

Soccer Simulator

Mattia Barbaresi

Massimo Neri

mattia.barbaresi@studio.unibo.it

massimo.neri7@studio.unibo.it

Introduzione

Abbiamo implementato un sistema multi agente che simula il gioco del calcio; in campo si sfidano due squadre (squadra rossa e squadra blu) ognuna composta da undici giocatori. Il sistema è stato costruito modellando il comportamento delle singole parti (i giocatori) e le azioni da loro intraprese sono semplici, visibili e giustificabili. Lo scopo non era quello di costruire un sistema che simulasse la realtà ma quello di analizzare l'andamento della partita (comportamento globale) avendo codificato solamente il modo d'agire (comportamento locale) dei giocatori. Il risultato ha superato di gran lunga le nostre più rosee aspettative: i giocatori si muovono, si affrontano, si passano la palla e riescono a segnare; la varietà di gioco è molto alta e si possono vedere triangolazioni (strette e larghe), passaggi in profondità oppure 1-2 al limite dell'area. Non ci sono solo scambi e tiri ma a volte si può assistere ad azioni solitarie che hanno origine a centrocampo e sfociano in un goal. Il progetto è stato implementato in NetLogo, un ambiente integrato per lo sviluppo e la simulazione di sistemi mediamente complessi che ci ha permesso da un lato di sperimentare l'autonomia di agenti semplici come parti di un sistema, dall'altro di osservare, analizzare e studiare i comportamenti emergenti di tale sistema. NetLogo si è dimostrato uno strumento potente, con un linguaggio flessibile e potente per costruire simulazioni. La semplicità di NetLogo lo rende ideale per simulazioni veloci, ma quando si devono affrontare situazioni molto complesse che richiedono migliaia di righe di codice, la mancanza di strutture più rigide lo rendono uno strumento inadatto.

NetLogo

In questa sezione non forniremo una guida su NetLogo, piuttosto introdurremo i concetti fondamentali e daremo informazioni su questo potente e semplice strumento.

