

Corso di laurea: *Informatica*  
Anno accademico: 2013/2014

*Insegnamento:*  
*Ingegneria della Conoscenza*  
*e Sistemi Esperti*  
Prof.ssa Floriana Esposito

Caso di studio:  
“Perudo: un sistema esperto  
capace di vincere ai dadi”

Autori:  
Marcello Mancarella - matricola 592739  
Gianvito Taneburgo - matricola 587645

# Indice

Introduzione .....	2
Regolamento di Perudo .....	3
Commento al gioco .....	6
Dalla teoria alla pratica .....	7
Knowledge acquisition .....	9
Modello statistico-matematico .....	10
Processo di reasoning del sistema .....	13
Una mano con l'esperto .....	15
Sviluppi futuri .....	20

## *Introduzione*

Il caso di studio scelto è consistito nella realizzazione di un sistema esperto nel gioco di dadi e di bluff denominato *Perudo*, anche noto all'estero come *Liar's dice*.

Il sistema è in grado di giocare intere partite ed è stato ideato per poter essere utilizzato da qualunque persona che conosca le regole del gioco. Agli utilizzatori del sistema non viene richiesta alcuna esperienza pregressa con *Perudo*, pertanto il *target* del sistema include sia giocatori novizi che veterani. Il sistema potrà essere efficacemente utilizzato come *trainer* da coloro che si avvicinano per la prima volta al gioco e come degno rivale da coloro già in possesso di forti strategie e tattiche vincenti.

L'interfaccia grafica del gioco e il linguaggio utilizzato dal sistema adoperano il lessico specifico del dominio applicativo. Per tale ragione, prima di illustrare i dettagli del sistema e le sue caratteristiche, si ritiene opportuno riportare il regolamento del gioco. La sua conoscenza è l'unico prerequisito richiesto agli utilizzatori del sistema.

## *Regolamento di Perudo*

Il regolamento di seguito presentato è tratto dall'edizione italiana dell'editore Piatnik.

Sono state apportate piccolissime modifiche per far aderire meglio il sistema realizzato al gioco presentato e per chiarire alcune regole.

### Obiettivo

Il giocatore che rimane solo in gioco con uno o più dadi vince la partita.

### Svolgimento del gioco

All'inizio della partita **ogni** giocatore prende 5 dadi. La partita dura un certo numero di turni, ogni turno può durare più giri. Il turno inizia con la dichiarazione di un giocatore e termina quando un giocatore perde un dado. All'inizio del turno tutti i giocatori lanciano i propri dadi. I dadi non possono essere toccati **fino alla fine del turno**. Ogni giocatore guarda **solo i propri** che **nasconde** agli avversari.

I numeri da 2 a 6 sono presi in considerazione per il loro valore. Al posto del numero 1 c'è una **Testa di Lama** che è Jolly.

Il giocatore che inizia il primo turno della partita viene scelto in modo casuale.

Il giocatore di turno sceglie un numero e dichiara ad alta voce quante volte, secondo lui, questo risulta presente sui dadi di tutti i giocatori; può scommettere su una quantità inferiore alle proprie aspettative per essere sicuro di non esporsi. Nel formulare la dichiarazione deve considerare due cose:

- quanti dadi sono in gioco;
- le Teste di Lama valgono come Jolly.

*Esempio: Marco ha ottenuto: due 4, un 5, un 2 ed una Testa di Lama (Jolly). È l'inizio di una partita con sei giocatori: ci sono trenta dadi in gioco. Marco può scommettere che un determinato numero è presente almeno otto volte (si sommano anche i Jolly) con buone probabilità di non esagerare o, se vuole rischiare, può scommettere che un determinato numero è presente almeno nove volte.*

Dopo la dichiarazione di un giocatore, tocca al giocatore a sinistra. Questo ha due possibilità:

- credere che la dichiarazione è corretta e **rilanciare**;
- credere che la dichiarazione è eccessiva e fermare il gioco dicendo **"Dudo"**.

### Rilanciare

Se il giocatore precedente ha scommesso su un **numero**, il giocatore alla sua sinistra deve rilanciare dichiarando una di queste cose:

- un **numero qualsiasi** è presente un numero di volte **maggiore** di quanto appena dichiarato;
- un **numero superiore** è presente un numero di volte **uguale o maggiore** di quanto appena dichiarato;

*Esempio: Marco ha appena dichiarato: “Ci sono almeno otto 4”. Lucio ritiene giusto rilanciare, egli ha la possibilità di dichiarare che un numero qualsiasi è presente almeno nove volte oppure che il 5 o il 6 è presente almeno otto volte.*

- la Testa di Lama è presente un numero di volte uguale o maggiore: alla **metà** di quanto appena dichiarato (se si tratta di una quantità **pari**) oppure al numero **intero superiore alla metà** di quanto appena dichiarato (se si tratta di una quantità **dispari**).

*Esempio: Lucio rilancia e scommette su nove 4. Elena pensa che l'unica alternativa è scommettere sui Jolly, ma tituba perché dovrebbe dichiarare “Almeno cinque Teste di Lama”.*

Se il giocatore ha scommesso sulle **Teste di Lama**, il giocatore alla sua sinistra deve rilanciare dichiarando una di queste cose:

- le **Teste di Lama** sono presenti un numero di volte **maggiore** di quanto appena dichiarato;
- un **numero qualsiasi** è presente un numero di volte **uguale o maggiore al doppio più uno** di quanto appena dichiarato.

