

Magic: The Gathering come banco di prova per l'intelligenza strategica nei sistemi artificiali: il quadro del Progetto cEDH

Richard Lam
Ricercatore indipendente
Gennaio 2026

Abstract—I giochi hanno storicamente rappresentato tappe fondamentali per misurare i progressi dell'intelligenza artificiale. Gli scacchi hanno dimostrato l'efficienza della ricerca, il Go ha messo in evidenza l'apprendimento per rinforzo profondo e il poker ha fatto avanzare il ragionamento in presenza di informazione nascosta. Tuttavia, questi ambienti rimangono vincolati da regole fisse e da dinamiche multi-agente limitate.

Questo articolo propone Magic: The Gathering competitivo, in particolare il formato multigiocatore Commander noto come competitive Elder Dragon Highlander (cEDH), come possibile banco di prova per valutare forme più ampie di intelligenza strategica. Il dominio combina informazione imperfetta, dinamiche stocastiche, interazioni simboliche tra regole, meta strategici in evoluzione e competizione multi-agente all'interno di un unico ambiente.

Presentiamo il Progetto cEDH, un framework di simulazione deterministico che consente la sperimentazione con agenti di IA in questo dominio. Un confronto strutturale con i benchmark esistenti e un inquadramento matematico della complessità decisionale suggeriscono che prestazioni coerenti in cEDH richiedono l'integrazione di ragionamento probabilistico, manipolazione simbolica, modellazione degli avversari e pianificazione a lungo orizzonte. Queste proprietà indicano che il dominio può fungere da banco di prova significativo per la valutazione di sistemi di decisione generale.

Index Terms—Intelligenza artificiale, Complessità dei giochi, Sistemi multi-agente, Apprendimento per rinforzo

I. INTRODUZIONE

I giochi forniscono ambienti controllati per valutare i sistemi di intelligenza artificiale. Il successo negli scacchi e nel Go ha dimostrato progressi nella ricerca e nell'apprendimento [1], [2], mentre il poker ha introdotto il ragionamento sotto incertezza [3], [4]. La maggior parte dei giochi utilizzati come benchmark coinvolge regole fisse, competizione a due giocatori e spazi strategici relativamente stabili.

I problemi decisionali del mondo reale coinvolgono spesso più agenti, incertezza, interazioni simboliche tra regole e ambienti in evoluzione. Magic: The Gathering competitivo, in particolare il formato Commander multigiocatore, presenta simultaneamente queste caratteristiche. A differenza dei benchmark tradizionali, questo dominio richiede che gli agenti ragionino sia su regole strutturate sia su comportamenti strategici emergenti. Sosteniamo che questa combinazione lo renda un candidato utile per valutare forme più generali di ragionamento strategico e decisione adattiva.

II. PROPRIETÀ STRUTTURALI DEL DOMINIO

Magic combina diverse dimensioni di complessità che raramente si presentano insieme nei benchmark di IA esistenti.

Informazione imperfetta: mani nascoste, ordine di pesca sconosciuto e conoscenza incompleta degli avversari.

Progressione stocastica: le pescate casuali richiedono una pianificazione su distribuzioni di esiti.

Interazioni simboliche delle regole: migliaia di effetti delle carte interagiscono tramite livelli temporali e logica condizionale.

Competizione multi-agente: le partite coinvolgono tipicamente da tre a quattro giocatori, introducendo dinamiche di coalizione e incentivi non a somma zero.

Spazio strategico in evoluzione: nuove carte e archetipi rimodellano continuamente il gioco ottimale.

Questi fattori producono un ambiente decisionale più vicino a sistemi stocastici multi-agente complessi che a giochi da tavolo deterministici. In particolare, l'interazione tra regole simboliche e transizioni di stato probabilistiche crea problemi di pianificazione che non sono né puramente combinatori né puramente statistici, ma richiedono l'integrazione di entrambe le modalità di ragionamento.

III. INQUADRAMENTO MATEMATICO DELLA COMPLESSITÀ

Siano S lo spazio degli stati e A l'insieme delle azioni. Magic multigiocatore è naturalmente modellato come un gioco stocastico parzialmente osservabile.

$$|S| \approx \sum_{d \in D} \prod_{i=1}^n |Z_{i,d}| \quad (1)$$

dove D rappresenta le configurazioni dei mazzi e $Z_{i,d}$ rappresenta le permutazioni delle zone per il giocatore i . Poiché entrambi i termini sono di grandi dimensioni, lo spazio effettivo degli stati cresce in modo combinatorio.

$$b = f(|H|, |B|, |M|, |R|) \quad (2)$$

dove H indica la dimensione della mano, B lo stato del campo di battaglia, M il mana disponibile e R le opzioni reattive. Ciò produce alberi di ricerca irregolari che differiscono dai giochi deterministici classici.

