

# GATO×GATO

Moreno Ramírez, Eliú<sup>1</sup>

Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Puebla; México  
`eliu.moreno@inaoep.mx`

**Resumen** The abstract should briefly summarize the contents of the paper in 15–250 words.

**Keywords:** Minimax · Alpha-Beta · Búsqueda · Inteligencia artificial

## 1. Introducción

La habilidad de jugar es considerada como una distinción de inteligencia, debido a la facilidad de crear situaciones complicadas con reglas sencillas, así como la complejidad para ganar se requieren de estrategias ya que se tiene de un oponente impredecible donde es necesario especificar un movimiento para cada respuesta posible del oponente, con este hecho, existe la teoría de juegos, la cual se centra en el estudio estratégico de toma de decisiones. Una manera de tomar dichas decisiones es a través de las técnicas de búsqueda los cuales constituyen una representación del conocimiento, que a través de diversos algoritmos nos permite resolver ciertos problemas desde el punto de vista de la inteligencia o para el propósito de este documento la inteligencia artificial.

### 1.1. Motivaciones

Los juegos de mesa, desde su principio han servido de entrenamiento para la humanidad, debido a que conforme se han ido a evolucionando los juegos en complejidad estos se vuelven un reto para la mente. Conforme algoritmos de búsqueda se han ido mejorando, junto con el aprendizaje automático y con la ayuda de que las computadoras superan los límites del cálculo se han aprovechado los recursos y avances para intentar resolver muchos juegos tales como: go, ajedrez, poker, damas inglesas, gato, entre otros. Unos de los grandes logros de la inteligencia artificial (IA) son:

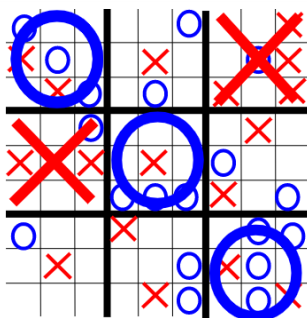
- Damas inglesas: Chinook derrotó al campeón mundial Marion Tinsley en 1994. Usó una base de datos de finales de juegos precalculados definiendo jugadas perfectas involucrando 8 o menos piezas en el tablero, un total de 444 mil millones de posiciones
- Chess: Deep Blue derrotó al campeón mundial Garry Kasparov en un encuentro de seis juegos en 1997. Deep Blue busca 200 millones de posiciones por segundo y extiende su búsqueda 40 jugadas.

- Go: en el año 2016 en Corea Lee Seidel, ex-campeón mundial de Go, fue derrotado 4-1 por el software de Google DeepMind.

Inclusive actualmente las computadoras ahora da una nueva manera en el análisis así como conceptos estratégicos para los actuales campeones del mundo en diferentes juegos. Con dichos resultados motivó la creación de un algoritmo que de solución (es decir que sea capaz de poder derrotar a un contricante humano) a una variación del juego gato o 3 en raya, su manera de jugar es la siguiente:

## Reglas

- El tablero del juego, consta de 9 tableros clásicos gato, localizados en un tablero de  $3 \times 3$ .
- Cada tablero pequeño de gato de  $3 \times 3$  lo denominaremos tablero local, y el tablero más grande de  $3 \times 3$  lo denominaremos tablero global.
- El juego comienza con  $X$  jugando donde quieran en cualquiera de los 81 espacios vacíos. Este movimiento <sup>envía</sup> a su oponente a su ubicación relativa. Por ejemplo, si  $X$  jugó en el cuadro superior derecho de su tablero local, entonces  $O$  debe jugar a continuación en el tablero local en la parte superior derecha del tablero global. Entonces,  $O$  puede jugar en cualquiera de los nueve lugares disponibles en ese tablero local, y cada movimiento envía a  $X$  a un tablero local diferente.
- Si se juega un movimiento para ganar un tablero local según las reglas del gato tradicional, entonces todo el tablero local se marca como una victoria para el jugador en el tablero global. Una vez que un jugador gana un tablero local o se llena por completo, no se pueden jugar más movimientos en ese tablero. Si un jugador es enviado a dicho tablero, entonces ese jugador puede jugar en cualquier otro tablero. El juego termina cuando un jugador gana el tablero global o no quedan movimientos legales, en cuyo caso el juego es un empate.



**Figura 1.** Ejemplo del tablero en una partida ganada por  $O$

## 1.2. Investigación relacionada

Fernández [1] desarrolla un agente de aprendizaje TD para el juego de mesa tres en raya y conecta 4. El agente TD después de jugar un número elevado de juegos contra un oponente (fase de entrenamiento), estas utilidades representan una estimación de la probabilidad de ganar de cada estado. El agente TD busca ir de un estado dado al estado con la mayor utilidad estimada de todos los estados alcanzables en cada juego. Además hacen mención de que un agente de TD al que se le haya enseñado a usar este enfoque puede considerarse un jugador perfecto de tres en raya, ya que nunca ha perdido un juego contra oponentes aleatorios y expertos.