*Esempio: Elena ha dichiarato: “Cinque Teste di Lama”. Tocca a Fulvio che può rilanciare con sei o più Teste di Lama oppure con undici o più di un numero qualsiasi.*

I giocatori **possono bluffare**. Un giocatore può ritenere opportuno rilanciare su un determinato numero anche se non ha né quel numero né Teste di Lama.

### Dudo

Se un giocatore ritiene che il giocatore precedente abbia dichiarato una quantità troppo alta di un determinato numero (si contano anche le Teste di Lama) o di Teste di Lama, può fermare il gioco per smentirlo dicendo “Dudo” (dallo spagnolo dubito). Il giocatore che ha dubitato solleva il proprio bicchiere e mostra i dadi, gli avversari fanno lo stesso in senso orario. Si conta quante volte ricorre il risultato della dichiarazione fino a provare chi ha ragione. Se si scopre che il risultato in questione ricorre un numero di volte uguale o maggiore di quanto appena dichiarato dal giocatore, **chi ha dubitato** perde un dado. In caso contrario **il giocatore che ha fatto la dichiarazione** perde un dado.

*Esempio: Fulvio ha scommesso su undici 4, Carlo dice “Dudo”. Si contano i 4 (comprese le Teste di Lama) e si scopre che ce ne sono nove; Fulvio perde un dado.*

Con la verifica e la conseguente perdita di un dado il turno finisce. Il giocatore che ha perso il dado inizia il nuovo turno. Se un giocatore ha perso il suo ultimo dado, esce dal gioco ed il giocatore alla sua sinistra inizia il nuovo turno.

### Sollevare i bicchieri

I giocatori devono sollevare i propri bicchieri in senso orario, inizia il giocatore che ha fermato il gioco. Se prima che tutti abbiamo mostrato i propri dadi si scopre che la dichiarazione è giusta, **non** è necessario che i restanti giocatori mostrino i propri dadi. Questi

conservano il vantaggio di non dover mostrare quanti dadi hanno ancora e non dover rivelare la propria strategia.

#### Dadi eliminati

I dadi eliminati dal gioco **devono essere nascosti** nel sacchetto; **non** si possono contare durante la partita.

#### Teste di Lama

Le Teste di Lama sono **sempre contate insieme al numero scelto dal giocatore che ha effettuato l'ultima dichiarazione** o per conto proprio se si è scommesso su di esse. Non si può iniziare un turno scommettendo sulle Teste di Lama.

#### Palifico

Quando un giocatore rimane per la prima volta con un solo dado, deve dichiararsi “Palifico”. Il giocatore inizia il turno successivo come al solito, ma gli avversari possono solo rilanciare o dubitare. **Non si può cambiare il numero** su cui si scommette.

Importante: Durante il turno in cui un giocatore si dichiara Palifico, la Teste di Lama **perde la sua funzione di Jolly**, è trattata nelle dichiarazioni come qualsiasi altro numero. Il giocatore può iniziare il turno scommettendo sulle Teste di Lama.

Nel turno in cui un giocatore si dichiara “Palifico”, i giocatori che hanno un solo dado, possono cambiare il numero su cui si sta giocando.

*Esempio: Elena si è dichiarata Palifico e ha scommesso su due 4, Fulvio rilancia con tre 4. Carlo ha un solo dado (un 5) e decide di dichiarare: “Tre 5”. Da questo momento i giocatori successivi devono giocare sul 5. Un altro giocatore con un solo dado, può cambiare ancora numero.*

Nota: quando sono rimasti in gioco solo **due giocatori, la regola del Palifico non si applica.**

#### Fine della partita

Quando un giocatore resta l'unico con almeno un dado, la partita termina e questo è dichiarato vincitore.

## *Commento al gioco*

Come si è potuto evincere dal regolamento e come si comprenderà dopo le prime partite giocate, *Perudo* è, in realtà, un gioco più complesso di quanto si possa pensare.

Per molti tratti è simile al *Poker*, infatti è possibile scorgere alcune analogie. In entrambi i giochi ogni partecipante possiede una conoscenza limitata di quanto succede: nel *Poker* ciascuno conosce solo le proprie carte, in *Perudo* solo i propri dadi, ma ogni giocatore, per vincere, deve provare a intuire la situazione dell'avversario. In entrambi i giochi è possibile bluffare per impedire agli avversari di inferire informazioni corrette sul proprio conto: questo genera un *tradeoff* tra i rischi che il giocatore si assume e i vantaggi che gli possono fruttare nel fuorviare gli avversari.

Il gioco, comunque, è equo. Ogni partecipante inizia con lo stesso numero di dadi, per poi perderli durante il corso della partita, complicando sempre di più la propria situazione: sarà infatti più difficile fare scommesse esatte, poiché si avranno sempre meno informazioni a disposizione.

*Perudo* è aperto a moltissime strategie di gioco, rendendo le partite divertenti e mai uguali. Nel complesso presenta un appagante grado di sfida: le partite tra professionisti sono vere e proprie battaglie psicologiche in cui, quasi mai, si vince per caso.

La componente fortuna innegabilmente esiste, come in ogni gioco di dadi, ma quasi mai un *outsider* messo tra esperti del gioco riesce a spuntarla, a meno di ripetuti colpi di fortuna.