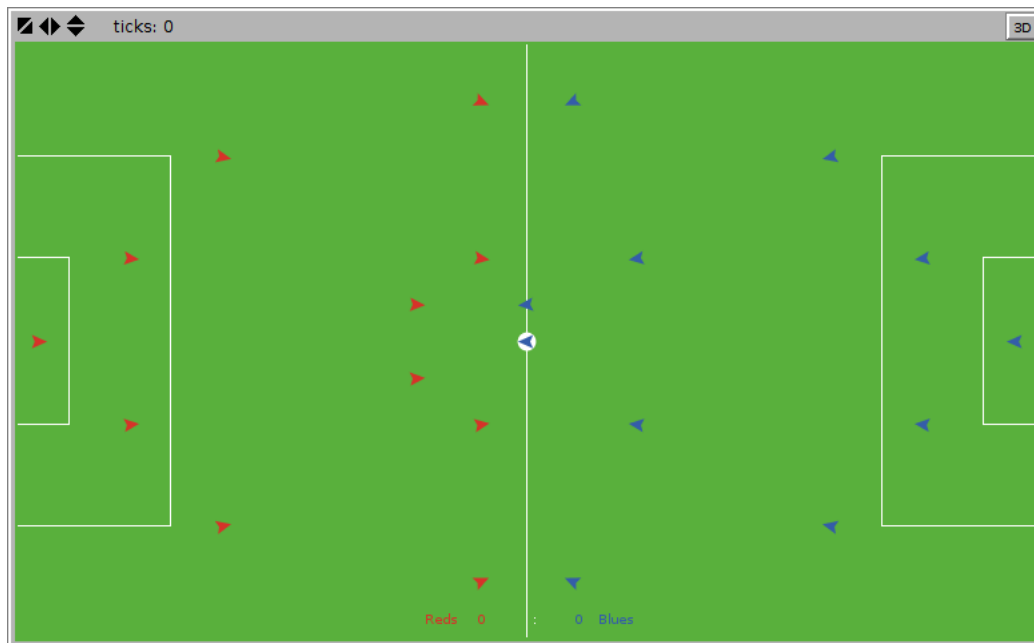


Figura 1: Il campo da gioco

NetLogo (scritto da Wilensky nel 1999) è un ambiente per la modellazione e simulazione di sistemi e fenomeni complessi basato su di un linguaggio di programmazione multi agente ed è l'ultimo nella serie dei linguaggi di modellazione multi agente dopo StarLogo (inventato da Resnick nel 1991). È un programma stand-alone scritto in Java trasportabile in tutte le piattaforme di computazione più comuni. Deriva il suo linguaggio dal Logo (inventato da Papert e Minsky nel 1967), è uno strumento pensato per avere svariate applicazioni in un ampio spettro di discipline, a scopi educativi e di ricerca e si trova particolarmente adatto per la modellazione di sistemi che evolvono nel tempo. Viene impiegato nella simulazione di fenomeni complessi sociali e naturali. Permette di istruire ad una moltitudine di agenti indipendenti, che operano concorrentemente, con lo scopo di analizzare i loro comportamenti e le loro interazioni e contemporaneamente osservare delle caratteristiche o proprietà che emergono proprio da queste interazioni a basso livello.

Netlogo è distribuito insieme ad un'ampia libreria di modelli con la quale è possibile "giocare" cercando di scoprire e particolari comportamenti in varie condizioni. È un ambiente particolarmente interessante perché è facile creare e simulare modelli anche molto complessi. NetLogo vuole essere un ambiente di sviluppo semplice: il suo obiettivo non sono solo ricercatori e studenti, ma anche hobbysti e utenti casuali.

$\triangle$	Giocatore
∇	Avversario
$\circ$	Palla
G	Porta avversaria
H	Posizione del giocatore
$\rightarrow$	Movimento o passaggio
$\odot$	Raggio d'azione

Figura 2: Simbologia

Modellazione

Al fine di analizzare propriamente il comportamento emergente del sistema siamo costretti a modellare una versione semplificata della realtà, scartando dettagli che turberebbero le nostre osservazioni (e conclusioni). Analisi e modellazione verranno presentate di seguito in modo informale ricorrendo, quando necessario, esemplificativo o per imprimere al meglio un concetto, a disegni e schemi. Il significato dei simboli utilizzati è riassunto in figura 2. Il tema, quello del calcio, ci permette di mantenere la complessità dei singoli agenti molto bassa. Un giocatore è molto semplice: esso ha una visione parziale del campo da gioco e il suo comportamento è un insieme di meccanismi di coordinazione e interazione locale. Vogliamo capire se il comportamento globale (a livello di squadra) è più articolato e interessante rispetto alla somma dei singoli componenti locali (a livello di singolo giocatore). Per mantenere bassa la complessità del progetto abbiamo eliminato molti dei dettagli e delle regole del mondo del pallone. Il modello, ad esempio, non ammette falli laterali e quando la palla arriva a bordo campo si ferma come se ci fosse un muro, senza però rimbalzare. Non esistono falli e fuorigioco e di conseguenza nemmeno i calci di punizione. La disposizione in campo dei giocatori segue per entrambi gli schieramenti un modulo 4-4-2 ma anche se risiedono in posizioni ben precise, i giocatori non hanno un vero e proprio ruolo: tutti (portiere compreso) si comportano alla stessa maniera e niente impedisce ad un difensore di muoversi fino al limite dell'area avversaria e, addirittura, segnare un punto. Quest'ultimo caso limite, anche se concettualmente possibile, accade di rado nella pratica e successivamente ne discuteremo il motivo.

Il programma simula la sfida tra due squadre: la squadra rossa e la squadra blu. Ci sono undici giocatori per parte che si possono muovere liberamente nel campo. Ognuno di essi conosce solamente ciò che succede in un raggio di pochi metri, detto *raggio d'azione*, e prende decisioni sulla base di questa sua visione parziale del mondo. Al di fuori di quel che accade nel suo

