



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO  
**DIPARTIMENTO DI INFORMATICA**

Laurea triennale in Informatica

# Fondamenti di Intelligenza Artificiale

Lezione 10 - Ricerca con avversari (3)



# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Algoritmo minimax e potatura alfa-beta

Come fatto per gli algoritmi genetici, l'implementazione dell'algoritmo min-max è disponibile sulla piattaforma e-learning: utilizzando il codice disponibile, potrete vedere nel pratico perché la potatura alfa-beta è necessaria.

Il repository contenente il codice sorgente degli esempi che verranno considerati così come la documentazione del progetto sono disponibili su Github:

`https://github.com/SeSa-Lab/MinimaxGames`

# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

Come abbiamo intuito, anche in questo caso la cosa più importante è modellare adeguatamente una situazione reale come un gioco.

**Tip.** La vita è un gioco! Qualsiasi situazione che prevede una scelta può essere formulata in termini di gioco collaborativo o competitivo!

Esistono solo giochi più o meno complicati di altri. Pensiamo, ad esempio, al seguente caso: *Conviene andare a fare la spesa adesso, sapendo che dalle 9 alle 18 la maggior parte della popolazione lavora, che nei giorni (pre-)festivi i supermercati sono più frequentati e tenendo in considerazione la possibilità di potersi allontanare da lavoro per un massimo di 30 minuti, salvo ammonizione formale?*

In questo caso, il giocatore deve decidere se uscire o meno da lavoro sulla base delle diverse scelte che ha e sulla base del payoff risultante da tali scelte.

Scomponendo il problema di decisione binario, il giocatore si troverebbe di fronte a diverse alternative, ponendosi quindi in una condizione di gioco.

Ad esempio, il gioco potrebbe prevedere la scelta tra più percorsi in cui l'ambiente è multi-agente poiché diversi agenti possono interagire sul percorso che separa il giocatore dal supermercato (es.: i vigili, gli altri automobilisti, i sindacati, ecc.)

L'albero di gioco potrebbe essere rappresentato come se si partecipasse ad un gioco stocastico, dove le azioni compiute dal giocatore portano a conseguenze che si verificano con un certo grado di probabilità, influenzando quindi le successive scelte.

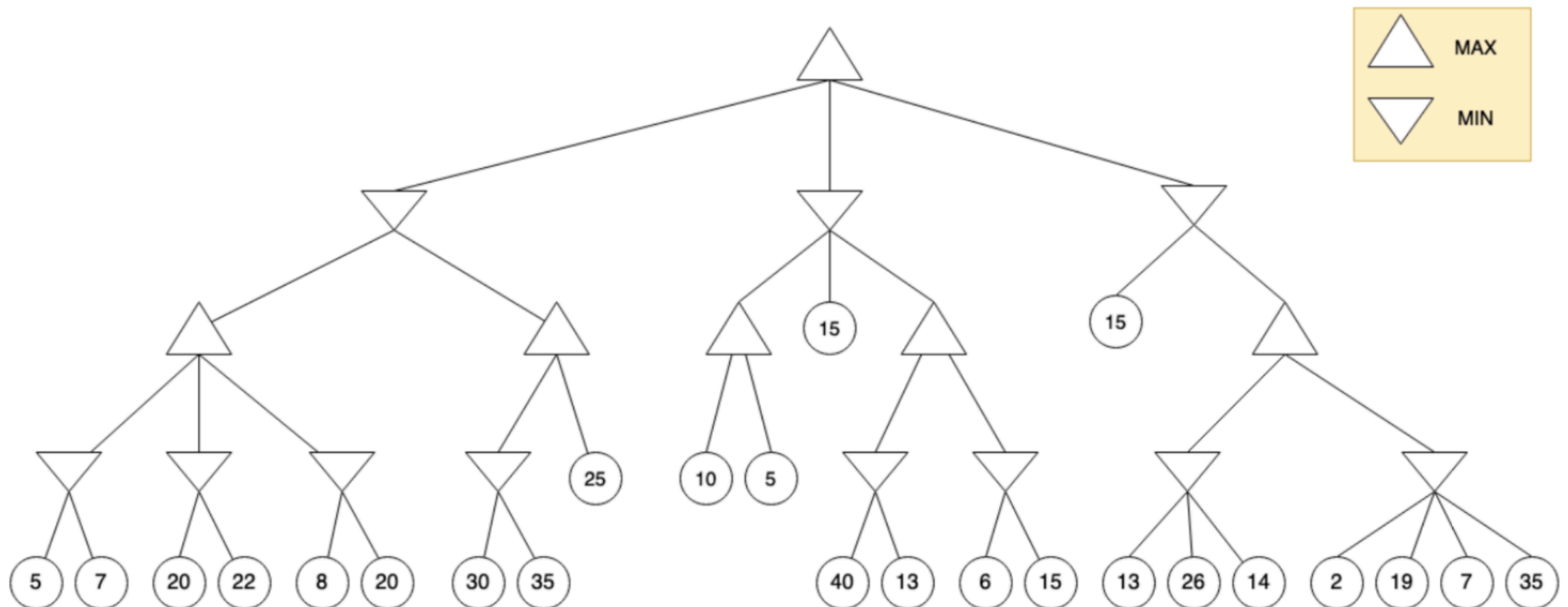
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