Un fattore certamente interessante è che non esiste alcun procedimento algoritmico per vincere una partita: le variabili in gioco sono innumerevoli, il comportamento degli avversari è tendenzialmente imprevedibile, le strategie illimitate.

In virtù di quanto detto, riprendendo dalla teoria dei giochi la classificazione adoperata per etichettare giochi di varia natura, *Perudo* si riconduce alla tipologia di gioco stocastico ad informazione imperfetta.

## *Dalla teoria alla pratica*

L'assenza di una soluzione algoritmica ha imposto dei vincoli allo sviluppo del sistema. È emersa subito l'esigenza di un ambiente che fosse inerentemente interpretato e capace di far fronte dinamicamente a diverse situazioni possibili, svincolandosi dalla logica della programmazione imperativa. Per tale motivo il sistema fa utilizzo nel suo *core* di un *production system* che, in base a regole predeterminate, calcola la mossa migliore da eseguire in ogni contesto di gioco.

Il sistema, dotato di una semplice ma usabile interfaccia grafica, è stato sviluppato in *Java* (versione 7). Per poter calcolare le scommesse da suggerire o eseguire, il sistema adopera l'API del noto *rule engine Jess*, ispirato dal più celebre *CLIPS*. La pagina ufficiale dedicatagli è consultabile al seguente indirizzo: <http://herzberg.ca.sandia.gov/>

Tra i vari sistemi a regole è stato scelto *Jess* per via della sua versatilità e facilità di integrazione con *Java*, che ha permesso, in fase di sviluppo, di poter agevolmente integrare oggetti istanze di classi *Java*, necessari al sistema, con l'ambiente interpretato.

Fin dalla sua prima bozza, era stato previsto per il gioco un meccanismo che permettesse di differenziare il grado di difficoltà. Nella versione conclusiva il sistema prevede tre livelli: facile, normale e difficile. Ciascun utente può selezionare quello più consono alle proprie capacità o magari cimentarsi in sfide ad un livello superiore al proprio, rendendo il gioco più avvincente. Il livello di difficoltà scelto influisce sia sull'interfaccia grafica del gioco, sia sulla effettiva forza degli avversari. All'aumentare della difficoltà, infatti, diventano sempre meno le informazioni mostrate all'utente, che dovrà quindi effettuare un maggiore sforzo di memoria. Inoltre, le mosse calcolate dal sistema diventano più accurate, poiché maggiori sono le statistiche raccolte sugli avversari e più accurate sono le formule impiegate.

Tre sono anche le tipologie di utenti che possono prendere parte al gioco sviluppato: utente fisico, giocatore artificiale autonomo, giocatore fisico guidato esternamente.

L'utente fisico è colui che, dietro la tastiera, utilizza il sistema. Egli configura le impostazioni della partita ed è libero di giocare autonomamente o farsi consigliare dal sistema quando lo ritiene opportuno. Il giocatore artificiale autonomo, invece, effettua le scommesse che il sistema calcola per lui. Infine, il giocatore fisico guidato esternamente è un avversario incapace di avvalersi dei consigli del sistema: l'utente fisico dovrà manualmente, giro dopo giro, inserire le scommesse per lui. Quest'ultima tipologia di utente è stata introdotta per conferire maggiore utilità pratica al sistema, infatti esso potrebbe essere utilizzato come ausilio da un utente che si trova a giocare contro una serie di avversari in carne ed ossa. L'utente dovrà inserire via via le scommesse fatte dagli altri giocatori e potrà avvalersi dell'aiuto del sistema quanto giungerà il suo momento. Il sistema passa quindi da essere *trainer* ad essere *supporter*.

Ad una partita del sistema sviluppato, pertanto, partecipano l'utente fisico ed un numero arbitrario di giocatori artificiali e giocatori fisici esterni, nell'ordine che si preferisce.

Riguardo i giocatori, è bene precisare come le informazioni inerenti una persona sono



ripartite in due categorie: informazioni persistenti e informazioni temporanee. Le informazioni persistenti sono memorizzate su file e comprendono nome, sesso, tipologia del giocatore, avatar, numero di scommesse fatte, numero di scommesse esatte, percentuale di bluff, ecc. Queste vengono aggiornate nel corso di una sessione di gioco e, a discrezione dell'utente, salvate ed aggiornate. L'insieme di queste informazioni costituisce un profilo del giocatore. Le informazioni temporanee, invece, sono proprie di una partita in corso e comprendono dadi posseduti, scommesse effettuate, rappresentazione della situazione degli avversari, numero di Dudo effettuati, ecc. Queste informazioni vengono inizializzate ad ogni nuova partita.

Per l'utente fisico tali statistiche vengono automaticamente collezionate, memorizzate ed aggiornate. Col passare del tempo, quindi il profilo dell'utente tracciato dal sistema tenderà ad aderire sempre più alla realtà.

Il *trainer*, in modo automatico, verifica le statistiche dell'utente all'avvio del sistema e imposta il livello di difficoltà in base alle capacità del giocatore.

Il sistema è, infine, multilingua (attualmente le lingue disponibili sono italiano ed inglese) e *cross-platform* (test estensivi sono stati fatti principalmente su *Windows*).