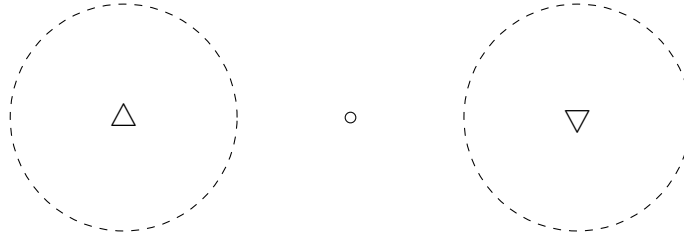


Figura 3: Raggio d'azione

raggio d'azione un giocatore non ha informazioni sullo stato della partita. In figura 3 è esplicitato questo aspetto: i due avversari non sono a conoscenza della presenza l'uno dell'altro perché al di fuori dei reciproci raggi d'azione e, in particolare, non sono a conoscenza nemmeno del pallone. Per rendere interessante il gioco siamo stati costretti, però, ad aggiungere un dettaglio. Immaginiamo allora che un giocatore possieda due “bussole”. La prima punta alla sua posizione originale secondo lo schieramento (la sua posizione base), la seconda punta alla porta avversaria. Queste due informazioni, anche se possono sembrare eccessive, servono per costruire un comportamento verosimile: nella realtà, i giocatori non si muovono lungo direzioni casuali, ma cercano di avvicinarsi il più possibile alla porta avversaria; inoltre, quando un giocatore è lontano dall'area di gioco (l'area vicino alla palla, il luogo “vivo” della partita) cerca di ritornare sulla posizione stabilita dall'allenatore nello schema tattico (appunto, quella che abbiamo chiamato posizione base). La partita si svolge a turni successivi. Ad ogni turno, un giocatore osserva ciò che sta accadendo intorno a lui e sceglie un comportamento tra i 7 possibili. La scelta avviene tramite la tecnica Montecarlo: ad ogni comportamento viene assegnato un punteggio e quello con il punteggio più alto ha più probabilità di essere eseguito. In generale, la vicinanza di avversari o la prossimità della porta rendono un comportamento più appetibile di un altro. Ad esempio, se il giocatore che possiede la palla nota intorno a lui (nel suo raggio d'azione) una schiera di avversari, effettuare un passaggio potrebbe essere un'ottima scelta. Un giocatore al limite dell'area avversaria (la porta avversaria si trova quindi all'interno del suo raggio d'azione) dovrebbe invece provare il tiro. Abbiamo classificato i comportamenti in due categorie: comportamenti aggressivi e comportamenti tattici. Nelle sezioni seguenti descriveremo in dettaglio ognuno di questi.

Comportamenti

Dato l'intento di costruire il sistema a livello delle parti (una parte alla volta), per poi andare ad osservare il comportamento globale, abbiamo seguito un approccio bottom-up focalizzandoci sui comportamenti di un singolo giocatore e sulle sue decisioni che prende sulla base di informazioni "personali". L'insieme completo di comportamenti comprende *seek-ball*, *seek-goal*, *shoot*, *flee*, *pass*, *go-home* e *idle*. Abbiamo designato un comportamento unico e uguale per tutti i giocatori (portieri compresi) basato sulla valutazione (attribuzione di un peso di priorità). La scelta è conseguenza della coscienza e della conoscenza del giocatore. Gli unici parametri che concorrono nel peso di una scelta sono densità dei compagni e degli avversari e vicinanza della rete avversaria. Sottolineiamo il fatto che non sappiamo a priori (cioè senza simulazione) l'effetto che queste decisioni avranno sull'intero sistema. Abbiamo classificato i comportamenti in due categorie: comportamenti aggressivi e comportamenti tattici.

Comportamenti aggressivi

Abbiamo chiamato comportamenti aggressivi i comportamenti individuali e offensivi. Abbiamo codificato quattro diversi comportamenti aggressivi.

Il comportamento *seek-ball* consiste nel movimento del giocatore verso la palla. È considerato, per ovvie ragioni, un comportamento aggressivo. La figura 4 mostra schematicamente questo comportamento: la palla è all'interno del raggio d'azione del giocatore e questo si muove in sua direzione. La palla potrebbe essere posseduta da un avversario. Se la palla è posseduta da un compagno, questo comportamento viene disabilitato e non potrà essere scelto.

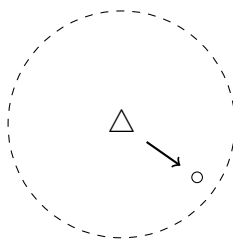


Figura 4: Comportamento *seek-ball*

Un giocatore che ha scelto il comportamento *seek-goal* si muove in direzione della porta avversaria. È un comportamento aggressivo perché individuale e egoistico. Nella figura 5 viene mostrato questo comportamento. Il giocatore

è in possesso della palla e si muove in direzione della porta avversaria (indicata con la lettera G). Questo comportamento può essere scelto dal giocatore solamente quando è in possesso della palla.

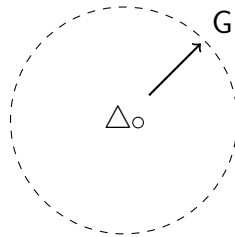


Figura 5: Comportamento *seek-goal*

Quando un giocatore è in possesso della palla può scegliere se effettuare un tiro. Il comportamento shoot modella questa opportunità. È classificato come comportamento aggressivo per ovvie ragioni. La figura 6 mostra questo comportamento. Dopo il tiro, un giocatore entra automaticamente in stato idle (un comportamento tattico di cui parleremo a breve); questo simula la breve pausa che succede lo sforzo.