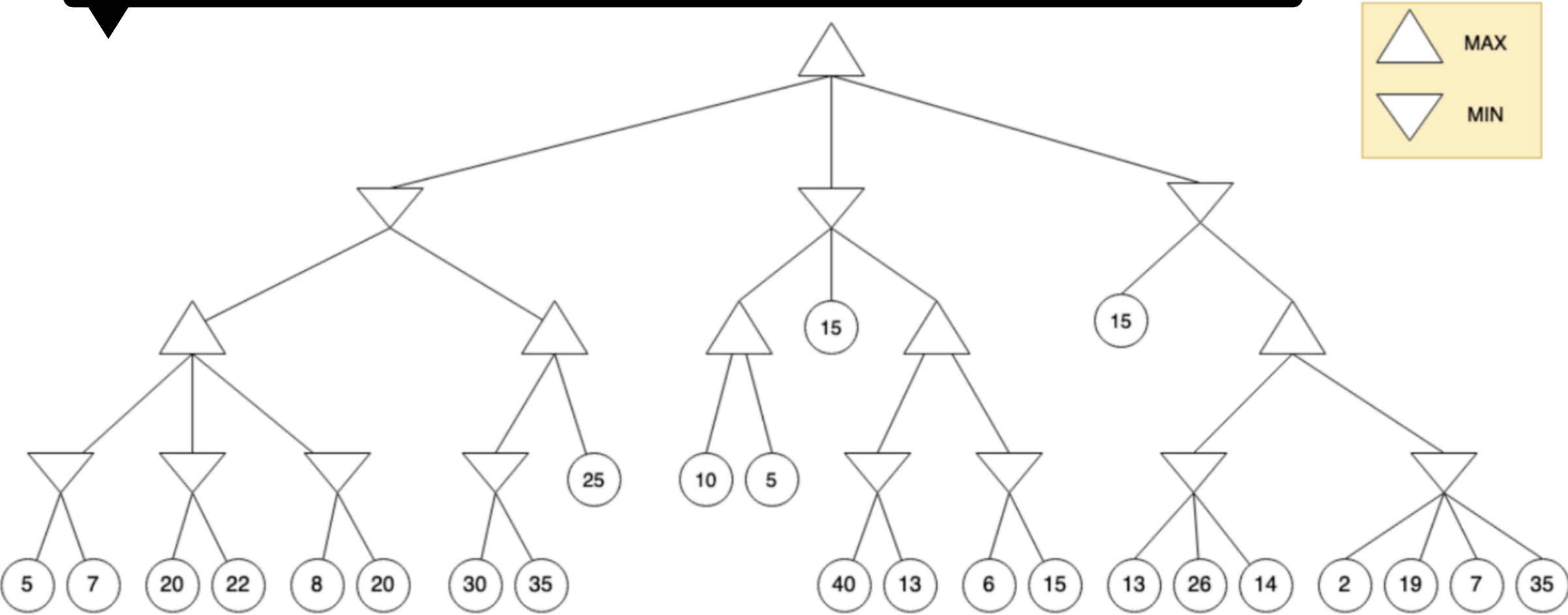
Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Prob** **Esercizio:** Calcolare il valore minimax dei nodi usando l'algoritmo minimax standard, riportare quale mossa verrà selezionata dal giocatore MAX ed elencare i nodi che l'algoritmo alfa-beta eliminerebbe.