## *Knowledge acquisition*

Per poter elaborare una scommessa consona a qualunque situazione di una partita, il motore, nel *core* del sistema, necessita di regole da utilizzare e combinare per effettuare un processo di *reasoning*.

Le regole utilizzate dal sistema (circa una quindicina, escludendo dal conto la definizione di variabili globali, *template*, ecc.) sono la formalizzazione di una conoscenza proveniente da diverse fonti:

- 1) profili dei giocatori che hanno preso parte a partite nel passato;
- 2) profili dei giocatori che stanno disputando la partita;
- 3) conoscenza degli esperti, propria del dominio applicativo;
- 4) modello statistico-matematico per il calcolo delle probabilità e la manipolazione delle informazioni dei giocatori.

Come detto in precedenza, il sistema offre la possibilità di memorizzare i giocatori che hanno preso parte ad un incontro e caricarli in partite successive. Questa è la prima fonte di conoscenza utilizzata dal sistema. In fase di calcolo delle scommesse, infatti, le funzioni chiamate dalle regole terranno in considerazione l'abilità del giocatore precedente, ma anche di quello successivo. Tale fonte di conoscenza viene aggiunta al sistema in fase di avvio ed è opzionale, poiché potrebbero non esserci profili memorizzati.

La seconda fonte di conoscenza proviene dalle informazioni sui giocatori che il sistema raccoglie dinamicamente mentre si sta svolgendo una partita, in base alle scommesse effettuate e alle tendenze dei partecipanti. Inizialmente non è presente nel sistema, ma viene automaticamente aggiunta ed utilizzata col passare dei giri e combinata coi profili dei giocatori, se presenti. Il numero di informazioni raccolte cresce col livello di difficoltà di gioco selezionato, rendendo la conoscenza del sistema più ricca e le scommesse più accurate.

La terza fonte di conoscenza è propria del dominio applicativo e riguarda strategie di gioco vincenti e *best practice* di *Perudo*. È stata raccolta in diversi modi: formalizzando la conoscenza del gioco posseduta dai realizzatori di questo caso di studio, estrapolando informazioni con la tecnica del *thinking aloud* durante la simulazione di partite con esperti e, nella fase finale, con un procedimento di *inquisitive observation* che ha visto esperti del gioco cimentarsi in situazioni limite progettate *ad hoc*. Tale bagaglio di conoscenza viene caricato nel sistema ad ogni avvio e costituisce il fondamento per il suo modo di ragionare.

Infine vi è un modello statistico-matematico alla base, continuamente adoperato dal sistema per il calcolo delle probabilità delle scommesse. Esso è stato sviluppato cercando di semplificare la complessità del gioco, senza degradare nella qualità dei consigli. Per svilupparlo i realizzatori del caso di studio si sono avvalsi dei preziosi consigli del Professor Alberto Lanconelli, del Dipartimento di Matematica dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro, cui vanno sinceri ringraziamenti. Di seguito viene approfondito il modello.

## Modello statistico-matematico

Prima di definire la natura del modello può essere utile richiamare alla mente del Lettore alcune nozioni fondamentali del calcolo delle probabilità.

La probabilità di un qualunque evento è sempre compresa tra zero (indicante un evento impossibile) ed uno (indicante un evento certo).

I dadi utilizzati nel gioco hanno sei facce e non sono truccati. Dunque la probabilità che, a seguito di un lancio, compaia una qualunque faccia è di  $1/6$ .

Un altro concetto fondamentale da ricordare è quello della “distribuzione di Bernoulli”.

La distribuzione di Bernoulli (o binomiale) è una distribuzione discreta descrivente il numero di successi all'interno di un processo di Bernoulli. Il processo di Bernoulli è caratterizzato da esperimenti successivi ed indipendenti aventi due soli risultati: il successo o l'insuccesso.

Quantitativamente questi hanno valore pari a  $P(\text{successo}) = p$  e  $P(\text{insuccesso}) = q = (1 - p)$ .

La distribuzione, per esistere, richiede due parametri “n” e “p”, con “n” pari al numero di prove effettuate e “p” pari alla probabilità di successo di una singola prova.

La distribuzione di probabilità è:

$$P(k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{(n-k)}, \text{ con } \binom{n}{k} = \frac{n!}{k! (n-k)!} \text{ coefficiente binomiale.}$$

Utilizzando la distribuzione di probabilità di Bernoulli, il sistema calcola la probabilità di una scommessa (assimilabile alla sua veridicità).

Si supponga il seguente scenario: ci sono 3 giocatori, ognuno con 5 dadi in mano (15 dadi in gioco). Il primo giocatore scommette “almeno 3 volte 4”.

A questo punto il secondo giocatore dovrà provare a quantificare la veridicità della scommessa per capire se rilanciare o dubitare. Egli procederà in questo modo:

1. conterà quanti dadi con la stessa faccia della scommessa ha in proprio possesso (supponiamo X);
2. calolerà la probabilità che nei restanti dadi in gioco ci siano almeno  $(3 - x)$  dadi con faccia 4 o Teste di Lama (che ricordiamo essere Jolly).

Allo scenario di prima aggiungiamo che il secondo giocatore abbia i seguenti dadi [4 2 3 5 5]. Poiché il secondo giocatore ha un dado con faccia 4, vorrà conoscere la probabilità che nei restanti 10 dadi ci siano almeno 2 dadi con faccia 4 o Testa di Lama (si legga 2 successi sui 10 lanci degli avversari). Pertanto egli calolerà  $P(2)$ , utilizzando una distribuzione di Bernoulli  $B(10, (2/6))$ .

