura A.6. Schermata iniziale del "Sasso, Carta, Forbice", Setting Classico.

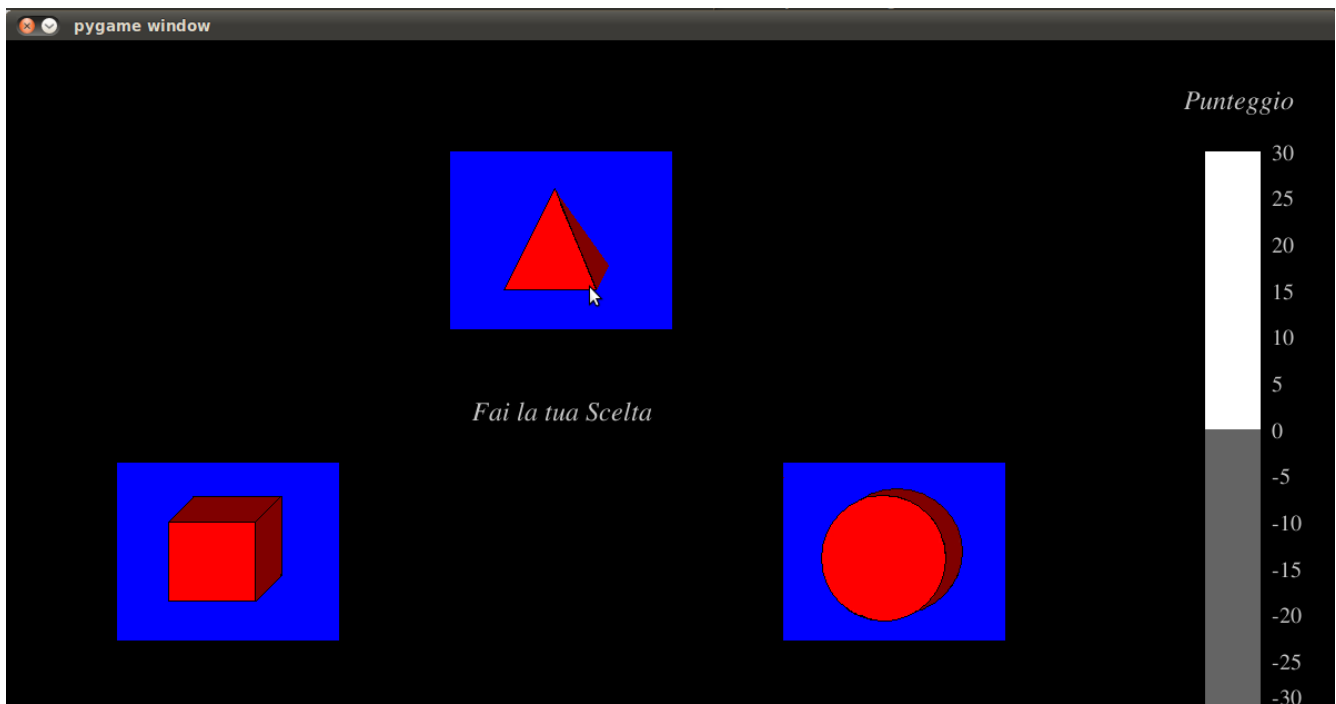


Figura A.7. Schermata iniziale del "Sasso, Carta, Forbice", Setting Implicito.

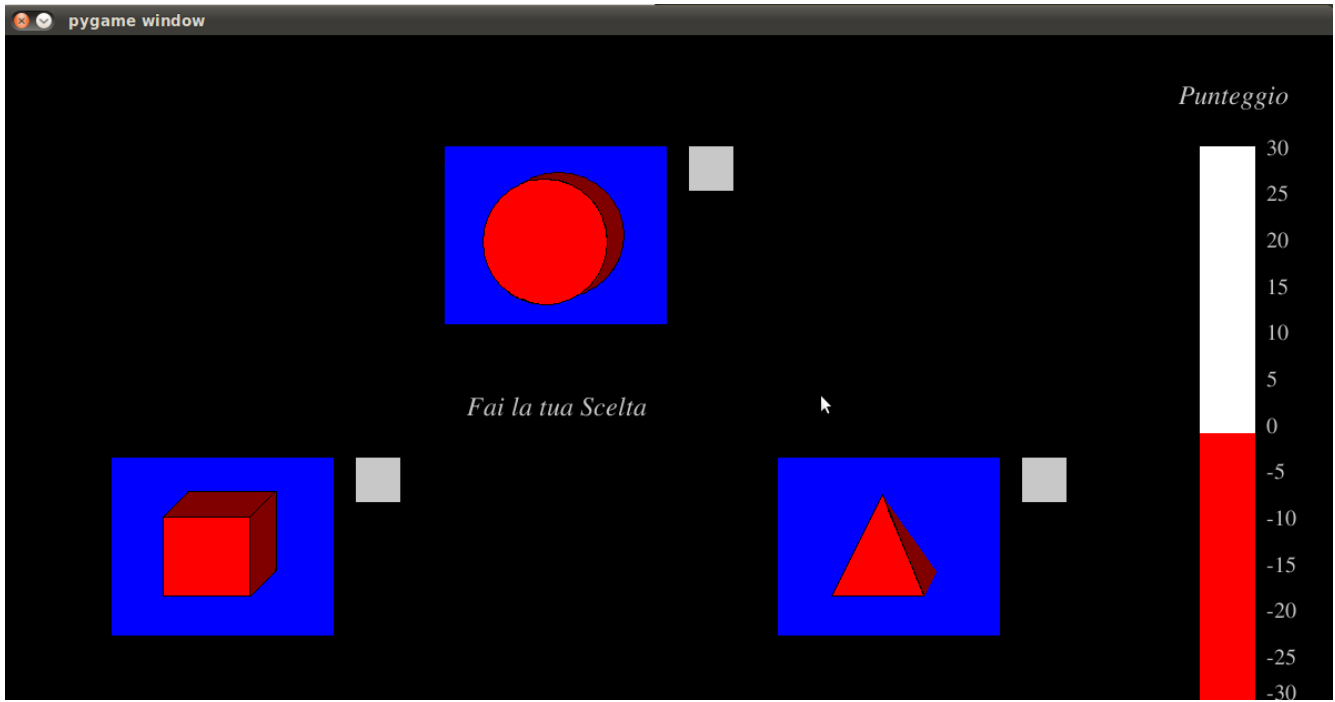


Figura A.8. Schermata iniziale del "Sasso, Carta, Forbice", Setting Natura.

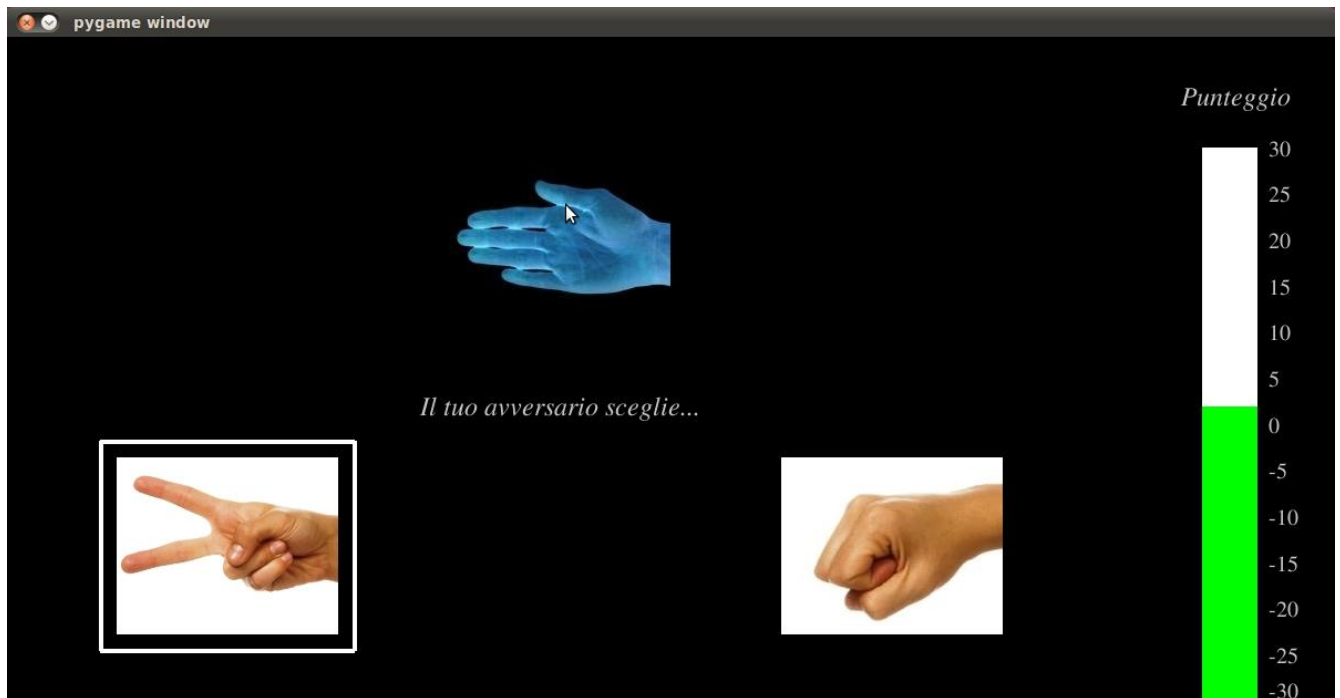


Figura A.9. Schermata di scelta dell'avversario", Setting Classico.



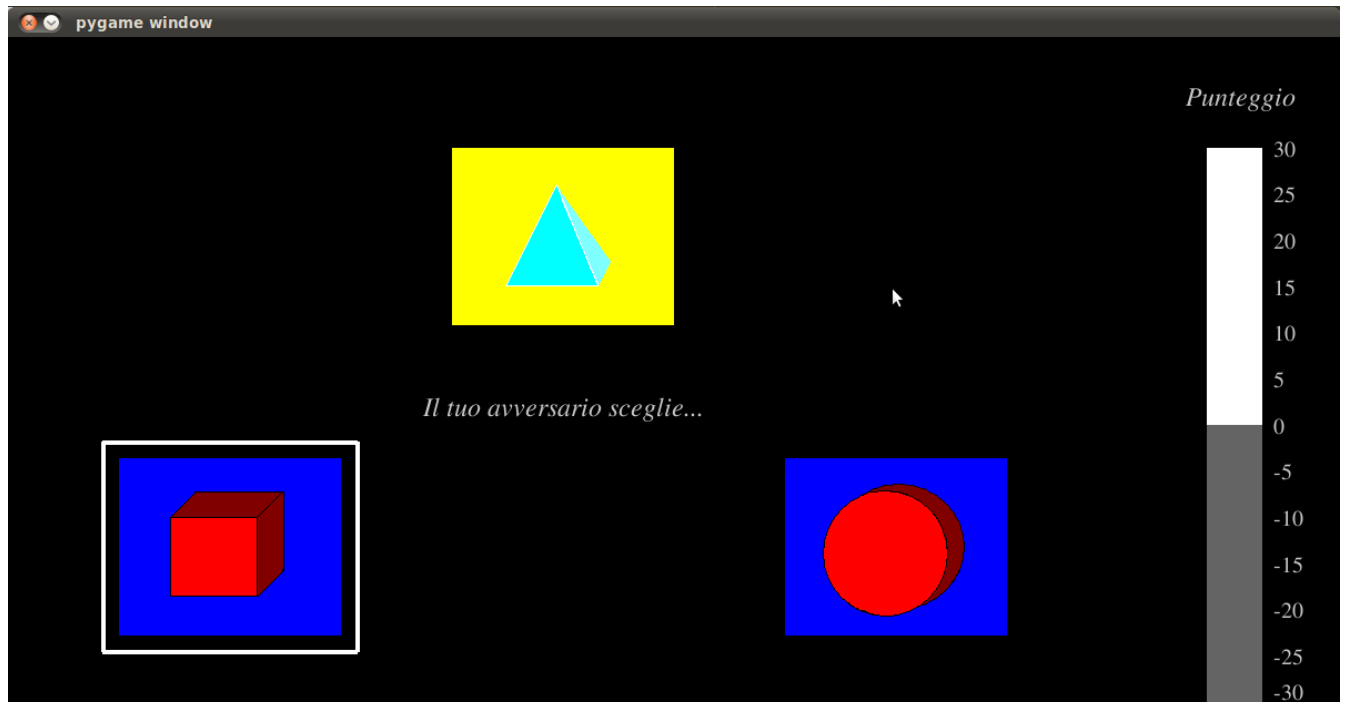


Figura A.10. Schermata di scelta dell'avversario, Setting Implicito.