Poliansky [2] presenta el uso de la programación genética para evolucionar programas conductuales desde cero, realizando un análisis en profundidad, utilizando como caso de estudio el juego del tres en raya. Menciona que a pesar de que el juego 3 en raya es un problema sencillo no se había abordado antes la evolución para tal dominio.

## 2. Metodología

Como vemos en el estado del arte el uso de modelos que se entrenan, para resolver estos juegos es una manera que computacionalmente es factible, sin embargo para la implementación de un modelos del juego Gato×Gato que sea capaz de enfrentarse con personas usaremos un algoritmo de búsqueda junto con el uso de alguna heurística. Para la implementación de éste, usaremos una variante del algoritmo minimax Alpha-Beta.

**Algoritmo minimax** En teoría de juegos Minimax es un método de decisión para minimizar la pérdida máxima esperada en juegos con adversario y con información perfecta. El funcionamiento de Minimax puede resumirse a como elegir el mejor movimiento para ti mismo; suponiendo que tu contrincante tirará de manera óptima, es decir nos enfrentamos contra un oponente perfecto. Lo que se maximiza es una función, llamada función de evaluación, la cual debe reflejar unformación de la partida, como posiciones de partida, fichas, movientos favorecibles a un jugador, entre otras, cabe mencionar que dependiendo de cómo definamos dicha función, el algoritmo de comportará mejor o peor a la hora de maximizar, minimizar. Por lo tanto este algoritmo crea un árbol donde las hojas se etiquetan con gana, pierde, empata, desde el punto de vista de max, con ayuda de una heurística podemos etiquetar cada nodo del arbol, y el jugador max elegirá su movimiento, buscando en árbol un nodo terminal que lo lleve a la posición más favorable que puede esperar desde un estado  $J(actual)$  del juego, suponiendo que el jugador mín juega de manera ideal. En la práctica el método Minimax es impracticable excepto en supuestos sencillos. Realizar la búsqueda completa requerirían cantidades excesivas de tiempo y memoria. El pseudocódigo de este algoritmo es el que encontramos en *Algorithm 1*.

**Mejora de minimax: Poda alfa-beta** La poda alfa beta es una técnica de búsqueda que reduce el número de nodos evaluados en un árbol de juego por el algoritmo Minimax. Se trata de una técnica muy utilizada en programas de juegos entre adversarios como el ajedrez, el tres en raya o el Go. El problema de la búsqueda Minimax es que el número de estados a explorar es exponencial al número de movimientos. Partiendo de este hecho, la técnica de poda alfa-beta trata de eliminar partes grandes del árbol, aplicándolo a un árbol Minimax estándar, de forma que se devuelva el mismo movimiento que devolvería este, gracias a que la poda de dichas ramas no influye en la decisión final. La búsqueda minimax es primero en profundidad, por ello en cualquier momento sólo se deben considerar los nodos a lo largo de un camino en el árbol. La poda alfa-beta toma dicho nombre de la utilización de dos parámetros que describen los límites sobre los valores hacia atrás que aparecen a lo largo de cada camino. Dichos parámetros son primero  $\alpha$  el cual es el valor de la mejor opción hasta el momento a lo largo del camino para máx, esto implicará por lo tanto la elección del valor más alto y  $\beta$  es el valor de la mejor opción hasta el momento a lo largo del camino para mín, esto implicará por lo tanto la elección del valor más bajo. Esta búsqueda alfa-beta va actualizando el valor de los parámetros según se recorre el árbol. El método realizará la poda de las ramas restantes cuando el valor actual que se está examinando sea peor que el valor actual de  $\alpha$  o  $\beta$  para máx o mín, respectivamente. El pseudocódigo de este algoritmo es el que encontramos en *Algorithm 2*.