Un sistema che si limita a calcolare le probabilità delle scommesse in questo modo si rivelerebbe troppo debole. Il problema risiede nel fatto che, seguendo il procedimento appena descritto, ciascun giocatore calcolerebbe le probabilità delle papabili scommesse utilizzando esclusivamente le informazioni ricavabili dai propri dadi. Risulta chiaro come, invece, non è possibile trascurare le informazioni che un giocatore ricava dalle scommesse dei suoi avversari. Per tale motivo il modello necessitava di un'evoluzione, di un meccanismo

che permettesse ad ogni giocatore di inferire, a seguito di una scommessa fatta dall'avversario, quali dadi egli potesse avere in mano e utilizzare questa informazione al momento opportuno.

Si è perciò giunti a definire un modello predittivo per elaborare scommesse più accurate e rendere il sistema meno prevedibile.

L'assunzione di fondo è che scommesse molto rischiose (aventi cioè bassa probabilità) hanno contenuto informativo maggiore di quelle con probabilità elevata. Questo perché, ovviamente, quando un giocatore vuole bluffare, per occultare i propri dadi, deve farlo senza sbilanciarsi troppo. Scommesse molto rischiose, invece, sono sempre scaturite dalla certezza che un giocatore ha in virtù dei dadi che possiede.

A seguito della scommessa di un giocatore, tutti i suoi avversari provano ad inferire i dadi che egli ha in mano seguendo questo metodo:

1. ciascuno calcola la probabilità (veridicità) della scommessa ascoltata in base alle informazioni a lui note in quel momento (dadi in proprio possesso, profilo dell'avversario, eventuali dadi dell'avversario già predetti nella stessa mano);
2. ciascuno immaginerà di lanciare tanti dadi truccati quanti quelli in possesso dello scommettitore;
3. i dadi mostranti la faccia su cui è stata effettuata la scommessa saranno quelli che il giocatore inferisce sull'avversario.

La parte fondamentale del metodo predittivo è racchiusa nel secondo punto. I dadi virtuali che ogni giocatore lancerà saranno truccati in base alla scommessa che ha innescato la predizione. Infatti, la faccia scelta dallo scommettitore sarà pesata, nei dadi virtuali, in base al complementare della probabilità della scommessa stessa. Un esempio potrà chiarire il metodo.

Supponiamo che un partecipante (chiamato A) con 4 dadi scommette “almeno 11 volte 6” (con 18 dadi in gioco complessivamente). Gli avversari devono provare a inferire quali dadi egli ha in mano. Ciascuno calcolerà la probabilità della scommessa (supponiamo  $P$ ), ottenendo un numero abbastanza piccolo, poiché la scommessa è davvero azzardata. Ovviamente la probabilità calcolata differirà lievemente di giocatore in giocatore (chi ha due 6 in mano calcolerà una probabilità leggermente maggiore di chi non ha alcun 6). Ciascun avversario lancerà 4 dadi truccati, tanti quanti i dadi di A. Il peso della faccia 6 non sarà  $1/6$  (come in un comune dado), ma  $(1 - P)$ . Di conseguenza, poiché nell'esempio  $P$  era molto piccolo, la faccia 6 sarà pesata molto di più rispetto alle altre e, verosimilmente, comparirà più volte nel lancio virtuale dei dadi truccati. Ogni volta che comparirà un 6 su un dado truccato, il giocatore inferirà che A ha un 6.

Se, al contrario, A avesse scommesso “almeno 1 volta 2”, i suoi avversari avrebbero ottenuto una probabilità  $P$  della scommessa molto alta, prossima ad 1. Essi avrebbero immaginato di lanciare 4 dadi truccati con peso sulla faccia 2 pari a  $(1 - P)$ . Probabilmente il 2, a causa del suo peso prossimo allo 0, non sarebbe mai uscito. Nessuno avrebbe inferito che A potesse avere dei 2.

Da questo metodo scaturiscono alcune considerazioni. Innanzitutto, ciascun giocatore crea dadi virtuali con pesi diversi, poiché diverse sono le informazioni in proprio possesso. In secondo luogo, il lancio dei dadi virtuali è comunque soggetto al caso. Questa doppia variabilità fa sì che, in seguito ad una scommessa, ciascun giocatore inferirà sull'avversario un numero di dadi diverso dagli altri, proprio come nella realtà.

Poiché un turno può durare diversi giri, può succedere che un partecipante effettui più di una scommessa. I suoi avversari saranno chiamati a inferire i suoi dadi più di una volta e potrebbe succedere che essi gli stimino un gran numero di dadi. Giacché il numero dei dadi predetti, però, non può superare il numero dei dadi effettivamente posseduti da un giocatore, sorge dunque la necessità di definire un modo con il quale il sistema potesse gestire conflitti tra le varie previsioni. Il modello ha richiesto un'ulteriore evoluzione e sono state introdotte le Teste di Lama che rappresentano, in condizioni normali, qualunque valore compreso tra 2 e 6.