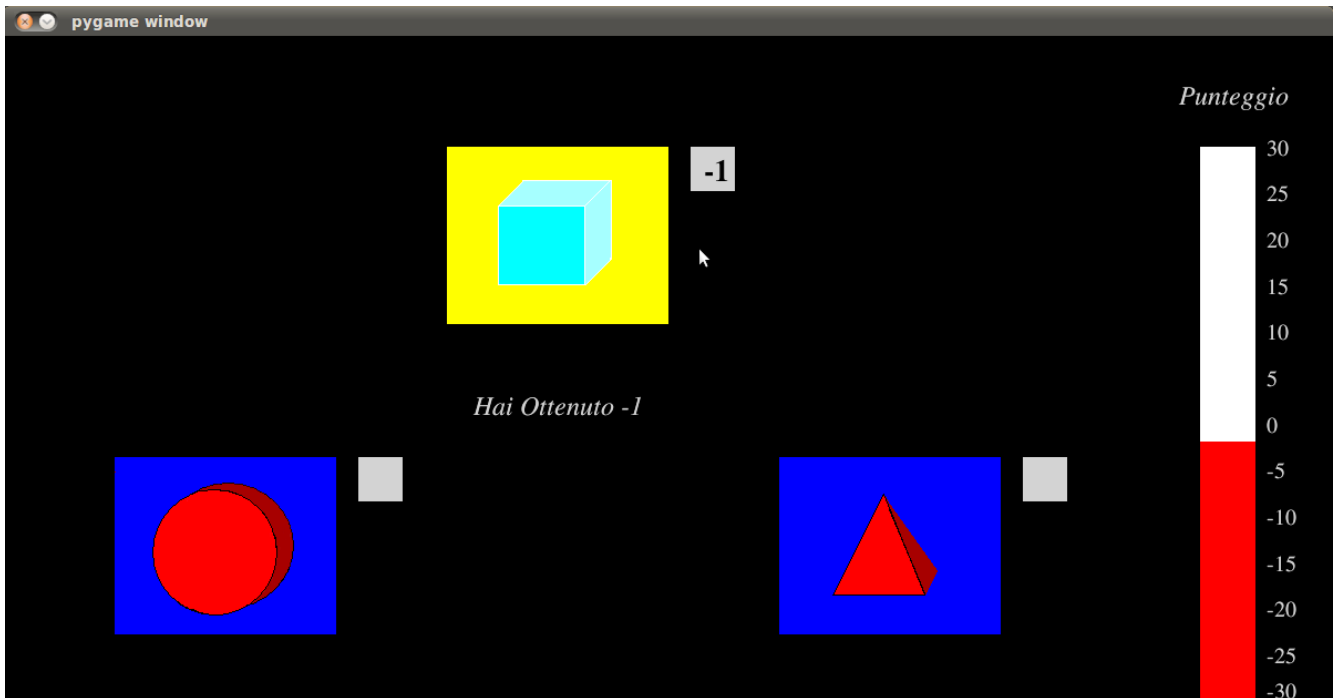


Figura A.11. Schermata che comunica il risultato ottenuto, Setting Natura.

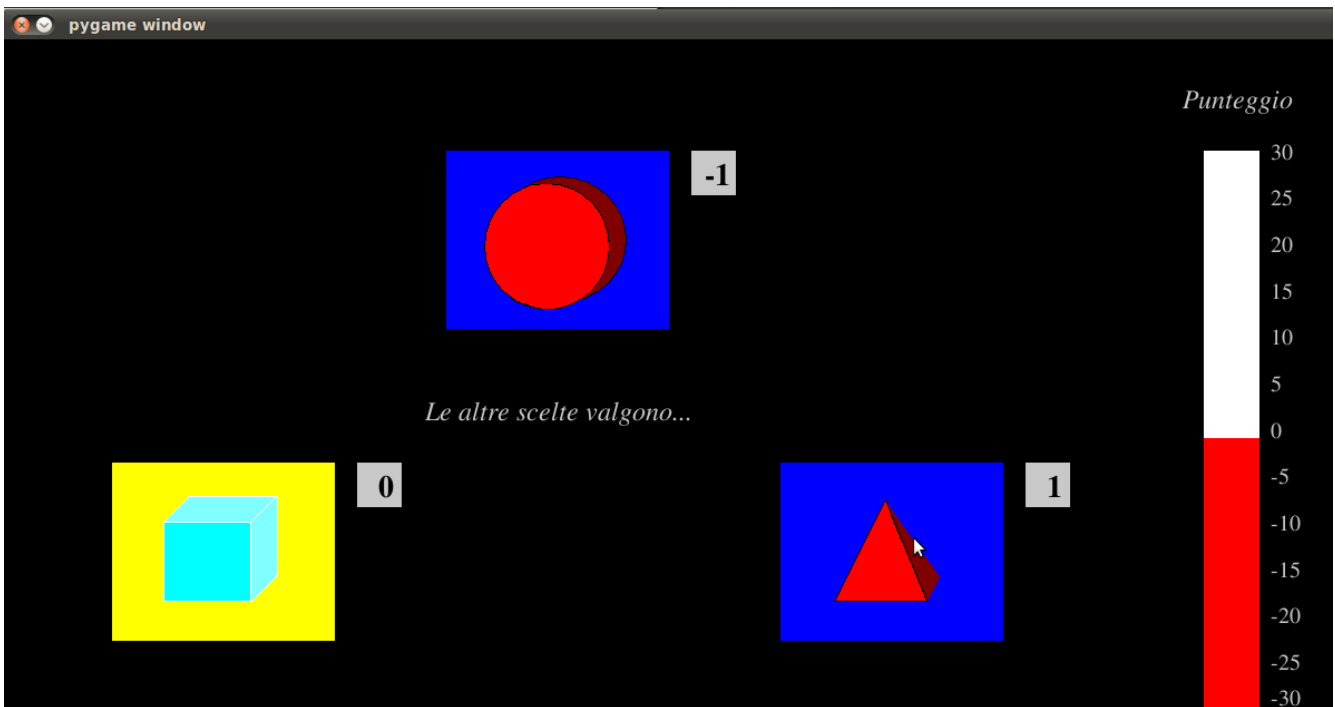


Figura A.12. Schermata che comunica il valore delle scelte non effettuate, Setting Natura.

### Istruzioni per la condizione “Natura”:

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. Questo esperimento assomiglia a un videogame. Sullo schermo ti verranno presentati tre simboli diversi; di volta in volta dovrai sceglierne uno, facendo clic su di esso.

Il computer assegna, di nascosto, a uno dei simboli il valore +1, ad un altro 0 e al terzo -1; scegliendo un simbolo otterrai il punteggio corrispondente.

Dopo che avrai effettuato la tua scelta, riceverai un feedback sul valore degli altri due simboli.

Il valore dei simboli cambia ad ogni prova.

2. Sulla destra ci sarà una barra che segnerà il tuo punteggio. Ad ogni vincita, la barra aumenterà di lunghezza, mentre ad ogni perdita, la barra diventerà più piccola. Il colore della barra sarà grigio quando avrai 0 punti, verde quando avrai un punteggio positivo, rossa quando avrai un punteggio negativo.

3. Il gioco terminerà dopo un certo numero predeterminato di scelte.

4. Lo scopo del gioco è ottenere il maggior numero di punti possibile.

... Buona fortuna ...

### Istruzioni per la seconda parte della condizione Natura:

Adesso giocherai allo stesso gioco, ma stai attento! La regola con cui vengono assegnati i punteggi ai simboli è cambiata rispetto alla prima parte dell'esperimento. Tutte le altre regole sono invariate.

## Istruzioni per la condizione “Classico”:

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. Questo esperimento è la versione computerizzata del gioco “Sasso, Carta, Forbice”.

Se non conosci il gioco “Sasso, Carta, Forbice”, ecco le regole:

Si gioca in due. Ad ogni turno, ognuno dei giocatori sceglie contemporaneamente uno fra sasso, carta e forbice:



Se entrambi i giocatori presentano lo stesso simbolo, il risultato è un pareggio. Se i giocatori presentano simboli diversi:

Il sasso vince sulle forbici, perchè le schiaccia

Le forbici vincono sulla carta, perchè la tagliano

La carta vince sul sasso, perchè lo avvolge.

2. Sullo schermo ti verranno presentati i tre simboli del sasso, della carta e della forbice; di volta in volta dovrai sceglierne uno, facendo clic su di esso.

3. Dopo che avrai effettuato la tua scelta, comparirà un riquadro intorno alla scelta effettuata dal computer.

4. Otterrai 1 punto in caso di vittoria, 0 in caso di pareggio, -1 in caso di sconfitta.

5. Sulla destra ci sarà una barra che segnerà il tuo punteggio. Ad ogni vincita, la barra aumenterà di lunghezza, mentre ad ogni perdita, la barra diminuirà di lunghezza. Il colore della barra sarà grigio quando avrai 0 punti, verde quando avrai un punteggio positivo, rossa quando avrai un punteggio negativo.

6. Il gioco terminerà dopo un certo numero predeterminato di sfide.

7. Lo scopo del gioco è ottenere il maggior numero di punti possibile.

8. Il computer non “bara”. Esso effettua la sua scelta prima che tu effettui la tua, quindi, se sarai abbastanza bravo, potrai vincere la partita!

... Buona fortuna ...

Istruzioni per la seconda parte della condizione “Classico”:

Adesso giocherai nuovamente a “Sasso, Carta, Forbice”, ma stai attento! Il tuo avversario adotterà una strategia diversa rispetto alla prima parte dell’esperimento.