**MAX** razioni tra





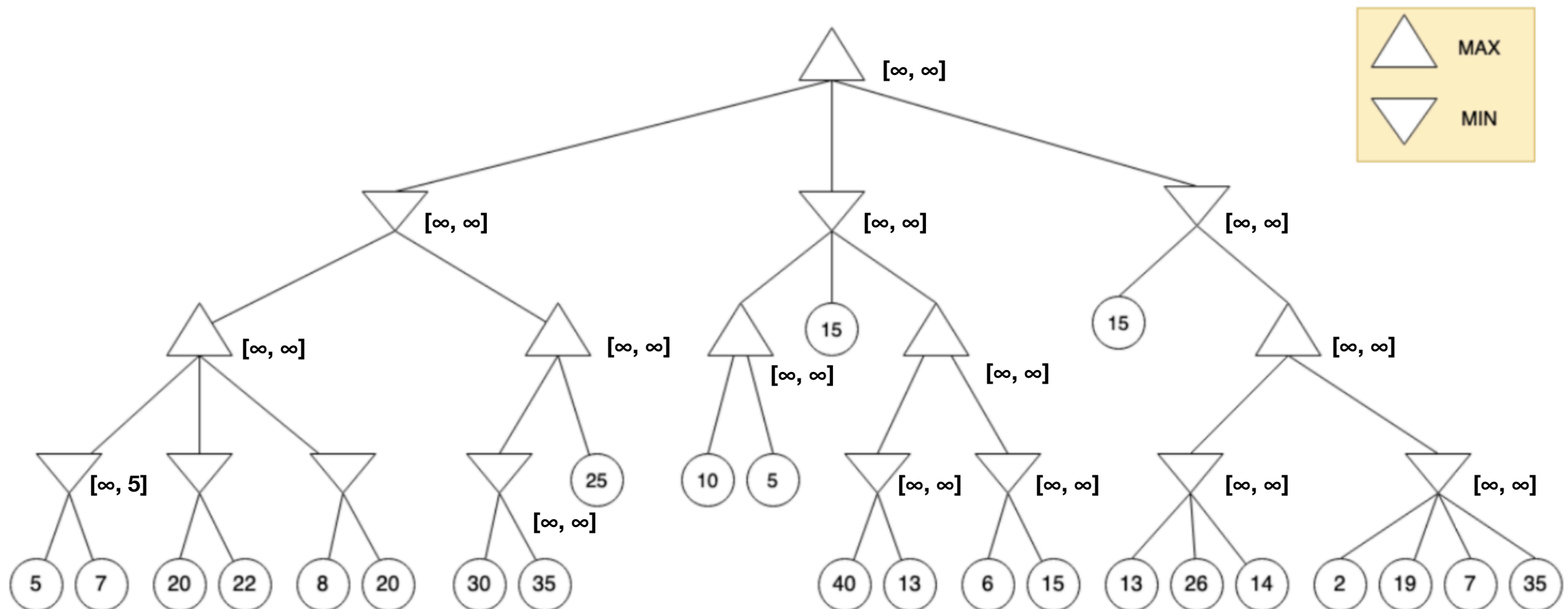
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