---

**Algorithm 1** Algoritmo minimax

---

```

if si  $J$  es terminal then
     $V(J) \leftarrow \text{evaluacion}(J)$ 
else if genera los sucesores de  $J : J_1, J_2, \dots, J_n$  then
    Evaluar  $V(J_1), V(J_2), \dots, V(J_n)$  de izquierda a derecha
    if  $J$  es nodo máx then
         $V(J) \leftarrow \text{máx}[V(J_1), V(J_2), \dots, V(J_n)]$ 
    if  $J$  es nodo mín then
         $V(J) \leftarrow \text{mín}[V(J_1), V(J_2), \dots, V(J_n)]$ 

```

---

**Algorithm 2** Algoritmo minimax con mejora alpha-beta

---

```

 $\alpha \leftarrow -\infty$ 
 $\beta \leftarrow 8\infty$ 
if  $j$  Nodo terminal then
   $V(J) \leftarrow \text{evaluacion}(J)$ 
else if sean  $J_1, J_2, \dots, J_n$  los sucesores de  $J$  then
   $k \leftarrow 1$ 
  if  $j$  es máx then
     $\alpha \leftarrow \text{máx}[\alpha, V(J; \alpha, \beta)]$ 
    if  $\alpha \geq \beta$  then
      return  $\beta$ 
    else
      Continúa
    if  $k=n$  then
      return  $\alpha$ 
    else
       $k \leftarrow k + 1$ 
      Continúa
  if  $j$  es mín then
     $\beta \leftarrow \text{mín}[\beta, V(J; \alpha, \beta)]$ 
    if  $\beta \leq \alpha$  then
      return  $\alpha$ 
    else
      Continúa
    if  $k = n$  then
      return  $\beta$ 
    else
       $k \leftarrow k + 1$ 
      Continúa
=0

```

---

**Función de evaluación propuesta** Como hemos visto una parte fundamental del algoritmo alpha-beta es la función de evaluación, la cual debe involucrar toda la información actual de un estado en el juego. Por lo que para el juego Gato×Gato necesitamos de la siguiente información:

- Posición del jugador máx
- Tableros locales ganados por los jugadores máx y mín
- Tener en cuenta las combinaciones para ganar (por ejemplo las filas, columnas, y las 2 diagonales) tanto para ganar un tablero local, como para el tablero global

Por lo que la función propuesta es dar un score, dependiendo la jugada posible, por ejemplo dar un score alto por cada tablero local ganado, un score medio si es posible que en la siguiente jugada se gana un tablero local y además, debido a la manera de jugar es posible que haya marcas más 'X' o 'O' en un tablero local, es decir generalmente no habrá la misma cantidad de marcas de ambos jugadores en el mismo tablero local, por lo que podemos usar esta información, así

que daremos un score dependiendo de cuántas marcas tenga máx en su tablero local actual.

### 3. Resultados

El algoritmo alpha-beta se desempeña de buena manera para este juego el cual puede llegar a generar un árbol lo suficientemente grande si se hiciera búsqueda exhaustiva por lo que dicha mejora fue lo más óptimo sin embargo su desempeño no es el mejor en ciertas situaciones, por ejemplo al ejecutar el juego en el momento en que el jugador 'humano' manda a la computadora a un tablero local el cual está o ya ganado o lleno (ver cuadro 1), la búsqueda de la mejor posición se complica porque en vez de analizar un tablero local, el algoritmo toma en cuenta el resto de los locales, lo cual incrementa el tiempo de elección de mejor movimiento, pero cuando es cualquier otro caso dentro de las reglas, sí es menor el tiempo de ejecución pero aún no es el mejor.

Movimineto	Tiempo (s)
Tablero Local Lleno/Ganado	14
Ganar tablero Local	5
Sencillo	2

**Cuadro 1.** Tiempo aproximado en que la computadora tarda en decidir movimientos específicos

*El cuadro 1 se obtuvo tras ejecutar el juego con una persona aproximadamente 50 veces.*

### 4. Conclusiones

Como podemos ver a pesar de ser dicho algoritmo el cual puede ser el más utilizado en la literatura para la toma de decisiones en juegos, esto nos ayuda siempre como una buena base al momento de implementar un juego nuevo el cual sea un buen reto de jugar humano-máquina, siempre y cuando la función de evaluación sea apropiada para el problema, como vemos en juego implementado Gato×Gato debido la cantidad grande de casillas en el tablero global, al momento de hacer búsqueda puede generar una gran cantidad estados posibles en cada momento de selección y a pesar de que en el presente trabajo se usó una mejora de minimax, para tener una mejor eficiencia, aún así no es lo mejor para este juego, como trabajo futuro se propone encontrar una mejor heurística en la función de evaluación para una mejor elección además de implementar el juego probando otras alternativas del estado del arte que hayan dado buenos resultados tales como en la sección de trabajo relacionado.

## Referencias

1. Fernández-Conde, J.; Cuenca-Jiménez, P.; Cañas, J.M. Hybrid Training Strategies: Improving Performance of Temporal Difference Learning in Board Games. *Appl. Sci.* 2022, 12, 2854. <https://doi.org/10.3390/app12062854>
2. Poliansky, R.; Sipper, M.; Elyasaf, A. From Requirements to Source Code: Evolution of Behavioral Programs. *Appl. Sci.* 2022, 12, 1587. <https://doi.org/10.3390/app12031587>