### Istruzioni per la condizione “Implicito”:

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. Questo esperimento assomiglia a un videogame nel quale il computer sarà il tuo avversario. Sullo schermo ti verranno presentati tre simboli diversi; di volta in volta dovrai sceglierne uno, facendo clic su di esso.
2. Subito dopo che avrai effettuato la tua scelta, comparirà un riquadro intorno al simbolo scelto dal computer, e si decreterà il vincitore.
3. Queste sono le regole del gioco:
  - Ogni simbolo pareggia contro sè stesso, perde contro uno degli altri due e vince con l'altro. NON esiste, quindi, un simbolo “migliore” degli altri. Sta a te scoprire la “gerarchia” dei simboli;
  - Per ogni pareggio otterrai 0 punti, per ogni vittoria 1 punto, e per ogni sconfitta -1.
4. Sulla destra ci sarà una barra che segnerà il tuo punteggio. Ad ogni vincita, la barra aumenterà di lunghezza, mentre ad ogni perdita, la barra diminuirà di lunghezza. Il colore della barra sarà grigio quando avrai 0 punti, verde quando avrai un punteggio positivo, rossa quando avrai un punteggio negativo.
5. Il gioco terminerà dopo un certo numero predeterminato di sfide.
6. Lo scopo del gioco è ottenere il maggior numero di punti possibile.
7. Il computer non “bara”. Esso effettua la sua scelta prima che tu effettui la tua, quindi, se sarai abbastanza bravo, potrai vincere la partita!

... Buona fortuna ...

### Istruzioni per la seconda parte della condizione “Implicito”:

Adesso giocherai allo stesso gioco, ma stai attento! Il tuo avversario adotterà una strategia diversa rispetto alla prima parte dell'esperimento. Tutte le altre regole, comprese quelle sulla gerarchia dei simboli, sono invariate.

## **Dilemma del Prigioniero**

Il compito è stato somministrato a gruppi composti da 10 – 12 partecipanti. Ogni partecipante era casualmente assegnato ad una delle quattro condizioni sperimentali, facendo in modo che partecipanti assegnati alla stessa condizione non sedessero uno di fianco all'altro. Ai partecipanti veniva spiegato che avrebbero giocato versioni differenti dello stesso esperimento e ricevevano le istruzioni relative alla condizione a cui erano assegnati (Pagine XXIII, XXIV, XVI e XVIII). Mentre leggevano le istruzioni, sullo schermo era presente la schermata iniziale dell'esperimento (Figura A.13). L'interfaccia era praticamente identica in tutte le condizioni, con minime variazioni. Quando tutti riferivano di aver terminato la lettura delle istruzioni, iniziavano tutti contemporaneamente il compito, che consisteva in due round da 8 minuti ciascuno. I partecipanti compivano le scelte tramite il mouse.

La prima schermata era quella della Figura A.14. Dopo aver compiuto la scelta, nella condizione "Natura" compariva il messaggio "Il calcolatore sta calcolando il risultato..." (Figura A.15), mentre nella condizione Scommessa Computer compariva il messaggio "Il calcolatore sta scegliendo...", e nelle condizioni Scommessa Umano e Dilemma del Prigioniero Umano compariva il messaggio "L'altro giocatore sta scegliendo...". Questa schermata durava un numero di secondi variabile in ogni prova (il numero di secondi era estratto a caso da una distribuzione normale con media 4 e varianza 2). La motivazione era che, nelle condizioni nelle quali i partecipanti dovevano essere convinti di giocare contro un altro essere umano, inserire una durata fissa avrebbe potuto destare qualche sospetto.

In seguito, nella condizione "Natura" compariva il messaggio recante l'indicazione dei soldi ricevuti (Figura A.17), mentre nella condizione Scommessa Computer compariva il messaggio "Il Calcolatore ha scelto: [BLU o GIALLO]"; nella condizione Scommessa Umano compariva il messaggio "L'altro giocatore ha scelto: [BLU o GIALLO]" e nella condizione Dilemma del Prigioniero Umano compariva il messaggio "L'altro giocatore ha scelto di: [TRADIRE o COOPERARE]" (Figura A.16).

A questo punto nella condizione Natura si tornava nuovamente alla schermata iniziale (Figura A.14), mentre nelle altre condizioni compariva la schermata di Figura A.18, recante il messaggio "Hai guadagnato xx EURO!" e "Il calcolatore ha guadagnato xx EURO!" (condizioni Scommessa Computer), oppure "Hai guadagnato xx EURO!" e "L'altro giocatore ha guadagnato xx EURO!" (condizioni Scommessa Umano e Dilemma del Prigioniero Umano) e poi si ritornava alla schermata



iniziale (Figura A.14). La barra del punteggio (visibile sulla destra in tutte le figure) veniva aggiornata in tutte le condizioni prima di tornare alla schermata iniziale.

Al termine degli 8 minuti compariva il messaggio “Questa sessione è terminata. Attendi le istruzioni da parte dello sperimentatore” e i partecipanti leggevano le istruzioni per la seconda parte (pagine XXIII, XXV, XXVII, XXIX). Al termine dell’esperimento compariva il messaggio “L’esperimento è terminato. Grazie per la collaborazione.”

Dopo l’esperimento seguiva un’intervista informale con i partecipanti per verificare se avessero qualche dubbio riguardo all’aver giocato contro il computer e non contro un altro partecipante nella stanza. I partecipanti che hanno riportato qualche dubbio sono stati esclusi dall’analisi dei risultati.

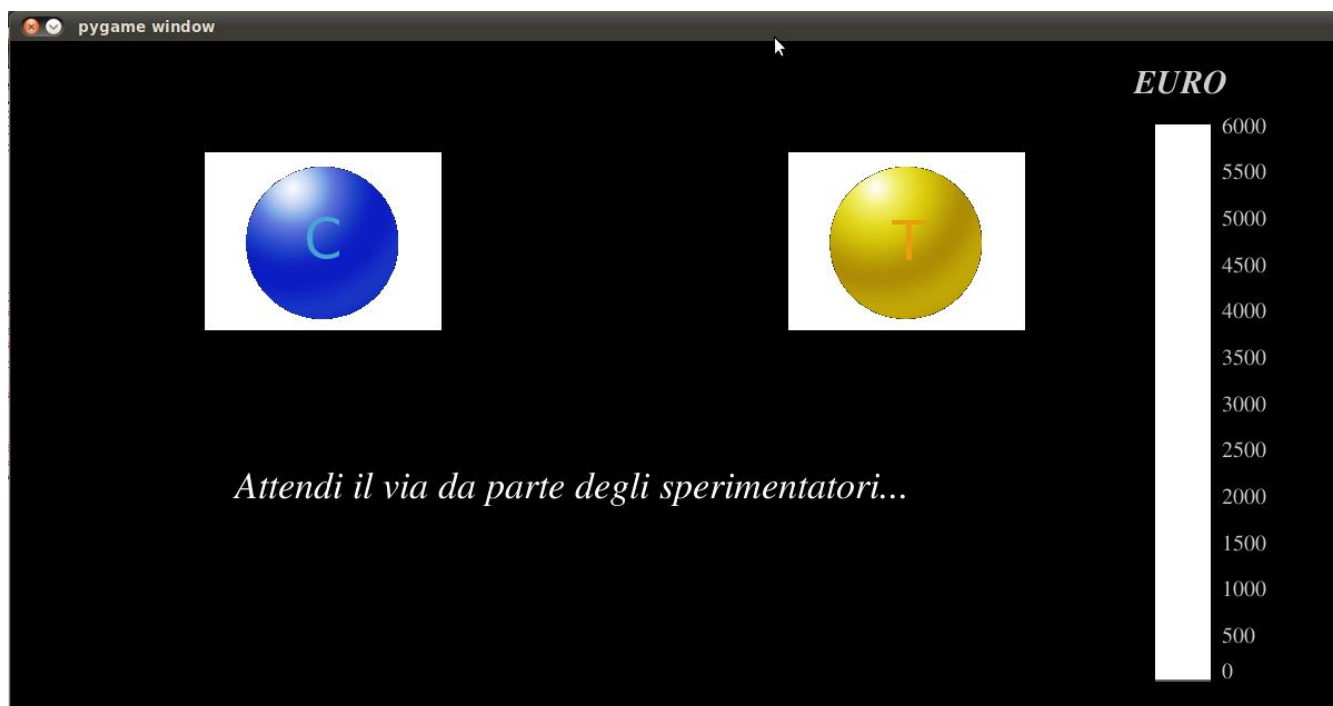


Figura A.13. Schermata iniziale del Setting “Dilemma del Prigioniero Umano.”

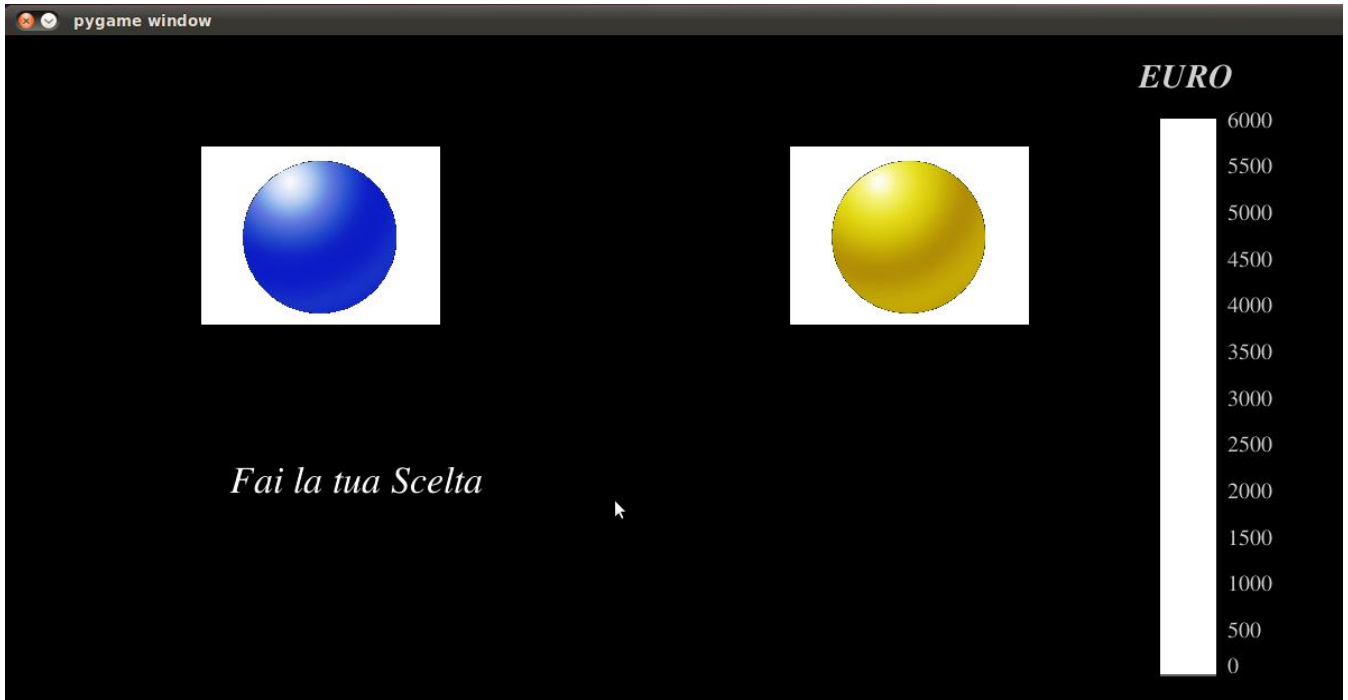


Figura A.14. Schermata di scelta del Setting "Scommessa Umano" e "Scommessa Computer".