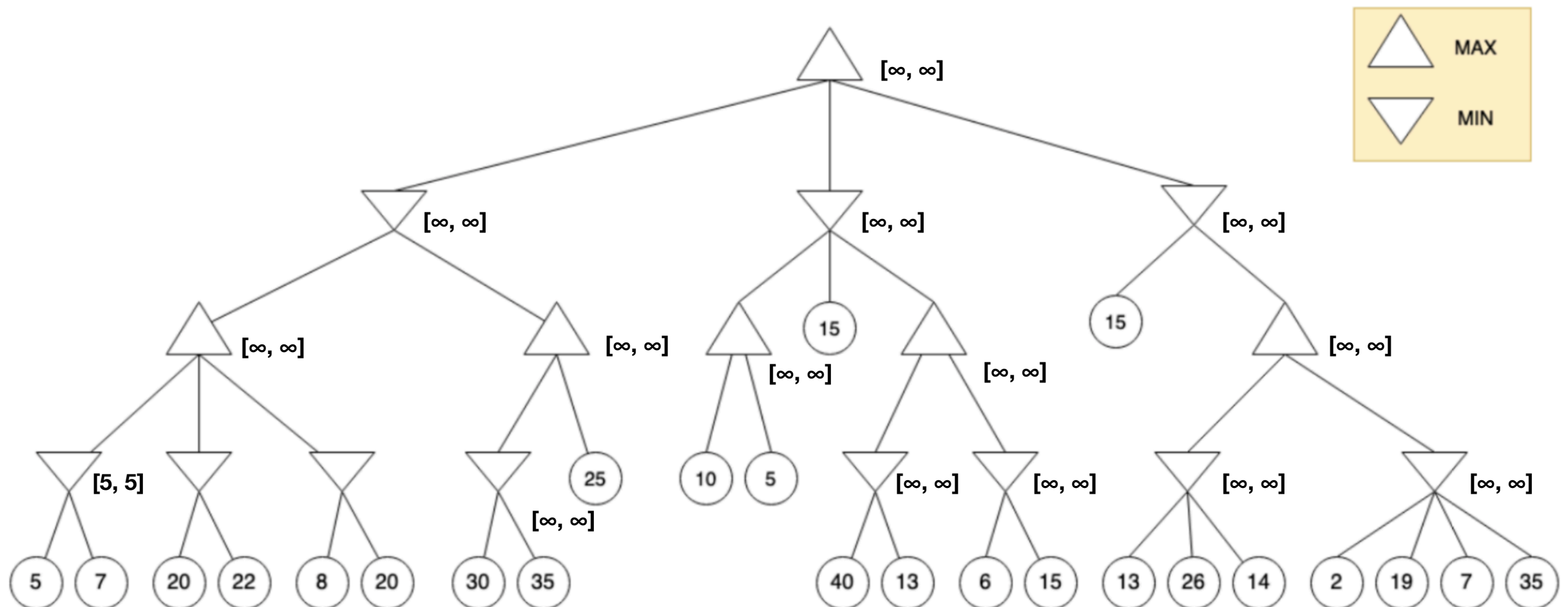
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



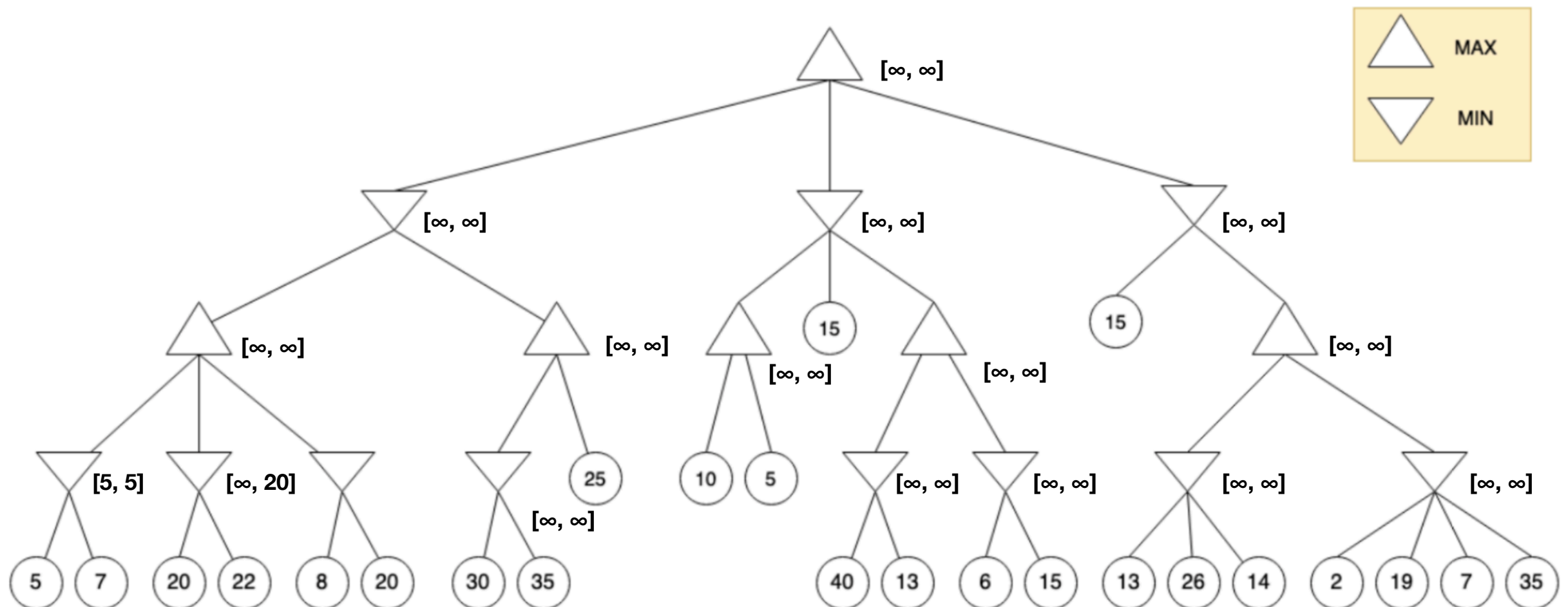
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