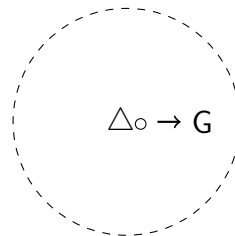


Figura 6: Comportamento *shoot*

L'ultimo comportamento aggressivo che abbiamo programmato prende il nome di flee. Solo un giocatore in possesso palla può scegliere questo comportamento; il giocatore mantiene il possesso e si muove in direzione opposta agli avversari cercando di difenderla. Nonostante il nome (che significa fuggire) lo consideriamo un comportamento aggressivo perché esalta l'individualità. Questo comportamento è mostrato in figura 7.

Comportamenti tattici

I comportamenti tattici favoriscono il movimento del pallone e la disposizione della squadra. Abbiamo programmato tre distinti comportamenti tattici.

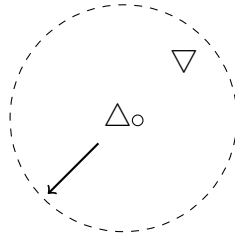


Figura 7: Comportamento *flee*

Il posizionamento dei giocatori in campo segue un modulo 4-4-2. Il comportamento go-home spinge il giocatore sulla sua posizione originaria. Questo comportamento è considerato tattico perché obbliga il giocatore a muoversi secondo lo schema prestabilito ed è possibile solo quando il giocatore non è in possesso della palla. La figura 8 mostra schematicamente questo comportamento. Nella figura, la palla è fuori dal raggio d'azione del giocatore e questo decide di ritornare nella sua posizione (indicata dal simbolo H). In generale, la probabilità di eseguire questo comportamento è molto bassa e viene eseguito (quasi solamente) in mancanza di altre alternative.

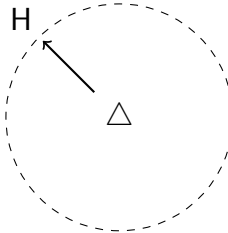


Figura 8: Comportamento *go-home*

Quando un giocatore è nella sua posizione e la palla non è nelle sue vicinanze può scegliere di non far nulla e in effetti, questo è il comportamento predefinito quando nessun'altra azione è possibile. Lo consideriamo un comportamento tattico perché riguarda il posizionamento di un giocatore. La figura 9 descrive schematicamente questo comportamento. Nella figura il giocatore è in stato idle; niente è nel suo raggio d'azione. Quando la palla tornerà vicino al giocatore, questo si potrà risvegliare e scegliere un altro comportamento.

Il comportamento pass favorisce il movimento del pallone. Un giocatore che possiede la palla può decidere di passarla ad un compagno vicino e calciare in quella direzione. La figura 10 mostra questo comportamento. Il giocatore è in possesso della palla e nel suo raggio d'azione c'è un compagno

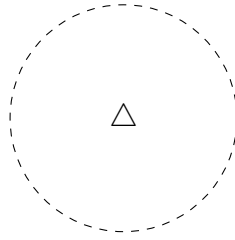


Figura 9: Comportamento *idle*

di squadra. Il comportamento *pass* è tanto più probabile quanti più avversari ci sono intorno. Come nel caso del tiro, dopo il passaggio il giocatore entra automaticamente in stato *idle*.

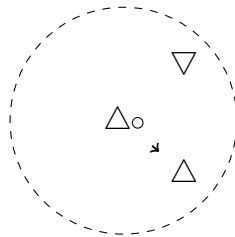


Figura 10: Comportamento *pass*

Dettagli dell'Implementazione

Nella sezione precedente abbiamo elencato tutti i comportamenti che un giocatore può assumere nel corso della simulazione. Potrebbe sembrare strano ma il tackle non fa parte di questi. La ragione risiede nella ricerca della semplicità. Il tackle, concettualmente, è usato da un giocatore per impossessarsi della palla e ciò dovrebbe avvenire in probabilità. Se due soli giocatori si scontrano il problema è facilmente risolvibile: il primo lancia una moneta e se esce testa comunica al secondo che è riuscito a rubargli la palla. Nel caso di uno scontro tra più giocatori, invece, il problema è tutt'altro che banale, soprattutto se si vuole mantenere un certo grado di fairness: l'approccio nel quale tutti attaccano chi è in possesso palla sarebbe così tanto svantaggioso per quest'ultimo che finirebbe per perdere sempre lo scontro. Abbiamo allora assegnato la gestione del tackle ad un'entità terza, detta *observer*. Ad ogni turno l'*observer* controlla se ci sono giocatori vicino al pallone e in caso positivo decide equamente il vincitore dello scontro. In questo modo siamo in grado di impostare probabilità coerenti. I giocatori che perdono lo scontro