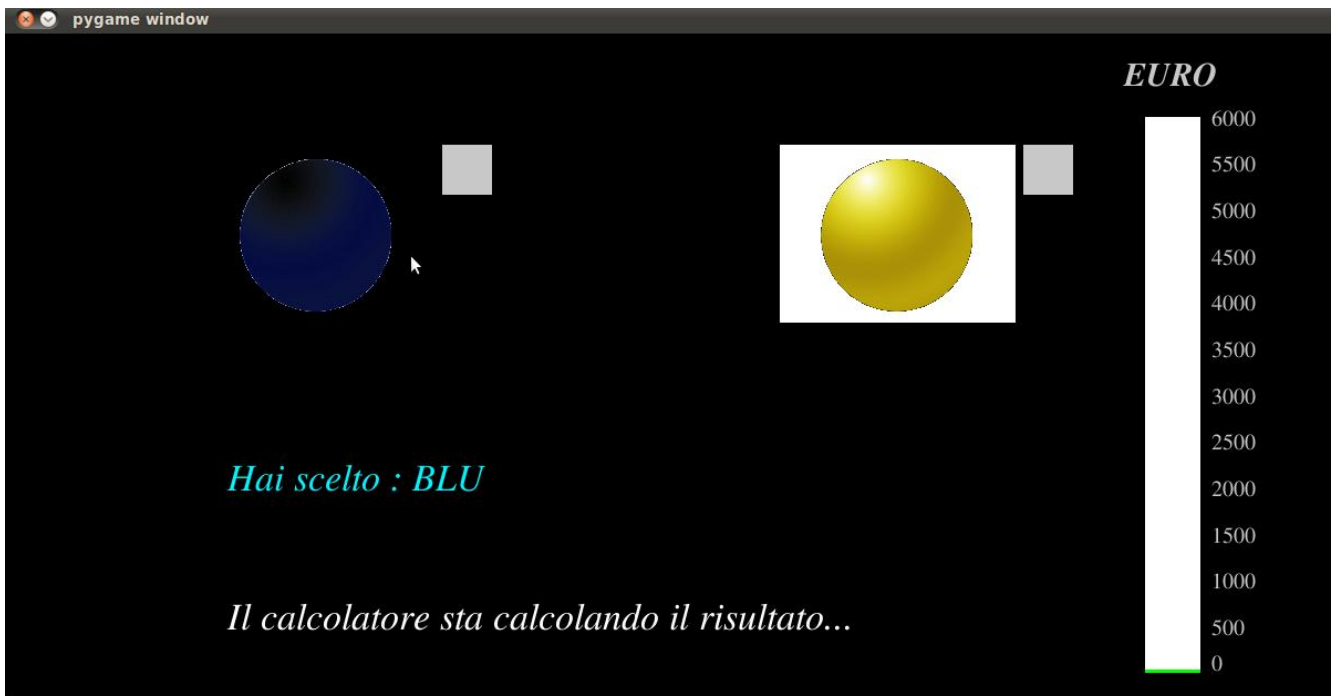


Figura A.15. Schermata di attesa del setting "Natura".



Figura A.16. Schermata del Setting "Dilemma del Prigioniero Umano" che comunica la scelta dell'altro giocatore.

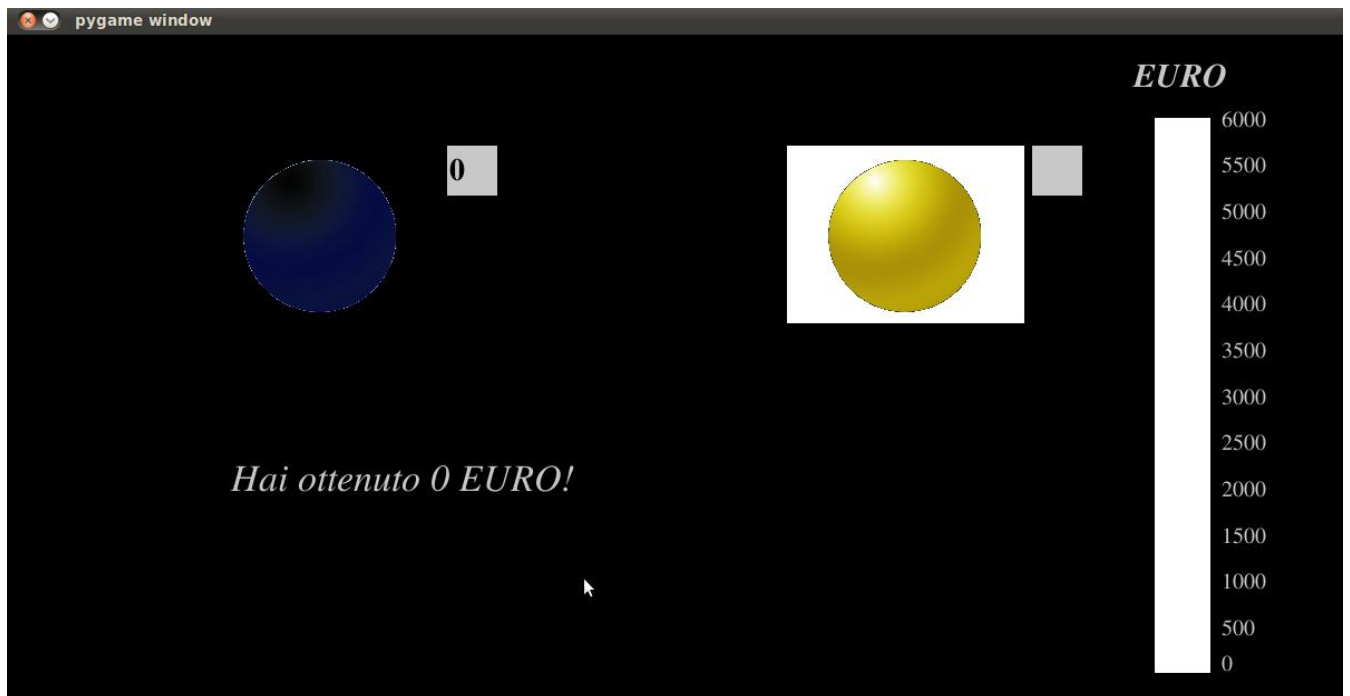


Figura A.17. Schermata di Feedback del Setting Natura.



Figura A.18. Schermata di Feedback del Setting "Dilemma del Prigioniero Umano."

### Istruzioni per la condizione “Natura”:

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. Questo esperimento assomiglia ad un videogame. Sullo schermo ti verranno presentati due simboli diversi; di volta in volta dovrai sceglierne uno, facendo clic su di esso.

Ogni volta il computer assegnerà, di nascosto, un certo ammontare di € a ognuno dei due simboli.

Dopo aver effettuato la scelta, riceverai il denaro corrispondente al simbolo scelto.

2. Sulla destra dello schermo c'è una barra di colore verde, che tiene il conto del totale dei soldi che hai guadagnato. Ad ogni vincita la barra aumenterà di lunghezza, proporzionalmente al numero di € che hai vinto.
3. Il gioco terminerà dopo un certo numero, predeterminato, di round (che non possiamo rivelarti!).
4. Il tuo scopo è guadagnare il maggior numero di € possibili.

...Buona fortuna....!

### Istruzioni per la seconda parte:

Adesso giocherai allo stesso gioco, ma stai attento! La regola con cui vengono assegnati i punteggi ai simboli è cambiata rispetto alla prima parte dell'esperimento. Tutte le altre regole sono invariate.

## Istruzioni per la condizione “Scommessa Computer”:

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. In questo esperimento tu e il computer effettuerete una serie di scommesse: in ogni round, ognuno di voi punterà sul Giallo o sul Blu.
2. Per compiere la tua scelta, clicca sulla sfera del colore corrispondente. In seguito, comparirà un riquadro intorno al simbolo scelto dal computer, ed otterrete entrambi un certo numero di €.
3. L'ammontare di denaro che riceverete dipenderà esclusivamente dalle vostre scelte.

Se entrambi sceglierete il colore Giallo, riceverete entrambi una somma di denaro pari a 20 €.

Se entrambi sceglierete il colore Blu, riceverete entrambi una somma di denaro pari a 60 €.

Se sceglierete due colori diversi, chi ha scelto il Giallo riceverà una somma di denaro pari a 100€, mentre chi ha scelto il Blu riceverà 0 €.

Le condizioni della scommessa sono riassunte nello schema sottostante.

4. Sulla destra dello schermo c'è una barra di colore verde, che tiene il conto del totale dei soldi che hai guadagnato. Ad ogni vincita la barra aumenterà di lunghezza, proporzionalmente al numero di € che hai vinto.
5. Il gioco terminerà dopo un certo numero di scelte (che non possiamo rivelarti!).
6. Il tuo scopo è guadagnare il maggior numero di € possibili, indipendentemente dalla somma guadagnata dal computer.
7. Il computer giocherà con lo stesso scopo: guadagnare il più possibile, indipendentemente dalla somma che guadagni tu.

...Buona fortuna....!

	<b>Blu</b>	<b>Giallo</b>
<b>Blu</b>	60	0
<b>Giallo</b>	100	20

Istruzioni per la seconda parte:

Adesso giocherai nuovamente a questo gioco, ma stai attento! Il calcolatore adotterà una strategia diversa rispetto alla prima parte dell'esperimento.

## Istruzioni per la condizione “Scommessa Umano”:

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. In questo esperimento giocherai con una delle altre persone sedute in questa stanza, scelta a caso dal computer. L'altro giocatore si troverà nella tua stessa identica condizione, e riceverà le stesse istruzioni. Tu e l'altro giocatore effettuerete una serie di scommesse: in ogni round, ognuno di voi punterà sul Giallo o sul Blu.
2. Per compiere la tua scelta, clicca sulla sfera del colore corrispondente. Dopo che avrai compiuto la tua scelta, comparirà un riquadro intorno alla scelta dell'altro giocatore, ed ognuno di voi otterrà un certo ammontare di €.
3. L'ammontare di denaro che riceverete dipenderà esclusivamente dalle vostre scelte.

Se entrambi sceglierete il colore Giallo, riceverete entrambi una somma di denaro pari a 20 €.

Se entrambi sceglierete il colore Blu, riceverete entrambi una somma di denaro pari a 60 €.

Se sceglierete due colori diversi, chi ha scelto il Giallo riceverà una somma di denaro pari a 100€, mentre chi ha scelto il Blu riceverà 0 €.

Le condizioni della scommessa sono riassunte nello schema sottostante.

4. Sulla destra dello schermo c'è una barra di colore verde, che tiene il conto del totale dei soldi che hai guadagnato. Ad ogni vincita la barra aumenterà di lunghezza, proporzionalmente al numero di € che hai vinto.
5. Il gioco terminerà dopo un certo numero di scelte (che non possiamo rivelarti!).
6. Il tuo scopo è guadagnare il maggior numero di € possibili, indipendentemente dalla somma guadagnata dall'altro giocatore.
7. L'altro giocatore giocherà con lo stesso scopo: guadagnare il più possibile, indipendentemente dalla somma che guadagni tu.