L'orizzonte di pianificazione atteso varia dinamicamente anche in funzione della densità delle interazioni sul campo

di battaglia. In stati altamente interattivi, le conseguenze di una decisione possono propagarsi attraverso molteplici abilità innescate e risposte, approfondendo di fatto la profondità di ricerca richiesta per un gioco ottimale.

IV. CONTESTO DEI BENCHMARK

TABLE I
PROPRIETÀ RAPPRESENTATIVE DEI BENCHMARK DI IA

Gioco	Informazione	Agenti	Spazio delle regole
Scacchi	Perfetta	2	Fisso
Go	Perfetta	2	Fisso
Poker	Imperfetta	2–6	Fisso
cEDH	Imperfetta	3–4	In espansione

I benchmark tradizionali tendono a isolare singole dimensioni di complessità. Magic integra simultaneamente più dimensioni, suggerendo che le prestazioni in questo ambiente possano riflettere meglio una capacità strategica più ampia.

V. FRAMEWORK DEL PROGETTO cEDH

Il Progetto cEDH implementa un motore di simulazione deterministico che supporta sperimentazioni riproducibili con agenti di IA. Gli effetti delle carte sono rappresentati in forma strutturata, consentendo un'esecuzione coerente delle regole e una registrazione dettagliata. Il framework permette auto-gioco su larga scala, valutazione incrociata tra agenti e analisi sistematica del comportamento decisionale in condizioni controllate.

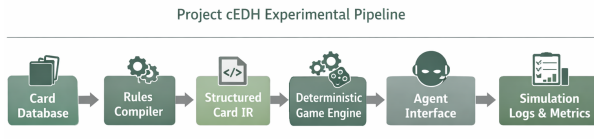


Fig. 1. Pipeline sperimentale del Progetto cEDH. Le definizioni delle carte sono compilate in rappresentazioni strutturate, il motore deterministico produce stati di gioco riproducibili e gli agenti di IA interagiscono tramite un'interfaccia decisionale standardizzata. I risultati registrati consentono valutazione e addestramento su larga scala.

VI. METODOLOGIA SPERIMENTALE

La valutazione procede in tre fasi. Gli agenti euristici di base stabiliscono prestazioni di riferimento e verificano la fedeltà delle regole. Gli agenti di apprendimento vengono addestrati tramite auto-gioco su larga scala con distribuzioni di mazzi variate, consentendo l'osservazione di strategie emergenti e schemi di adattamento. La valutazione finale confronta popolazioni di agenti con avversari sintetici e giocatori umani

esperti utilizzando metriche quali tasso di vittoria, stabilità decisionale, diversità strategica e robustezza rispetto a differenti stati di gioco.

Questo approccio a fasi consente di misurare sia le prestazioni algoritmiche sia le caratteristiche comportamentali, permettendo il confronto tra architetture di agenti e l'analisi dello sviluppo della competenza strategica durante l'addestramento.

VII. CONCLUSIONE

Un agente capace di ottenere un successo coerente in questo dominio deve integrare ragionamento probabilistico, interpretazione simbolica delle regole, modellazione degli avversari e pianificazione adattiva. Questi requisiti vanno oltre quelli dei benchmark classici e assomigliano alle capacità attese dei sistemi decisionali più generali.

Magic competitivo offre quindi un ambiente promettente per valutare forme più ampie di intelligenza strategica. Fornendo una piattaforma sperimentale deterministica pur preservando un'elevata complessità strutturale, il Progetto cEDH consente lo studio sistematico della presa di decisione in ambienti che somigliano più da vicino alle interazioni strategiche del mondo reale.

RINGRAZIAMENTI

L'autore riconosce l'uso di ChatGPT per l'assistenza nella formattazione e nella stesura iniziale del contenuto.

REFERENCES

- [1] M. Campbell, A. Hoane e F. Hsu, "Deep Blue," *Artificial Intelligence*, 2002.
- [2] D. Silver et al., "Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search," *Nature*, 2016.
- [3] N. Brown e T. Sandholm, "Superhuman AI for multiplayer poker," *Science*, 2019.
- [4] M. Moravčík et al., "DeepStack: Expert-level artificial intelligence in heads-up no-limit poker," *Science*, 2017.
- [5] MIT Technology Review, "Magic: The Gathering and computational complexity," 2020.