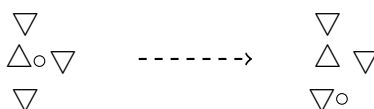


Figura 11: Il tackle

entrano successivamente in stato idle per permettere al vincitore di uscire dalla zona calda. La figura 11 schematizza come avviene un tackle.

Un problema del quale non abbiamo ancora parlato è quello dell'implementazione dei comportamenti. Precedentemente abbiamo detto che ad ogni turno un giocatore sceglie quale comportamento intraprendere e successivamente lo esegue. Anche se concettualmente corretto, la sua implementazione è un poco differente. Se un giocatore scegliesse un comportamento in probabilità ad ogni turno il risultato sarebbe quello di una “pedina impazzita”: il giocatore sceglierebbe a ripetizione comportamenti diversi eseguendoli per un tempo brevissimo. Abbiamo allora dovuto inserire il concetto di cooldown: un giocatore fa una scelta e imposta un timer al termine del quale potrà effettuare una nuova; per tutto il tempo di cooldown il giocatore esegue un singolo comportamento. Diminuendo il tempo di cooldown si avranno giocatori più reattivi, aumentandolo si otterrà un comportamento più stabile. Questo punto merita un po' di attenzione. Pensiamo ad esempio ad un passaggio non intercettato che finisce in fondo al campo. I giocatori più prossimi alla palla saranno quelli incaricati del recupero. Se il tempo di cooldown è troppo basso questi potrebbero muoversi avanti (verso la palla) e indietro (verso la propria posizione) più e più volte poiché a metà strada (scaduto il tempo di cooldown) potrebbero decidere di tornare indietro. Il problema diametralmente opposto si verifica con un tempo di cooldown molto alto. Pensiamo ad esempio ad un attaccante che si muove verso la porta. Se il tempo di cooldown è eccessivo i difensori, fino a quel momento in stato di idle, potrebbero non accorgersi del pericolo imminente. Il cooldown è un tasto dolente ed è stato impostato sperimentalmente ad 80 tick.

Nell'introduzione abbiamo detto che, in teoria, un difensore potrebbe avanzare, arrivare sino all'area avversaria e addirittura segnare un punto. Ora possiamo finalmente capire perché ciò, nella pratica, è molto raro. Durante il tragitto, infatti, il difensore prende una serie di decisioni ma per arrivare fino alla porta deve scegliere sempre il medesimo comportamento e superare tutti i tackle degli avversari: un evento alquanto improbabile.



Figura 12: Sliders per il comportamento

Personalizzazione del Comportamento

NetLogo permette l'inserimento di particolari oggetti nell'interfaccia che consentono di modificare variabili all'interno della simulazione: buttons, sliders, switches ne sono esempi. Questi controlli svolgono un ruolo importante nel nostro progetto perché permettono di modificare le scelte dei giocatori durante la simulazione. Un giocatore cambia comportamento effettuando decisioni e queste subiscono il peso di moltiplicatori. Tramite opportuni slider inseriti nell'interfaccia grafica, è possibile modificare questi moltiplicatori in tempo reale.

Per ogni squadra abbiamo inserito due slider: uno che moltiplica la probabilità di scegliere un comportamento aggressivo, l'altro aumenta la probabilità di scegliere un comportamento tattico. La figura 12 mostra questi slider. Spostando il cursore dello slider a destra e sinistra, viene modificato il moltiplicatore. Questo moltiplica il peso di una scelta (aggressiva o tattica) per il suo valore. Un'altra coppia di slider modifica il raggio d'azione del giocatore. Questo lo rende più attivo o statico rispetto alle azioni che avvengono lontane da lui. Un punto importante, e di cui non abbiamo ancora discusso, è che il raggio d'azione è implementativamente diviso in due. Il primo *big radius* sancisce l'area visibile al giocatore. Il secondo, più piccolo, *small radius* è l'area entro la quale il giocatore si muove per rispondere agli eventi. La suddivisione in due è stata decisa per permettere passaggi lunghi.