...Buona fortuna....!

	<b>Blu</b>	<b>Giallo</b>
<b>Blu</b>	60	0
<b>Giallo</b>	100	20



Istruzioni per la seconda parte:

Adesso giocherai nuovamente a questo gioco, ma stati attento! Giocherai con un'altra fra le persone sedute in questa stanza.

## Istruzioni per la condizione “Dilemma del Prigioniero Umano”:

Immagina di trovarti nella seguente situazione:

Sei un ladro che ha appena rubato dei piccoli oggetti di valore, ma non hai contatti che ti permettano di venderli ad un prezzo soddisfacente.

Per questo motivo, ti sei rivolto ad un ricettatore: ti comprerà la refurtiva e poi si occuperà di rivenderla al mercato nero, tenendo l'incasso per sé.

Avete stabilito di effettuare lo scambio senza incontrarvi personalmente: ognuno di voi lascerà una valigetta – la tua contenente la refurtiva, la sua i soldi - in un diverso punto della città, alle 3 di mattina. Alle 3.15 ognuno di voi si recherà a recuperare la valigetta dell'altro.

È la notte dello scambio e sono le 2.50 di mattina...e ti viene un'idea: potresti tradire il ricettatore, e lasciare una valigetta vuota al posto della valigetta con gli oggetti che hai rubato: in questo modo, potresti tenere per te la refurtiva e rivenderla per conto tuo, e tenere per te anche i soldi del ricettatore, lasciandolo a mani vuote.

Anche lui però potrebbe fare lo stesso ragionamento: potrebbe tradirti, e lasciare una valigetta vuota al posto della valigetta con i soldi. In questo caso, tu perderesti gli oggetti rubati e i soldi e torneresti a casa completamente a mani vuote, mentre lui potrebbe tenere per sé i soldi e vendere anche la refurtiva.

D'altra parte, se entrambi vi comporterete scorrettamente, avrete solo perso i soldi e il tempo per raggiungere il luogo dello scambio inutilmente. In questo caso, sarebbe stato meglio per entrambi cooperare ed effettuare lo scambio come concordato.

Inoltre, avrai sicuramente bisogno di questo stesso ricettatore anche in futuro... perciò devi stare doppiamente attento alla tua scelta. Potrebbe vendicarsi nel vostro incontro successivo. Per lo stesso motivo, anche lui deve ponderare attentamente la sua scelta.

Il campanile scocca le 3 di mattina...è ora di prendere una decisione...valigia piena o valigia vuota? Cooperare o tradire?

Leggi attentamente le seguenti istruzioni:

1. In questo esperimento giocherai con una delle altre persone sedute in questa stanza, scelta a caso dal computer. L'altra persona riceverà le tue stesse identiche istruzioni, ma impersonerà il ricettatore.
2. Per compiere la tua scelta, clicca sulla sfera gialla indicata con T (Tradire) o su quella Blu, indicata con C (Cooperare). Ricorda: Cooperare implica lasciare una valigetta con la refurtiva, come concordato, mentre tradire significa lasciare una valigetta vuota.

3. Dopo che avrai compiuto la tua scelta, comparirà un riquadro intorno alla scelta dell'altro giocatore, ed ognuno di voi otterrà un certo ammontare di €.

4. L'ammontare di € che riceverete dipenderà esclusivamente dalle vostre scelte.

Se sceglierete entrambi di Tradire, tu tornerai a casa con la refurtiva e dovrai venderla per conto tuo, e il ricettatore tornerà a casa con i suoi soldi. Entrambi avrete speso dei soldi per raggiungere il luogo dello scambio, quindi otterrete 20 € a testa.

Se entrambi sceglierete di Cooperare, tu avrai piazzato la refurtiva e il ricettatore potrà rivenderla: riceverete entrambi una somma di denaro pari a 60 €.

Se farete due scelte diverse, chi ha scelto di Tradire riceverà una somma di denaro pari a 100€, mentre chi ha scelto di Cooperare tornerà a casa a mani vuote: non riceverà neanche un €.

Le condizioni del gioco sono riassunte nello schema sottostante.

5. Sulla destra dello schermo c'è una barra di colore verde, che tiene il conto del totale dei soldi che hai guadagnato. Ad ogni vincita la barra aumenterà di lunghezza, proporzionalmente al numero di € che hai vinto.

6. Tu e l'altro giocatore ripeterete questo gioco per un certo numero di round (che non possiamo rivelarti!). Nota bene che tutti i round sono giocati sempre con la stessa persona.

Il tuo scopo è guadagnare il maggior numero di € possibili, indipendentemente dalla somma guadagnata dall'altro giocatore.

L'altro giocatore giocherà con lo stesso scopo: guadagnare il più possibile, indipendentemente dalla somma che guadagni tu.

...Buona fortuna....!

	<b>Cooperare</b>	<b>Tradire</b>
<b>Cooperare</b>	60	0
<b>Tradire</b>	100	20

Istruzioni per la seconda parte:

Adesso giocherai nuovamente a questo gioco, ma stai attento! Giocherai con un'altra fra le persone sedute in questa stanza.

## Appendice

Ogni mazzo, in ogni condizione, era composto da 100 carte. Qui si riportano le prime 40 carte; le ulteriori 60 erano una ripetizione randomizzata delle precedenti, a gruppi di 10 (in modo che ogni 10 carte fosse rispettato il valore atteso e la frequenza dell'evento contingente).

Esperimento della Tesi di Laurea (Napoli, 2007)

Condizione “Controllo”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
<b>N° carta</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>
1	100	0	110	0	45	0	55	0
2	110	-150	100	0	50	-75	55	0
3	90	-200	90	0	60	-25	50	0
4	120	0	90	-1270	60	0	55	-270
5	80	-250	100	0	55	0	60	0
6	120	0	80	0	40	-50	60	0
7	90	-200	120	0	40	-25	45	0
8	80	0	120	0	45	0	40	0
9	110	-150	110	0	55	-25	55	0
10	100	-300	100	0	50	-50	45	0
11	110	0	90	0	55	-50	40	0
12	120	-200	100	0	60	0	55	0
13	110	-200	80	-1240	45	0	40	-240
14	90	0	100	0	40	-50	50	0
15	90	-150	110	0	40	-25	55	0
16	120	-150	80	0	45	-25	50	0
17	80	0	90	0	50	0	40	0
18	100	-300	120	0	55	-25	55	0
19	80	0	110	0	60	-75	45	0
20	100	-250	110	0	50	0	60	0
21	80	-150	90	0	50	0	50	0
22	90	0	90	0	45	-25	40	0
23	100	-200	120	0	50	0	45	0
24	120	-150	100	0	40	-25	50	0
25	110	-300	100	-1230	55	-25	50	-230
26	120	0	110	0	40	0	55	0
27	90	0	80	0	55	-50	40	0
28	100	-250	110	0	45	-50	50	0
29	110	0	80	0	60	-75	60	0
30	80	-200	100	0	60	0	40	0
31	80	0	120	0	55	0	45	0
32	110	-200	100	0	45	-25	60	0
33	120	-150	90	0	45	-25	55	0
34	100	0	120	0	50	0	50	0
35	90	0	80	0	55	-75	55	0
36	120	-150	110	0	60	0	55	0
37	110	-250	100	-1260	50	-50	60	-260
38	90	0	80	0	60	-25	40	0
39	80	-300	120	0	40	0	50	0
40	100	-200	90	0	40	-50	40	0

Esperimento della Tesi di Laurea (Napoli, 2007)

Condizione “Null”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	110	0	45	0	55	0
2	110	-175	100	0	50	-125	55	0
3	90	-100	90	0	60	-50	50	0
4	120	0	90	-1020	60	0	55	-520
5	80	-200	100	0	55	0	60	0
6	120	0	80	0	40	-100	60	0
7	90	-125	120	0	40	-50	45	0
8	80	0	120	0	45	0	40	0
9	110	-150	110	0	55	-75	55	0
10	100	-250	100	0	50	-100	45	0
11	110	-125	90	0	55	-100	40	0
12	120	0	100	0	60	0	55	0
13	110	-200	80	-990	45	0	40	-490
14	90	-100	100	0	40	-100	50	0
15	90	-175	110	0	40	-50	55	0
16	120	0	80	0	45	-50	50	0
17	80	-250	90	0	50	0	40	0
18	100	0	120	0	55	-75	55	0
19	80	0	110	0	60	-125	45	0
20	100	-150	110	0	50	0	60	0
21	80	-200	90	0	50	0	50	0
22	90	0	90	0	45	-50	40	0
23	100	-125	120	0	50	0	45	0
24	120	0	100	0	40	-75	50	0
25	110	0	100	-980	55	-50	50	-480
26	120	-250	110	0	40	0	55	0
27	90	-175	80	0	55	-100	40	0
28	100	-150	110	0	45	-100	50	0
29	110	-100	80	0	60	-125	60	0
30	80	0	100	0	60	0	40	0
31	80	0	120	0	55	0	45	0
32	110	-150	100	0	45	-50	60	0
33	120	-100	90	0	45	-50	55	0
34	100	0	120	0	50	0	50	0
35	90	0	80	0	55	-125	55	0
36	120	-200	110	0	60	0	55	0
37	110	-175	100	-1010	50	-100	60	-510
38	90	-125	80	0	60	-75	40	0
39	80	-250	120	0	40	0	50	0
40	100	0	90	0	40	-100	40	0

Esperimento della Tesi di Laurea (Napoli, 2007)

Condizione “Contrasto”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	100	0	110	0	45	0	55	0
2	110	-125	100	0	50	-75	55	0
3	90	-75	90	0	60	-25	50	0
4	120	0	90	-1270	60	0	55	-770
5	80	-150	100	0	55	0	60	0
6	120	0	80	0	40	-50	60	0
7	90	-100	120	0	40	-25	45	0
8	80	0	120	0	45	0	40	0
9	110	-125	110	0	55	-25	55	0
10	100	-175	100	0	50	-50	45	0
11	110	-125	90	0	55	-50	40	0
12	120	0	100	0	60	0	55	0
13	110	-150	80	-1240	45	0	40	-740
14	90	-75	100	0	40	-50	50	0
15	90	-100	110	0	40	-25	55	0
16	120	0	80	0	45	-25	50	0
17	80	-175	90	0	50	0	40	0
18	100	0	120	0	55	-25	55	0
19	80	0	110	0	60	-75	45	0
20	100	-125	110	0	50	0	60	0
21	80	-150	90	0	50	0	50	0
22	90	0	90	0	45	-25	40	0
23	100	-125	120	0	50	0	45	0
24	120	0	100	0	40	-25	50	0
25	110	0	100	-1230	55	-25	50	-730
26	120	-175	110	0	40	0	55	0
27	90	-100	80	0	55	-50	40	0
28	100	-125	110	0	45	-50	50	0
29	110	-75	80	0	60	-75	60	0
30	80	0	100	0	60	0	40	0
31	80	0	120	0	55	0	45	0
32	110	-125	100	0	45	-25	60	0
33	120	-75	90	0	45	-25	55	0
34	100	0	120	0	50	0	50	0
35	90	0	80	0	55	-75	55	0
36	120	-150	110	0	60	0	55	0
37	110	-100	100	-1260	50	-50	60	-760
38	90	-125	80	0	60	-25	40	0
39	80	-175	120	0	40	0	50	0
40	100	0	90	0	40	-50	40	0