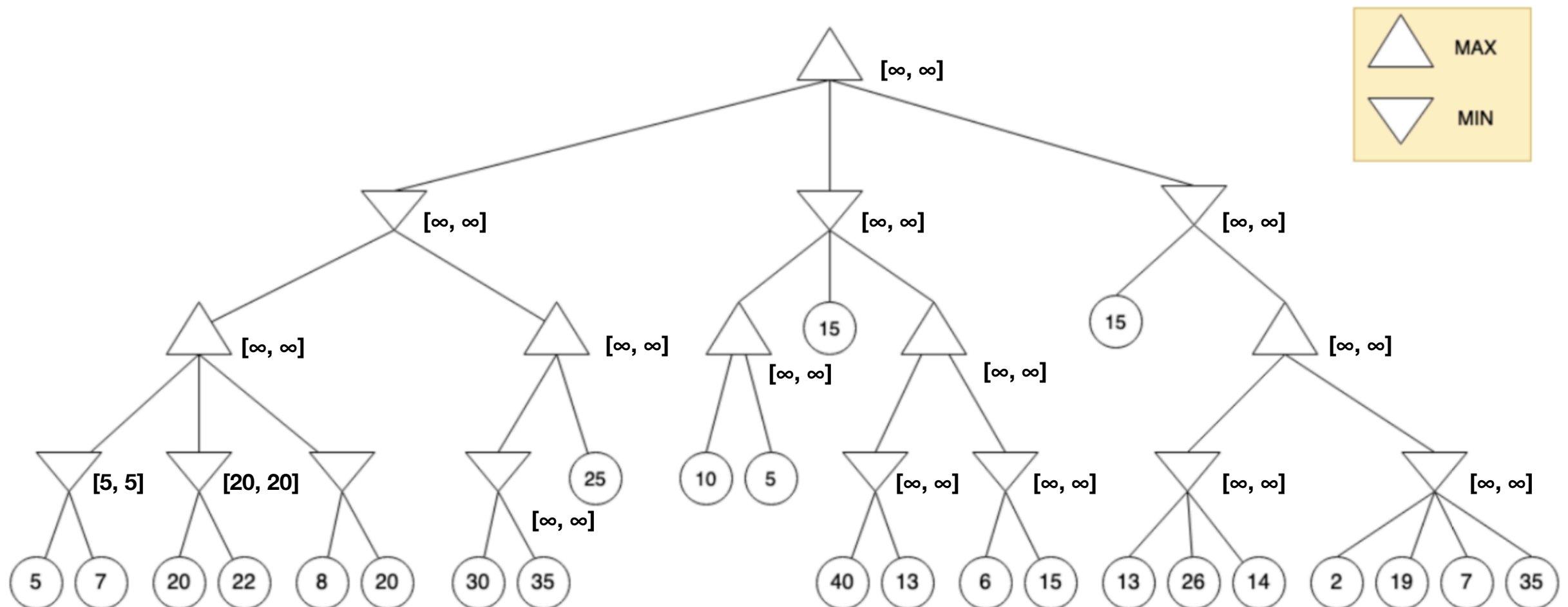
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