Quello che si può notare, anche dal grafico dell'interfaccia, è che il possesso palla in condizioni bilanciate tende ad essere equilibrato (50% ogni squadra) mentre sarà mediamente più alto alla squadra alla quale sarà impostato un valore di *team play* più elevato.

Conclusioni

Nelle sezioni precedenti abbiamo parlato dell'implementazione del simulatore. In particolare, abbiamo parlato del comportamento dei singoli giocatori e delle decisioni locali basate sulla loro conoscenza limitata del mondo. Come già spiegato in precedenza, il modello è stato privato di numerosi dettagli

e l'implementazione mantenuta il più semplice possibile per uno scopo ben preciso: avendo programmato il comportamento dei singoli agenti (i giocatori) vogliamo poter osservare qual è il comportamento globale del sistema; in particolare, vogliamo capire se con poche e semplici istruzioni che codificano scelte locali sono presenti proprietà emergenti del sistema che possiamo osservare. Già dopo le fasi di analisi e modellazione del problema abbiamo avanzato ipotesi su quali sarebbero potuti essere gli esiti dei nostri esperimenti.

Ci saremmo aspettati, sì, un certo grado di gioco di squadra ma nutrivamo forti dubbi sull'aspetto globale del sistema. Il risultato ha superato di gran lunga le nostre aspettative. Per prima cosa possiamo osservare che i giocatori si comportano come se perseguissero l'obiettivo di fare goal, che non è stato programmato direttamente. I giocatori, inoltre, commettono errori. Alle volte, ad esempio, i passaggi non arrivano a destinazione; il giocatore in possesso della palla, infatti, vede la posizione del compagno al momento della decisione ma il compagno nel frattempo potrebbe essersi mosso in un'altra direzione (il giocatore non considera la direzione e la velocità di spostamento dei compagni). Altre volte, invece, i passaggi vengono intercettati. Questo è dovuto alla località (il giocatore non vede oltre il suo raggio d'azione) e alla casualità (il compagno viene scelto tramite una tecnica Montecarlo) della scelta.

Gli sliders dell'interfaccia (aggressività e gioco di squadra) corrispondono effettivamente a due proprietà della squadra che non sono esplicitamente codificate. Questi comportamenti vengono caratterizzati da una serie di azioni, che solo considerate assieme riescono a descriverle. Ad esempio il gioco di squadra, in questo modello, non è un concetto che il giocatore conosce; quando si aumenta il valore dello slider vengono aumentate le probabilità che il giocatore decida di mantenere la posizione o di passare la palla senza conoscere l'influenza sul comportamento degli altri. Lo stesso vale per l'aggressività: con lo slider si modificano le scelte dei singoli giocatori, e nessun comportamento "organizzato" (che invece emerge in simulazione) è stato codificato. Modificando i moltiplicatori di aggressività e gioco di squadra è visibile un radicale cambiamento negli schemi. I giocatori molto aggressivi tendono a seguire la palla e contrastare gli avversari. Si nota chiaramente un forte affollamento intorno alla palla. I giocatori prediligono le azioni solitarie e tiri dalla distanza. Una squadra molto aggressiva vince su di una squadra più tattica: i giocatori affrontano un avversario in gruppo e la probabilità di vincere un tackle è prossima alla certezza. Aumentando il moltiplicatore per il gioco di squadra, invece, si ottiene un comportamento diametralmente opposto. La squadra tende ad essere sparsa per tutto il campo e i giocatori riescono a raggiungere la porta avversaria in pochi passaggi. Una squadra

molto tattica (che gioca molto di squadra) mantiene il possesso della palla ma risulta poco incisiva. Anche al variare dei campi di azione e passaggio si nota un radicale cambiamento. Aumentando il raggio d'azione aumentano i movimenti poiché ogni giocatore riesce a percepire eventi molto distanti da lui ed essendo un'entità individualista compie decisioni senza coordinarsi con i propri compagni.

In conclusione siamo riusciti da un lato a sperimentare l'effetto delle azioni intraprese dagli agenti come parti di un sistema complesso. Inoltre, siamo riusciti ad esplorare ed approfondire il concetto di proprietà o comportamento emergente di un sistema come caratteristica indiretta del comportamento e delle interazioni delle singole parti che lo compongono, definibile in molti altri contesti quali la biologia, la psicologia e la filosofia.