Primo Esperimento

Condizione “Controllo”

Mazzo	A		B		C		D	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-110	0	-45	0	-55	0
2	-110	0	-100	0	-50	75	-55	0
3	-90	150	-90	0	-60	25	-50	0
4	-120	0	-90	1270	-60	0	-55	270
5	-80	300	-100	0	-55	0	-60	0
6	-120	0	-80	0	-40	50	-60	0
7	-90	200	-120	0	-40	25	-45	0
8	-80	0	-120	0	-45	0	-40	0
9	-110	250	-110	0	-55	25	-55	0
10	-100	350	-100	0	-50	50	-45	0
11	-110	0	-90	0	-55	50	-40	0
12	-120	0	-100	0	-60	0	-55	0
13	-110	300	-80	1240	-45	0	-40	240
14	-90	0	-100	0	-40	50	-50	0
15	-90	200	-110	0	-40	25	-55	0
16	-120	250	-80	0	-45	25	-50	0
17	-80	0	-90	0	-50	0	-40	0
18	-100	150	-120	0	-55	25	-55	0
19	-80	350	-110	0	-60	75	-45	0
20	-100	0	-110	0	-50	0	-60	0
21	-80	150	-90	0	-50	0	-50	0
22	-90	0	-90	0	-45	25	-40	0
23	-100	300	-120	0	-50	0	-45	0
24	-120	0	-100	0	-40	25	-50	0
25	-110	200	-100	1230	-55	25	-50	230
26	-120	350	-110	0	-40	0	-55	0
27	-90	0	-80	0	-55	50	-40	0
28	-100	0	-110	0	-45	50	-50	0
29	-110	250	-80	0	-60	75	-60	0
30	-80	0	-100	0	-60	0	-40	0
31	-80	150	-120	0	-55	0	-45	0
32	-110	0	-100	0	-45	25	-60	0
33	-120	200	-90	0	-45	25	-55	0
34	-100	0	-120	0	-50	0	-50	0
35	-90	300	-80	0	-55	75	-55	0
36	-120	250	-110	0	-60	0	-55	0
37	-110	0	-100	1260	-50	50	-60	260
38	-90	0	-80	0	-60	25	-40	0
39	-80	350	-120	0	-40	0	-50	0
40	-100	0	-90	0	-40	50	-40	0

Primo Esperimento

Condizione "Null"

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-110	0	-45	0	-55	0
2	-110	175	-100	0	-50	125	-55	0
3	-90	100	-90	0	-60	50	-50	0
4	-120	0	-90	1020	-60	0	-55	520
5	-80	200	-100	0	-55	0	-60	0
6	-120	0	-80	0	-40	100	-60	0
7	-90	125	-120	0	-40	50	-45	0
8	-80	0	-120	0	-45	0	-40	0
9	-110	150	-110	0	-55	75	-55	0
10	-100	250	-100	0	-50	100	-45	0
11	-110	125	-90	0	-55	100	-40	0
12	-120	0	-100	0	-60	0	-55	0
13	-110	200	-80	990	-45	0	-40	490
14	-90	100	-100	0	-40	100	-50	0
15	-90	175	-110	0	-40	50	-55	0
16	-120	0	-80	0	-45	50	-50	0
17	-80	250	-90	0	-50	0	-40	0
18	-100	0	-120	0	-55	75	-55	0
19	-80	0	-110	0	-60	125	-45	0
20	-100	150	-110	0	-50	0	-60	0
21	-80	200	-90	0	-50	0	-50	0
22	-90	0	-90	0	-45	50	-40	0
23	-100	125	-120	0	-50	0	-45	0
24	-120	0	-100	0	-40	75	-50	0
25	-110	0	-100	980	-55	50	-50	480
26	-120	250	-110	0	-40	0	-55	0
27	-90	175	-80	0	-55	100	-40	0
28	-100	150	-110	0	-45	100	-50	0
29	-110	100	-80	0	-60	125	-60	0
30	-80	0	-100	0	-60	0	-40	0
31	-80	0	-120	0	-55	0	-45	0
32	-110	150	-100	0	-45	50	-60	0
33	-120	100	-90	0	-45	50	-55	0
34	-100	0	-120	0	-50	0	-50	0
35	-90	0	-80	0	-55	125	-55	0
36	-120	200	-110	0	-60	0	-55	0
37	-110	175	-100	1010	-50	100	-60	510
38	-90	125	-80	0	-60	75	-40	0
39	-80	250	-120	0	-40	0	-50	0
40	-100	0	-90	0	-40	100	-40	0

Primo Esperimento

Condizione “Contrasto”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-110	0	-45	0	-55	0
2	-110	125	-100	0	-50	75	-55	0
3	-90	75	-90	0	-60	25	-50	0
4	-120	0	-90	1270	-60	0	-55	770
5	-80	150	-100	0	-55	0	-60	0
6	-120	0	-80	0	-40	50	-60	0
7	-90	100	-120	0	-40	25	-45	0
8	-80	0	-120	0	-45	0	-40	0
9	-110	125	-110	0	-55	25	-55	0
10	-100	175	-100	0	-50	50	-45	0
11	-110	125	-90	0	-55	50	-40	0
12	-120	0	-100	0	-60	0	-55	0
13	-110	150	-80	1240	-45	0	-40	740
14	-90	75	-100	0	-40	50	-50	0
15	-90	100	-110	0	-40	25	-55	0
16	-120	0	-80	0	-45	25	-50	0
17	-80	175	-90	0	-50	0	-40	0
18	-100	0	-120	0	-55	25	-55	0
19	-80	0	-110	0	-60	75	-45	0
20	-100	125	-110	0	-50	0	-60	0
21	-80	150	-90	0	-50	0	-50	0
22	-90	0	-90	0	-45	25	-40	0
23	-100	125	-120	0	-50	0	-45	0
24	-120	0	-100	0	-40	25	-50	0
25	-110	0	-100	1230	-55	25	-50	730
26	-120	175	-110	0	-40	0	-55	0
27	-90	100	-80	0	-55	50	-40	0
28	-100	125	-110	0	-45	50	-50	0
29	-110	75	-80	0	-60	75	-60	0
30	-80	0	-100	0	-60	0	-40	0
31	-80	0	-120	0	-55	0	-45	0
32	-110	125	-100	0	-45	25	-60	0
33	-120	75	-90	0	-45	25	-55	0
34	-100	0	-120	0	-50	0	-50	0
35	-90	0	-80	0	-55	75	-55	0
36	-120	150	-110	0	-60	0	-55	0
37	-110	100	-100	1260	-50	50	-60	760
38	-90	125	-80	0	-60	25	-40	0
39	-80	175	-120	0	-40	0	-50	0
40	-100	0	-90	0	-40	50	-40	0

Secondo Esperimento

Condizione “WIN – HIGH”

<b>Mazzo</b>	<b>E</b>		<b>F</b>		<b>G</b>		<b>H</b>	
<b>N° carta</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>
<b>1</b>	45	0	100	0	45	0	100	0
<b>2</b>	50	-125	110	-150	50	-75	110	-125
<b>3</b>	60	-75	90	-200	60	-25	90	-75
<b>4</b>	60	0	120	0	60	0	120	0
<b>5</b>	55	-150	80	-250	55	0	80	-150
<b>6</b>	40	0	120	0	40	-50	120	0
<b>7</b>	40	-100	90	-200	40	-25	90	-100
<b>8</b>	45	0	80	0	45	0	80	0
<b>9</b>	55	-125	110	-150	55	-25	110	-125
<b>10</b>	50	-175	100	-300	50	-50	100	-175
<b>11</b>	55	-125	110	0	55	-50	110	-125
<b>12</b>	60	0	120	-200	60	0	120	0
<b>13</b>	45	-150	110	-200	45	0	110	-150
<b>14</b>	40	-75	90	0	40	-50	90	-75
<b>15</b>	40	-100	90	-150	40	-25	90	-100
<b>16</b>	45	0	120	-150	45	-25	120	0
<b>17</b>	50	-175	80	0	50	0	80	-175
<b>18</b>	55	0	100	-300	55	-25	100	0
<b>19</b>	60	0	80	0	60	-75	80	0
<b>20</b>	50	-125	100	-250	50	0	100	-125
<b>21</b>	50	-150	80	-150	50	0	80	-150
<b>22</b>	45	0	90	0	45	-25	90	0
<b>23</b>	50	-125	100	-200	50	0	100	-125
<b>24</b>	40	0	120	-150	40	-25	120	0
<b>25</b>	55	0	110	-300	55	-25	110	0
<b>26</b>	40	-175	120	0	40	0	120	-175
<b>27</b>	55	-100	90	0	55	-50	90	-100
<b>28</b>	45	-125	100	-250	45	-50	100	-125
<b>29</b>	60	-75	110	0	60	-75	110	-75
<b>30</b>	60	0	80	-200	60	0	80	0
<b>31</b>	55	0	80	0	55	0	80	0
<b>32</b>	45	-125	110	-200	45	-25	110	-125
<b>33</b>	45	-75	120	-150	45	-25	120	-75
<b>34</b>	50	0	100	0	50	0	100	0
<b>35</b>	55	0	90	0	55	-75	90	0
<b>36</b>	60	-150	120	-150	60	0	120	-150
<b>37</b>	50	-100	110	-250	50	-50	110	-100
<b>38</b>	60	-125	90	0	60	-25	90	-125
<b>39</b>	40	-175	80	-300	40	0	80	-175
<b>40</b>	40	0	100	-200	40	-50	100	0

Secondo Esperimento

Condizione “WIN – LOW”

<b>Mazzo</b>	<b>E</b>		<b>F</b>		<b>G</b>		<b>H</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	55	0	110	0	55	0	110	0
2	55	0	100	0	55	0	100	0
3	50	0	90	0	50	0	90	0
4	55	-770	90	-1270	55	-270	90	-770
5	60	0	100	0	60	0	100	0
6	60	0	80	0	60	0	80	0
7	45	0	120	0	45	0	120	0
8	40	0	120	0	40	0	120	0
9	55	0	110	0	55	0	110	0
10	45	0	100	0	45	0	100	0
11	40	0	90	0	40	0	90	0
12	55	0	100	0	55	0	100	0
13	40	-740	80	-1240	40	-240	80	-740
14	50	0	100	0	50	0	100	0
15	55	0	110	0	55	0	110	0
16	50	0	80	0	50	0	80	0
17	40	0	90	0	40	0	90	0
18	55	0	120	0	55	0	120	0
19	45	0	110	0	45	0	110	0
20	60	0	110	0	60	0	110	0
21	50	0	90	0	50	0	90	0
22	40	0	90	0	40	0	90	0
23	45	0	120	0	45	0	120	0
24	50	0	100	0	50	0	100	0
25	50	-730	100	-1230	50	-230	100	-730
26	55	0	110	0	55	0	110	0
27	40	0	80	0	40	0	80	0
28	50	0	110	0	50	0	110	0
29	60	0	80	0	60	0	80	0
30	40	0	100	0	40	0	100	0
31	45	0	120	0	45	0	120	0
32	60	0	100	0	60	0	100	0
33	55	0	90	0	55	0	90	0
34	50	0	120	0	50	0	120	0
35	55	0	80	0	55	0	80	0
36	55	0	110	0	55	0	110	0
37	60	-760	100	-1260	60	-260	100	-760
38	40	0	80	0	40	0	80	0
39	50	0	120	0	50	0	120	0
40	40	0	90	0	40	0	90	0