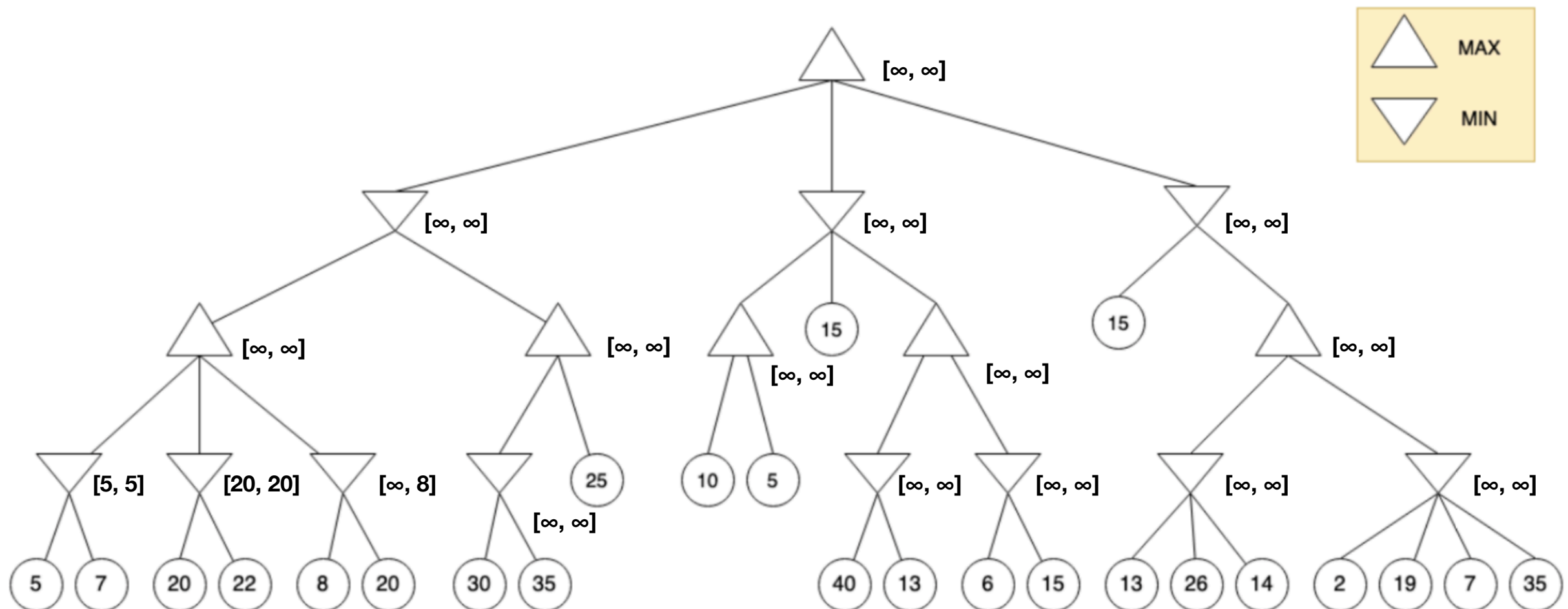
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