Nella versione attuale del sistema, quando vengono inferiti dei dadi, ma non c'è la possibilità di aggiungerli alla rappresentazione dell'avversario (perché è già stato inferito un numero di dadi pari a quello posseduto dal giocatore), sotto specifiche condizioni un dado a caso tra quelli inferiti si “trasforma” in Testa di Lama. Questa “trasformazione” avviene in maniera casuale e in modo da non far proliferare i Jolly.

Ad esempio, il giocatore A, con 4 dadi, scommette “almeno 5 volte 2”. Il giocatore B inferisce che A possa avere in mano due 2. In un secondo giro A scommette “almeno 7 volte 6” e B inferisce che A ha anche tre 6. La rappresentazione sarebbe [2, 2, 6, 6, 6], ma A ha solo 4 dadi. Il modello potrebbe correggere la rappresentazione in [2, L, 6, 6] oppure in [2, 2, 6, 6].

In fase di test il metodo ha rivelato un grado di mutabilità molto elevato che ha, di conseguenza, generato una serie di situazioni molto vicine al comportamento di un giocatore reale.

## Processo di reasoning del sistema

Il seguente paragrafo ha come obiettivo la descrizione del ragionamento che il motore del gioco segue nel calcolo della scommessa da restituire in output. Esso viene per comodità diviso in fasi successive: le regole appartenenti a ciascuna fase godono di una stessa *salience*. Tale *salience* decresce col procedere del ragionamento, in modo che le regole vengano applicate secondo il corretto ordine logico.

In un primo momento il sistema si preoccupa di avvalorare due variabili globali che rappresentano delle *threshold*. La prima soglia indica quanto un giocatore è incline a bluffare con la scommessa che sta per compiere (ove per bluffare si intende l'atto di scommettere su dadi non posseduti); la seconda soglia indica l'affidabilità che il giocatore si aspetta dalla scommessa (ove per affidabilità si intende il concetto complementare al rischio, ovvero scommessa statisticamente probabile). Se la scommessa che sarà processata è destinata ad un utente fisico allora sarà egli stesso ad indicare esplicitamente come avvalorare le soglie; se, invece, è per un giocatore artificiale allora le soglie saranno avvalorate in funzione delle caratteristiche del giocatore e della difficoltà della partita. Oltre a queste due soglie il sistema asserisce un fatto che descrive la situazione corrente del gioco. Nella versione corrente sono possibili tre situazioni:

- 1) *last bet* (ultima scommessa): due partecipanti rimasti in gioco, ciascuno con un dado;
- 2) *final blow* (colpo di grazia): due partecipanti rimasti in gioco; il giocatore per cui si calcola la scommessa ha più di un dado ed il suo avversario ne ha solo uno;
- 3) *normal* (normale): nessuno dei casi precedenti.

Dopo la prima fase il sistema prova ad applicare regole specifiche di alcune situazioni di gioco, ad esempio quando un avversario è Palifico o il giocatore ha un dado. Tali regole servono a ottimizzare le *threshold* per la situazione corrente.

Successivamente viene calcolata la probabilità di Dudo, ovvero quanto è improbabile l'ultima scommessa che è stata fatta nella partita (dal giocatore precedente a quello che ha innescato il sistema). Se la probabilità di Dudo è 1 (la scommessa, cioè, è matematicamente impossibile) allora il sistema ritorna "Dudo" come scommessa e termina il suo processo.

Se la probabilità è diversa da 1 allora il sistema deve calcolare le scommesse da suggerire. In base alla situazione stabilita nella prima fase vengono attivate specifiche regole (l'*heads up* richiede, infatti, uno stile di gioco completamente diverso). Le varie regole asseriscono uno o più fatti del tipo (*bet (face Y) (times X) (probability P) (bluff B)*). Un fatto del genere suggerisce che la scommessa almeno X volte Y ha probabilità P di essere vera e costituisce un bluff B per il giocatore (B e P sono valori compresi tra 0 e 1).

Dopo, il sistema valuta la bontà delle scommesse elaborate, vedendo quanto la loro probabilità e la loro percentuale di bluff si discostano dalle *threshold* fissate inizialmente. Maggiore è la distanza dalle soglie, minore sarà la bontà della scommessa. In questa fase vengono asseriti fatti del tipo (*possibleBet (face Y) (times X) (score S)*). S prossimi allo 0

suggeriscono mosse vincenti.

Il sistema procede quindi a selezionare la migliore mossa tra quelle disponibili, confrontando coppie di *possibleBets* ed eliminando la peggiore. La regola che sceglie la migliore scommessa viene eseguita ripetutamente fin quando non rimane una unica scommessa.

Infine, il sistema sceglie e restituisce la mossa migliore tra il Dudo, calcolato all'inizio, e la scommessa più appetibile, che ha superato il processo di selezione.

L'elenco delle regole attivate dal sistema permette di ricomporre il processo di *reasoning* seguito e di dare una giustificazione all'utente della scommessa elaborata, ovviamente in linguaggio naturale.

## *Una partita con l'esperto*

Per mostrare l'effettiva bontà delle scommesse calcolate dal sistema, si ritiene utile mostrare il risultato di un esperimento condotto.

È stato chiesto ad un giocatore esperto di giocare una partita contro 3 avversari guidati dal sistema, con difficoltà di gioco difficile. Ogni volta che giungeva il suo turno, l'esperto dapprima dichiarava quale scommessa avrebbe eseguito in assenza di un sistema che lo consigliasse (senza però immetterla nel gioco) e dopo chiedeva un consiglio al sistema, configurando i parametri di bluff e affidabilità, precedentemente illustrati, secondo le sue esigenze. Dopo aver ricevuto il consiglio, l'esperto poteva decidere se accettarlo e metterlo in atto oppure ignorarlo e seguire la propria strategia.