Secondo Esperimento

Condizione “LOSE – HIGH”

<b>Mazzo</b>	<b>E</b>		<b>F</b>		<b>G</b>		<b>H</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-100	0	-45	0	-100	0	-45	0
2	-110	125	-50	75	-110	150	-50	125
3	-90	75	-60	25	-90	200	-60	75
4	-120	0	-60	0	-120	0	-60	0
5	-80	150	-55	0	-80	250	-55	150
6	-120	0	-40	50	-120	0	-40	0
7	-90	100	-40	25	-90	200	-40	100
8	-80	0	-45	0	-80	0	-45	0
9	-110	125	-55	25	-110	150	-55	125
10	-100	175	-50	50	-100	300	-50	175
11	-110	125	-55	50	-110	0	-55	125
12	-120	0	-60	0	-120	200	-60	0
13	-110	150	-45	0	-110	200	-45	150
14	-90	75	-40	50	-90	0	-40	75
15	-90	100	-40	25	-90	150	-40	100
16	-120	0	-45	25	-120	150	-45	0
17	-80	175	-50	0	-80	0	-50	175
18	-100	0	-55	25	-100	300	-55	0
19	-80	0	-60	75	-80	0	-60	0
20	-100	125	-50	0	-100	250	-50	125
21	-80	150	-50	0	-80	150	-50	150
22	-90	0	-45	25	-90	0	-45	0
23	-100	125	-50	0	-100	200	-50	125
24	-120	0	-40	25	-120	150	-40	0
25	-110	0	-55	25	-110	300	-55	0
26	-120	175	-40	0	-120	0	-40	175
27	-90	100	-55	50	-90	0	-55	100
28	-100	125	-45	50	-100	250	-45	125
29	-110	75	-60	75	-110	0	-60	75
30	-80	0	-60	0	-80	200	-60	0
31	-80	0	-55	0	-80	0	-55	0
32	-110	125	-45	25	-110	200	-45	125
33	-120	75	-45	25	-120	150	-45	75
34	-100	0	-50	0	-100	0	-50	0
35	-90	0	-55	75	-90	0	-55	0
36	-120	150	-60	0	-120	150	-60	150
37	-110	100	-50	50	-110	250	-50	100
38	-90	125	-60	25	-90	0	-60	125
39	-80	175	-40	0	-80	300	-40	175
40	-100	0	-40	50	-100	200	-40	0

Secondo Esperimento

Condizione “LOSE –LOW”

<b>Mazzo</b>	<b>E</b>		<b>F</b>		<b>G</b>		<b>H</b>	
N° carta	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente	Evento certo	Evento Contingente
1	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
2	-100	0	-55	0	-100	0	-55	0
3	-90	0	-50	0	-90	0	-50	0
4	-90	770	-55	270	-90	1270	-55	770
5	-100	0	-60	0	-100	0	-60	0
6	-80	0	-60	0	-80	0	-60	0
7	-120	0	-45	0	-120	0	-45	0
8	-120	0	-40	0	-120	0	-40	0
9	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
10	-100	0	-45	0	-100	0	-45	0
11	-90	0	-40	0	-90	0	-40	0
12	-100	0	-55	0	-100	0	-55	0
13	-80	740	-40	240	-80	1240	-40	740
14	-100	0	-50	0	-100	0	-50	0
15	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
16	-80	0	-50	0	-80	0	-50	0
17	-90	0	-40	0	-90	0	-40	0
18	-120	0	-55	0	-120	0	-55	0
19	-110	0	-45	0	-110	0	-45	0
20	-110	0	-60	0	-110	0	-60	0
21	-90	0	-50	0	-90	0	-50	0
22	-90	0	-40	0	-90	0	-40	0
23	-120	0	-45	0	-120	0	-45	0
24	-100	0	-50	0	-100	0	-50	0
25	-100	730	-50	230	-100	1230	-50	730
26	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
27	-80	0	-40	0	-80	0	-40	0
28	-110	0	-50	0	-110	0	-50	0
29	-80	0	-60	0	-80	0	-60	0
30	-100	0	-40	0	-100	0	-40	0
31	-120	0	-45	0	-120	0	-45	0
32	-100	0	-60	0	-100	0	-60	0
33	-90	0	-55	0	-90	0	-55	0
34	-120	0	-50	0	-120	0	-50	0
35	-80	0	-55	0	-80	0	-55	0
36	-110	0	-55	0	-110	0	-55	0
37	-100	760	-60	260	-100	1260	-60	760
38	-80	0	-40	0	-80	0	-40	0
39	-120	0	-50	0	-120	0	-50	0
40	-90	0	-40	0	-90	0	-40	0



Terzo Esperimento

Condizione “Doppio – WIN”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
<b>N° carta</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>
<b>1</b>	90	0	90	0	90	0	90	0
<b>2</b>	110	-300	110	-25	110	-125	110	-25
<b>3</b>	120	-250	120	-1050	120	-175	120	-550
<b>4</b>	90	0	90	0	90	0	90	0
<b>5</b>	100	-250	100	-50	100	-150	100	-50
<b>6</b>	110	0	110	0	110	0	110	0
<b>7</b>	120	-150	120	-50	120	-150	120	-50
<b>8</b>	100	0	100	0	100	0	100	0
<b>9</b>	80	0	80	0	80	0	80	0
<b>10</b>	80	-300	80	-75	80	-150	80	-75
<b>11</b>	110	0	110	0	110	-175	110	0
<b>12</b>	100	-150	100	0	100	0	100	-75
<b>13</b>	90	-250	90	-75	90	0	90	0
<b>14</b>	80	0	80	-1050	80	-125	80	-550
<b>15</b>	100	-250	100	-50	100	-150	100	0
<b>16</b>	110	0	110	0	110	-150	110	-50
<b>17</b>	120	-300	120	-50	120	0	120	-50
<b>18</b>	90	0	90	0	90	0	90	0
<b>19</b>	120	0	120	0	120	-150	120	-25
<b>20</b>	80	-300	80	-25	80	0	80	0
<b>21</b>	90	0	90	0	90	-125	90	-50
<b>22</b>	120	-250	120	-1050	120	-150	120	-550
<b>23</b>	90	0	90	-75	90	0	90	-50
<b>24</b>	100	0	100	0	100	0	100	0
<b>25</b>	120	-150	120	-50	120	0	120	-75
<b>26</b>	80	-300	80	0	80	-150	80	0
<b>27</b>	110	-250	110	-50	110	0	110	0
<b>28</b>	80	0	80	0	80	0	80	-25
<b>29</b>	100	0	100	0	100	-150	100	0
<b>30</b>	110	-300	110	-25	110	-175	110	0
<b>31</b>	100	-300	100	0	100	0	100	-50
<b>32</b>	90	0	90	0	90	-175	90	-75
<b>33</b>	90	-150	90	0	90	0	90	0
<b>34</b>	100	0	100	0	100	-125	100	0
<b>35</b>	120	-250	120	-25	120	0	120	0
<b>36</b>	120	0	120	-1050	120	-150	120	-550
<b>37</b>	110	0	110	-75	110	0	110	0
<b>38</b>	80	-300	80	-50	80	0	80	0
<b>39</b>	110	0	110	-50	110	-150	110	-50
<b>40</b>	80	-250	80	0	80	-150	80	-25

Terzo Esperimento

Condizione “Doppio – LOSE”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>		<b>D</b>	
<b>N° carta</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>	<b>Evento certo</b>	<b>Evento Contingente</b>
1	-90	0	-90	0	-90	0	-90	0
2	-110	25	-110	125	-110	25	-110	300
3	-120	550	-120	175	-120	1050	-120	250
4	-90	0	-90	0	-90	0	-90	0
5	-100	50	-100	150	-100	50	-100	250
6	-110	0	-110	0	-110	0	-110	0
7	-120	50	-120	150	-120	50	-120	150
8	-100	0	-100	0	-100	0	-100	0
9	-80	0	-80	0	-80	0	-80	0
10	-80	75	-80	150	-80	75	-80	300
11	-110	0	-110	175	-110	0	-110	0
12	-100	75	-100	0	-100	0	-100	150
13	-90	0	-90	0	-90	75	-90	250
14	-80	550	-80	125	-80	1050	-80	0
15	-100	0	-100	150	-100	50	-100	250
16	-110	50	-110	150	-110	0	-110	0
17	-120	50	-120	0	-120	50	-120	300
18	-90	0	-90	0	-90	0	-90	0
19	-120	25	-120	150	-120	0	-120	0
20	-80	0	-80	0	-80	25	-80	300
21	-90	50	-90	125	-90	0	-90	0
22	-120	550	-120	150	-120	1050	-120	250
23	-90	50	-90	0	-90	75	-90	0
24	-100	0	-100	0	-100	0	-100	0
25	-120	75	-120	0	-120	50	-120	150
26	-80	0	-80	150	-80	0	-80	300
27	-110	0	-110	0	-110	50	-110	250
28	-80	25	-80	0	-80	0	-80	0
29	-100	0	-100	150	-100	0	-100	0
30	-110	0	-110	175	-110	25	-110	300
31	-100	50	-100	0	-100	0	-100	300
32	-90	75	-90	175	-90	0	-90	0
33	-90	0	-90	0	-90	0	-90	150
34	-100	0	-100	125	-100	0	-100	0
35	-120	0	-120	0	-120	25	-120	250
36	-120	550	-120	150	-120	1050	-120	0
37	-110	0	-110	0	-110	75	-110	0
38	-80	0	-80	0	-80	50	-80	300
39	-110	50	-110	150	-110	50	-110	0
40	-80	25	-80	150	-80	0	-80	250

Terzo Esperimento

Condizione “Singolo – WIN”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
N° carta	Evento certo	Evento certo	Evento certo	Evento certo
1	90	90	90	90
2	-190	85	-15	85
3	-130	-930	-55	-430
4	90	90	90	90
5	-150	50	-50	50
6	110	110	110	110
7	-30	70	-30	70
8	100	100	100	100
9	80	80	80	80
10	-220	5	-70	5
11	110	110	-65	110
12	-50	100	100	25
13	-160	15	90	90
14	80	-970	-45	-470
15	-150	50	-50	100
16	110	110	-40	60
17	-180	70	120	70
18	90	90	90	90
19	120	120	-30	95
20	-220	55	80	80
21	90	90	-35	40
22	-130	-930	-30	-430
23	90	15	90	40
24	100	100	100	100
25	-30	70	120	45
26	-220	80	-70	80
27	-140	60	110	110
28	80	80	80	55
29	100	100	-50	100
30	-190	85	-65	110
31	-200	100	100	50
32	90	90	-85	15
33	-60	90	90	90
34	100	100	-25	100
35	-130	95	120	120
36	120	-930	-30	-430
37	110	35	110	110
38	-220	30	80	80
39	110	60	-40	60
40	-170	80	-70	55

Terzo Esperimento

Condizione “Singolo – LOSE”