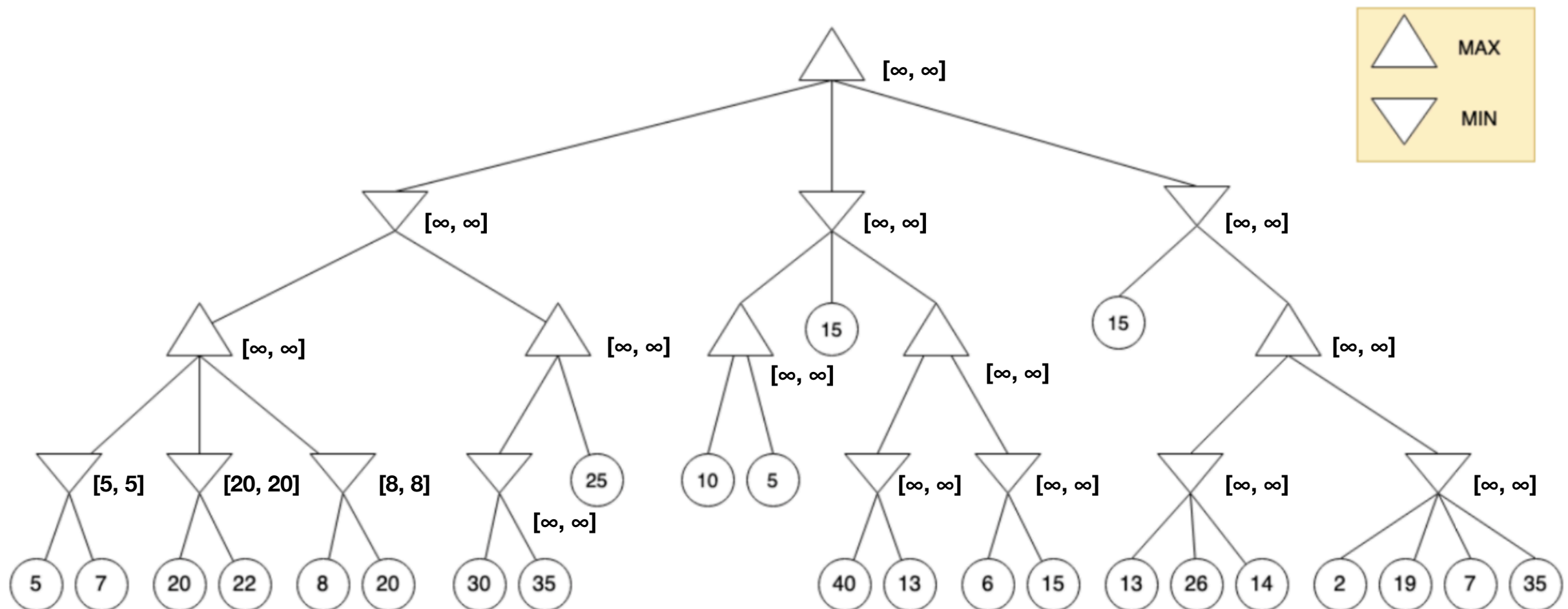
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



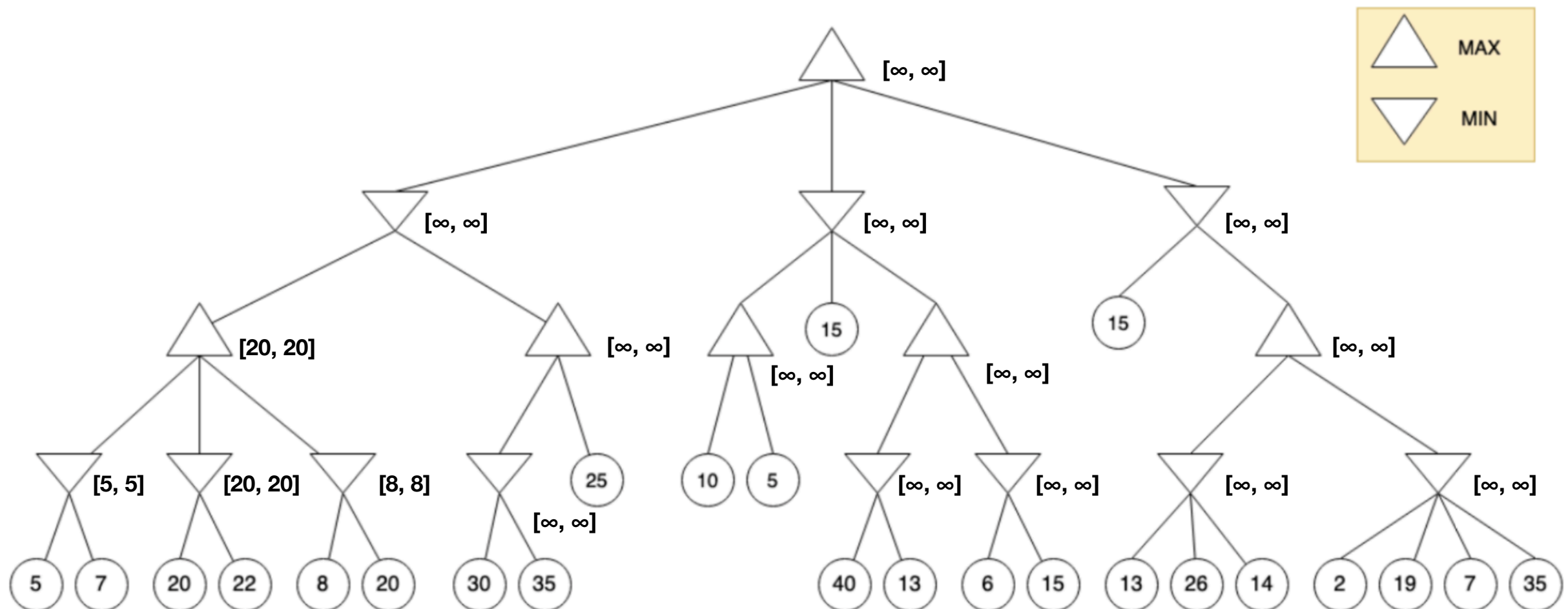
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