In questo modo è stato possibile quantificare il numero di suggerimenti esatti (consiglio del sistema uguale alla scommessa dell'esperto), il numero di suggerimenti accettabili (consiglio del sistema diverso dalla scommessa dell'esperto, ma comunque eseguito) ed altre metriche riportate alla fine del paragrafo. Si è consapevoli che tale esperimento non può assolutamente fornire alcuna evidenza statistica, poiché andrebbe ripetuto più volte al fine di costituire un campione rilevante, pur tuttavia i risultati ottenuti sono degni di nota e vengono presentati.

Segue la descrizione della partita condotta a fianco dell'esperto.

La lettera "L" sta per Testa di Lama.

### **Turno 1**

Dadi dell'esperto: 4 2 4 4 6

Esperto: Dichiarata almeno 5 4 - Suggerita almeno 7 4 - Eseguita almeno 5 4

Francesco: almeno 5 6

Claudio: almeno 6 5

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Claudio

### **Turno 2**

Dadi dell'esperto: 5 5 3 6 4

Claudio: almeno 1 5

Marta: almeno 4 5

Esperto: Dichiarata almeno 6 5 - Suggerita almeno 6 5 - Eseguita almeno 6 5

Francesco: almeno 3 L

Claudio: almeno 7 6

Marta: almeno 8 5

Esperto: Dichiarata Dudo - Suggerita almeno 9 5 - Eseguita Dudo

Esito: perde un dado Esperto



### Turno 3

Dadi dell'esperto: L 6 L 2

Esperto: Dichiarata almeno 5 6 - Suggesta almeno 9 3 - Eseguita 5 6

Francesco: almeno 6 6

Claudio: almeno 7 3

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Claudio

### Turno 4

Dadi dell'esperto: 2 6 6 2

Claudio: almeno 2 5

Marta: almeno 2 6

Esperto: Dichiarata almeno 4 6 - Suggesta almeno 6 6 - Eseguita almeno 6 6

Francesco: almeno 7 3

Claudio: almeno 7 5

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Claudio

### Turno 5

Dadi dell'esperto: 6 3 6 L

Claudio: almeno 1 6

Marta: almeno 1 L

Esperto: Dichiarata almeno 5 6 - Suggesta almeno 3 6 - Eseguita almeno 5 6

Francesco: Dudo

Esito: perde un dado Francesco

### Turno 6

Dadi dell'esperto: 4 6 L 6

Francesco: almeno 1 2

Claudio: almeno 1 3

Marta: almeno 2 5

Esperto: Dichiarata almeno 5 6 - Suggesta almeno 1 L - Eseguita almeno 5 6

Francesco: Dudo

Esito: perde un dado Francesco

### Turno 7

Dadi dell'esperto: 6 3 3 6

Francesco: almeno 1 5

Claudio: almeno 1 6

Marta: almeno 2 5

Esperto: Dichiarata almeno 3 6 - Suggesta almeno 2 6 - Eseguita almeno 3 6

Francesco: almeno 4 4

Claudio: almeno 4 6

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Marta

### Turno 8

Dadi dell'esperto: 5 L 5 4

Marta: almeno 2 5

Esperto: Dichiarata almeno 5 5 - Suggesta almeno 6 5 - Eseguita almeno 6 5

Francesco: Dudo

Esito: perde un dado Esperto

### Turno 9

Dadi dell'esperto: 4 6 6

Esperto: Dichiarata almeno 4 6 - Suggesta almeno 5 6 - Eseguita almeno 4 6

Francesco: Dudo

Esito: perde un dado Francesco

### Turno 10

Dadi dell'esperto: 3 5 6

Francesco: almeno 1 2

Claudio: almeno 1 6

Marta: almeno 2 6

Esperto: Dichiarata almeno 3 6 - Suggesta almeno 4 5 - Eseguita almeno 3 6

Francesco: Dudo

Esito: perde un dado Francesco

### Turno 11

Dadi dell'esperto: 5 6 5

Francesco: almeno 1 6

Claudio: almeno 2 6

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Marta

## Turno 12

Dadi dell'esperto: 6 5 5

Marta: almeno 1 6

Esperto: Dichiarata almeno 2 5 - Suggesta almeno 2 5 - Eseguita almeno 2 5

Francesco: almeno 3 4

Claudio: almeno 4 4

Marta: almeno 5 4

Esperto: Dichiarata Dudo - Suggesta Dudo - Eseguita Dudo

Esito: perde un dado Marta

## Turno 13

Dadi dell'esperto: 2 L 3

Marta: almeno 1 3

Esperto: Dichiarata almeno 3 3 - Suggesta almeno 1 5 - Eseguita almeno 1 5

Francesco: almeno 1 6

Claudio: almeno 2 3

Marta: almeno 1 L

Esperto: Dichiarata almeno 3 3 - Suggesta almeno 3 2 - Eseguita almeno 3 3

Francesco: Dudo

Esito: perde un dado Francesco

## Turno 14

Dadi dell'esperto: 2 4 6

Claudio: almeno 1 3

Marta: almeno 1 4

Esperto: Dichiarata almeno 2 4 - Suggesta almeno 1 6 - Eseguita almeno 2 4

Claudio: almeno 1 L

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Marta

## Turno 15

Dadi dell'esperto: 3 3 6

Marta: almeno 1 2

Esperto: Dichiarata almeno 2 2 - Suggesta Dudo - Eseguita almeno 2 2

Claudio: Dudo

Esito: perde un dado Claudio

## Turno 16

Dadi dell'esperto: 6 3 2

Claudio: almeno 1 6

Marta: Dudo

Esito: perde un dado Marta

## Turno 17

Dadi dell'esperto: 1 3 5

Esperto: Dichiarata almeno 2 5 - Suggesta almeno 2 5 - Eseguita almeno 2 5

Claudio: Dudo