<b>Mazzo</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
N° carta	Evento certo	Evento certo	Evento certo	Evento certo
1	-90	-90	-90	-90
2	-85	15	-85	190
3	430	55	930	130
4	-90	-90	-90	-90
5	-50	50	-50	150
6	-110	-110	-110	-110
7	-70	30	-70	30
8	-100	-100	-100	-100
9	-80	-80	-80	-80
10	-5	70	-5	220
11	-110	65	-110	-110
12	-25	-100	-100	50
13	-90	-90	-15	160
14	470	45	970	-80
15	-100	50	-50	150
16	-60	40	-110	-110
17	-70	-120	-70	180
18	-90	-90	-90	-90
19	-95	30	-120	-120
20	-80	-80	-55	220
21	-40	35	-90	-90
22	430	30	930	130
23	-40	-90	-15	-90
24	-100	-100	-100	-100
25	-45	-120	-70	30
26	-80	70	-80	220
27	-110	-110	-60	140
28	-55	-80	-80	-80
29	-100	50	-100	-100
30	-110	65	-85	190
31	-50	-100	-100	200
32	-15	85	-90	-90
33	-90	-90	-90	60
34	-100	25	-100	-100
35	-120	-120	-95	130
36	430	30	930	-120
37	-110	-110	-35	-110
38	-80	-80	-30	220
39	-60	40	-60	-110
40	-55	70	-80	170



## References

- Ahn, W.-Y., Busemeyer, J., Wagenmakers, E.-J., & Stout, J. (2008). Comparison of Decision Learning Models Using the Generalization Criterion Method. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, *32*(8), 1376–1402.
- Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe?* New York: Oxford University Press.
- Bechara, A., & Damasio, A. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and Economic Behavior*, *52*(2), 336–372.
- Bechara, A., Damasio, A., Damasio, H., & Anderson, S. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, *50*, 7–15.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, *275*, 1293–1295.
- Bechara, A., Tranel, D., & Damasio, H. (2000). Characterization of the decision-making deficit of patients with ventromedial prefrontal cortex lesions. *Brain*, *123*, 2189–2202.
- Berns, G., & Sejnowski, T. (1995). A model of basal ganglia function unifying reinforcement learning and action selection. In *Proceedings of the joint symposium on neural computation* (pp. 129–148).
- Bo, P. (2005). Cooperation under the shadow of the future: experimental evidence from infinitely repeated games. *The American economic review*, *95*(5), 1591–1604.
- Camerer, C. F. (2003). *Behavioral game theory*. Princeton University Press.
- Camerer, C. F., Loewenstein, G., & Prelec, D. (2004). Neuroeconomics: Why economics needs brains. *The Scandinavian Journal of Economics*, *106*(3), 555–579.
- Camerer, C. F., Loewenstein, G., & Prelec, D. (2005). Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economics. *Journal of Economic Literature*, *43*(1), 9–64.
- Chiu, Y.-C., Lin, C.-H., Huang, J.-T., Lin, S., Lee, P.-L., & Hsieh, J.-C. (2008). Immediate gain is long-term loss: Are there foresighted decision makers in the Iowa Gambling Task? *Behavioral and Brain Functions*, *4*, 13.
- Crone, E., Bunge, S., Latenstein, H., & Molen, M. W. van der. (2005). Characterization of children’s decision making: sensitivity to punishment frequency, not task complexity. *Child neuropsychology : a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*, *11*(3), 245–63.
- Damasio, A. (1994). *L’errore di cartesio*. Adelphi.
- Dunn, B. D., Dalgleish, T., & Lawrence, A. D. (2006). The somatic marker hypothesis: a critical evaluation. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *30*(2), 239–71.
- Erev, I., & Barron, G. (2005). On adaptation, maximization, and reinforcement learning among cognitive strategies. *Psychological review*, *112*(4), 912–31.

- Erev, I., & Roth, A. (1998). Predicting how people play games: Reinforcement learning in experimental games with unique, mixed strategy equilibria. *American Economic Review*, *88*(4), 848–881.
- Erev, I., & Roth, A. (2001). On simple reinforcement learning models and reciprocity in the prisoner dilemma game. In G. Gigerenzer & R. Selten (Eds.), *The adaptive toolbox*. MIT Press.
- Estes, W. K. (1964). Probability learning. In A. W. Melton (Ed.), *Categories of human learning* (pp. 89–128). Academic Press.
- Estes, W. K. (1976). The cognitive side of probability learning. *Psychological Review*, *83*, 37–64.
- Fiorillo, C. D., Tobler, P. N., & Schultz, W. (2003). Discrete coding of reward probability and uncertainty by dopamine neurons. *Science*, *299*, 1898–1902.
- Fodor, J. (1983). *The modularity of mind: an essay in faculty psychology*. MIT Press.
- Frank, M. J. (2005). Dynamic dopamine modulation in the basal ganglia: A neurocomputational account of cognitive deficits in medicated and non-medicated parkinsonism. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *17*, 51–72.
- Frank, M. J., & Claus, E. D. (2006). Anatomy of a decision: striato-orbitofrontal interactions in reinforcement learning, decision making, and reversal. *Psychological review*, *113*(2), 300–26.
- Frank, M. J., Moustafa, A. a, Haughey, H. M., Curran, T., & Hutchison, K. E. (2007). Genetic triple dissociation reveals multiple roles for dopamine in reinforcement learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*(41), 16311–6.
- Frith, U., & Frith, C. D. (2003). Development and neurophysiology of mentalizing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *358*(1431), 459.
- Fum, D., Napoli, A., & Stocco, A. (2008). Somatic Markers and Frequency Effects: Does emotion really play a role on decision making in the Iowa Gambling Task? In V. Sloutsky, B. Love, & K. McRae (Eds.), *Proceedings of the 30th annual conference of the cognitive science society* (pp. 1203–1208).
- Gallagher, H. L., Jack, A., A-Roepstorff, & Frith, C. D. (2002). Imaging the Intentional Stance in a Competitive Game. *NeuroImage*, *16*(3), 814–821.
- Gonzalez, C., Lerch, F. L., & Lebiere, C. (2003). Instance-based learning in dynamic decision making. *Cognitive Science*, *27*(4), 591–635.
- Guth, W., Schmittberger, R., & Schwarze, B. (1982). An experimental analysis of ultimatum bargaining. *Journal of Economic Behavior and Organization*, *3*, 367–388.
- Haruno, M., & Kawato, M. (2009). Activity in the superior temporal sulcus highlights learning competence in an interaction game. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, *29*(14), 4542–7.
- Hill, E. L., Sally, D., & Frith, U. (2003). Does mentalising ability influence co-

- operative decision-making in a social dilemma? *Journal of Consciousness Studies*(11), 144–161.
- James, W. (1884). What is an emotion? *Mind*, 9, 188–205.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–291.
- Krueger, F., Grafman, J., & McCabe, K. (2008). Neural correlates of economic game playing. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 363(1511), 3859–74.
- Lebiere, C., & West, R. (1999). A dynamic act-r model of simple games. In *Proceedings of the twenty-first conference of the cognitive science society* (pp. 296–301). Erlbaum.
- Lee, D., McGreevy, B. P., & Barraclough, D. J. (2005). Learning and decision making in monkeys during a rock-paper-scissors game. *Brain research. Cognitive brain research*, 25(2), 416–30.
- Lin, C.-H., Chiu, Y.-C., Lee, P.-L., & Hsieh, J.-C. (2007). Is deck B a disadvantageous deck in the Iowa Gambling Task? *Behavioral and Brain Functions*, 3, 16.
- Luce, R. D., & Suppes, P. (1965). Preference, utility, and subjective probability. In R. D. Luce, R. R. Bush, & E. Galanter (Eds.), *Handbook of mathematical psychology* (pp. 249 – 410). Wiley.
- McClure, S. M., Laibson, D. I., Loewenstein, G., & Cohen, J. D. (2004). Separate neural systems value immediate and delayed monetary rewards. *Science*, 306, 503–507.
- Napoli, A. (2007). *Valori attesi, appetibilità e frequenza delle perdite: una nuova interpretazione dei processi di scelta nell'Iowa Gambling Task*. Unpublished master's thesis, Dipartimento di Psicologia dell'Università di Trieste, Trieste.
- Napoli, A., & Fum, D. (2009). Applying Occam's razor to paper (and rock and scissors, too): Why simpler models are sometimes better. In A. Howes, D. Peebles, & R. Cooper (Eds.), *Proceedings of the 9th international conference on cognitive modeling - iccm2009*. Manchester, UK.
- Napoli, A., & Fum, D. (2010a). Mentalizing in games: A subtractive behavioral study of Prisoner's Dilemma. In S. Ohlsson & R. Catrambone (Eds.), *Proceedings of the 32nd annual conference of the cognitive science society* (pp. 338–343). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Napoli, A., & Fum, D. (2010b). Rewards and punishments in iterated decision making: An explanation for the frequency of the contingent event effect. In D. D. Salvucci & G. Gunzelmann (Eds.), *Proceedings of the 10th international conference on cognitive modeling* (pp. 175–180). Philadelphia, PA: Drexel University.
- Neumann, J. von, & Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press.
- Rapoport, A., & Budescu, D. V. (1997). Randomization in individual choice behavior. *Psychological Review*, 104(3), 603–617.
- Rapoport, A., & Chammah, A. (1966). The game of chicken. *American Behavioral Scientist*, 10(3), 10–28.



- Rapoport, A., & Mowshowitz, A. (1966). Experimental studies of stochastic models for the prisoner's dilemma. *Behavioral Science*, *11*, 444 – 458.
- Rilling, J. K., Sanfey, A. G., Aronson, J. a, Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2004). The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *NeuroImage*, *22*(4), 1694–703.
- Sally, D. (2003). Dressing the mind properly for the game. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, *358*(1431), 583–92.
- Sanfey, A. G., Rilling, J. K., A., A. J., E., N. L., & Cohen, J. D. (2003). The neural basis of economic decision making in the ultimatum game. *Science*(300), 1755–1758.
- Schneider, J. W. (1973). Reinforcer effectiveness as a function of re inforcer rate and magnitude: A comparison of concurrent performances. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *20*, 461 – 471.
- Singer, T., Kiebel, S. J., Winston, J. S., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Brain responses to the acquired moral status of faces. *Neuron*, *41*, 653 – 662.
- Stewart, T. C. (2007). *A methodology for computational cognitive modelling*. Unpublished doctoral dissertation, Institute of Cognitive Science, Carleton University, Ottawa, Ontario.
- Stocco, A., Fum, D., & Napoli, A. (2009). Dissociable processes underlying decisions in the Iowa Gambling Task: a new integrative framework. *Behavioral and brain functions*, *5*, 1.
- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). *Reinforcement learning: An introduction*. Cambridge, MA: Oxford University Press.
- Thorndike, E. L. (1898). Animal intelligence: an experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Review Monograph Supplement*, *2*(8), 1–109.
- West, R. (1999). Simple games as dynamic distributed systems. In *Proceedings of the complex games workshop*. Electrotechnical Laboratory Machine Inference Group.
- West, R. L., & Lebiere, C. (2001). Simple games as dynamic, coupled systems: Randomness and other emergent properties. *Cognitive Systems Research*, *1*(4), 221–239.
- Whittle, P. (1980). Multi-armed bandits and the gittins index. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, *42*(2), 143–149.