Esito: perde un dado Claudio

Numero di scommesse fatte dall'esperto: 17

Numero di suggerimenti esatti del sistema: 4

Numero di suggerimenti accettabili del sistema: 3

Numero di scommesse non dubitate effettuate dall'esperto: 8

Numero di scommesse non dubitate effettuate dall'esperto dietro suggerimento: 4

Numero di scommesse non dubitate effettuate dall'esperto autonomamente: 4

Numero di scommesse giustamente dubitate all'esperto autonomamente: 0

Numero di scommesse giustamente dubitate indotte dal sistema all'esperto: 1

Nella partita svolta l'esperto è stato chiamato a scommettere 17 volte.

4 volte il sistema ha consigliato esattamente la scommessa che l'esperto aveva intenzione di fare ed altre 3 volte ha consigliato una scommessa che l'esperto ha accettato ed eseguito, sebbene fosse diversa da quella che aveva inizialmente in mente. Negli altri 10 casi la scommessa suggerita, sebbene fosse plausibile, è stata ignorata e l'esperto ha preferito seguire la propria strategia.

Delle 17 scommesse fatte, solo 8 sono state successivamente rilanciate (le altre 9 sono state Dudo al giocatore precedente o scommesse che hanno indotto al Dudo il successivo).

Di conseguenza, di queste 8 scommesse fatte dall'esperto e non rilanciate, una metà è stata suggerita dal sistema e l'altra è stata opera dell'esperto. Il risultato è davvero incoraggiante.

Infine, si fa notare come l'esperto abbia perso 2 dadi nel corso della partita. Uno a causa di una scommessa errata suggeritagli dal sistema e l'altro a causa di una scommessa troppo azzardata che l'esperto ha eseguito nonostante il sistema gli avesse consigliato di dubitare.

## Sviluppi futuri

Il caso di studio appena presentato, sebbene già offra un appagante livello di sfida, come è emerso dal *feedback* raccolto con chi ha avuto la pazienza di provarlo (cui vanno sentiti ringraziamenti), è sicuramente migliorabile. Si può certamente raffinare ulteriormente il modello statistico-matematico, che è stato volutamente semplificato, poiché la sua realizzazione non era l'interesse primario di questo caso di studio. Con un modello più complesso (e dispendioso in termini computazionali) certamente ci sarebbero scommesse più accurate. Innegabile è la generale assenza di progettazione a lungo termine del sistema: solo in poche occasioni, infatti, il sistema elabora una sequenza precisa di mosse che lo conduca alla vittoria. Tendenzialmente, invece, persegue l'obiettivo dell'ottimo locale e non quello dell'ottimo globale. Questa pecca si rivela ininfluyente nella maggior parte dei casi, ma a volte costituisce un limite, specie contro i giocatori più esperti. Si potrebbero anche aggiungere delle specifiche strategie di gioco che diversifichino il comportamento del sistema. È verosimile pensare che, a lungo andare, un utente reale possa iniziare a comprendere il modo di giocare del sistema e prendere delle contromisure.

Oltre ai suddetti miglioramenti, il gioco si presta ad essere espanso in diverse direzioni. Di seguito se ne elencheranno alcune:

- 1) attualmente il gioco è manovrato interamente da un solo utente che, in caso di avversari umani, dovrà inserire manualmente scommesse e dadi posseduti: si potrebbero arricchire le dinamiche di gioco per supportare sfide in *multiplayer online*;
- 2) attualmente non vengono memorizzate le partite svolte nel sistema: si potrebbero invece registrare e memorizzare in un *database*, che potrebbe diventare una nuova fonte di conoscenza ed addestrare il sistema in maniera sempre più raffinata con il passare del tempo (si potrebbe anche configurare il sistema affinché giochi in autonomia, con soli giocatori artificiali, un grandissimo numero di partite, da aggiungere in seguito al *database*);
- 3) dare la possibilità a chi configura un *match* di definire partite personalizzate, magari non eque in partenza o con dadi a scelta, in modo da creare sfide aggiuntive sia per il l'utente finale, sia per il sistema stesso;
- 4) estendere il sistema decisionale in modo da supportare una più ampia gamma di comportamenti, per far avvicinare sempre più il sistema alla realtà (si pensi alla possibilità che due giocatori hanno di imbrogliare e collaborare al fine di eliminarne un altro);
- 5) sviluppare un editor dei giocatori per creare *ad hoc* profili con determinate caratteristiche;
- 6) memorizzare i giocatori in un *database* invece che su file;
- 7) ecc.