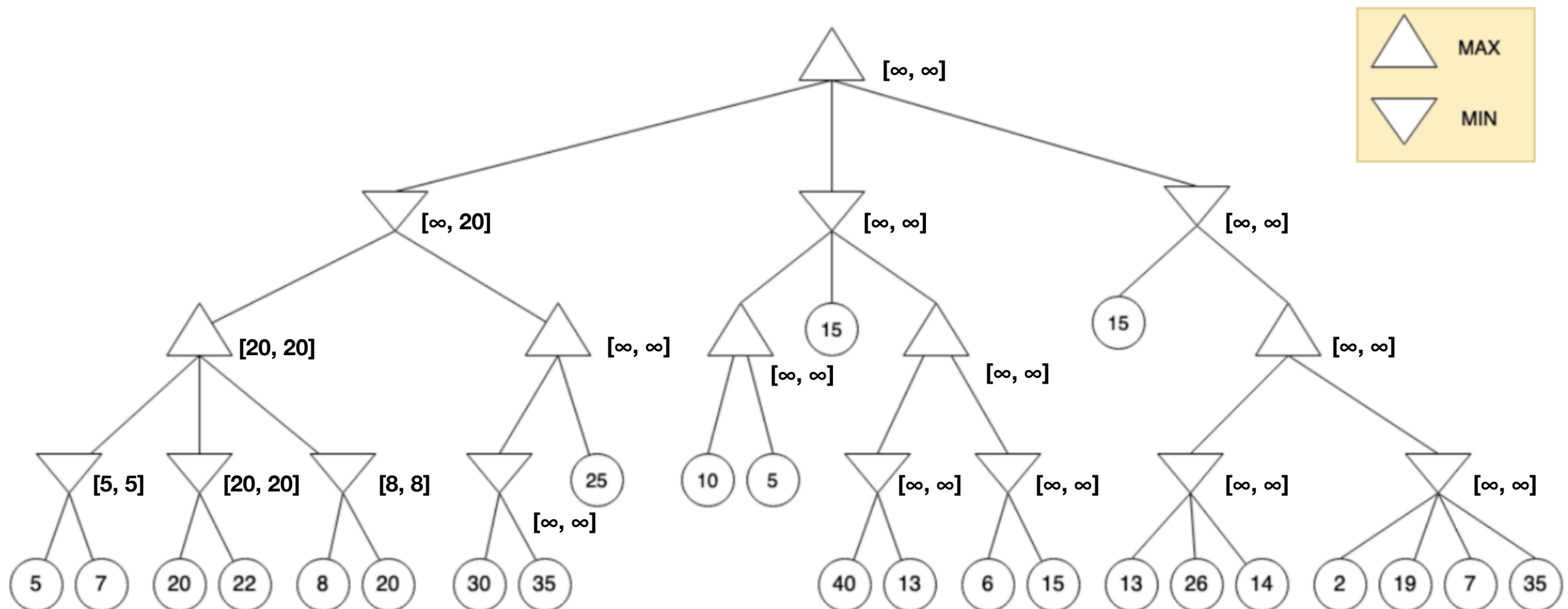
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





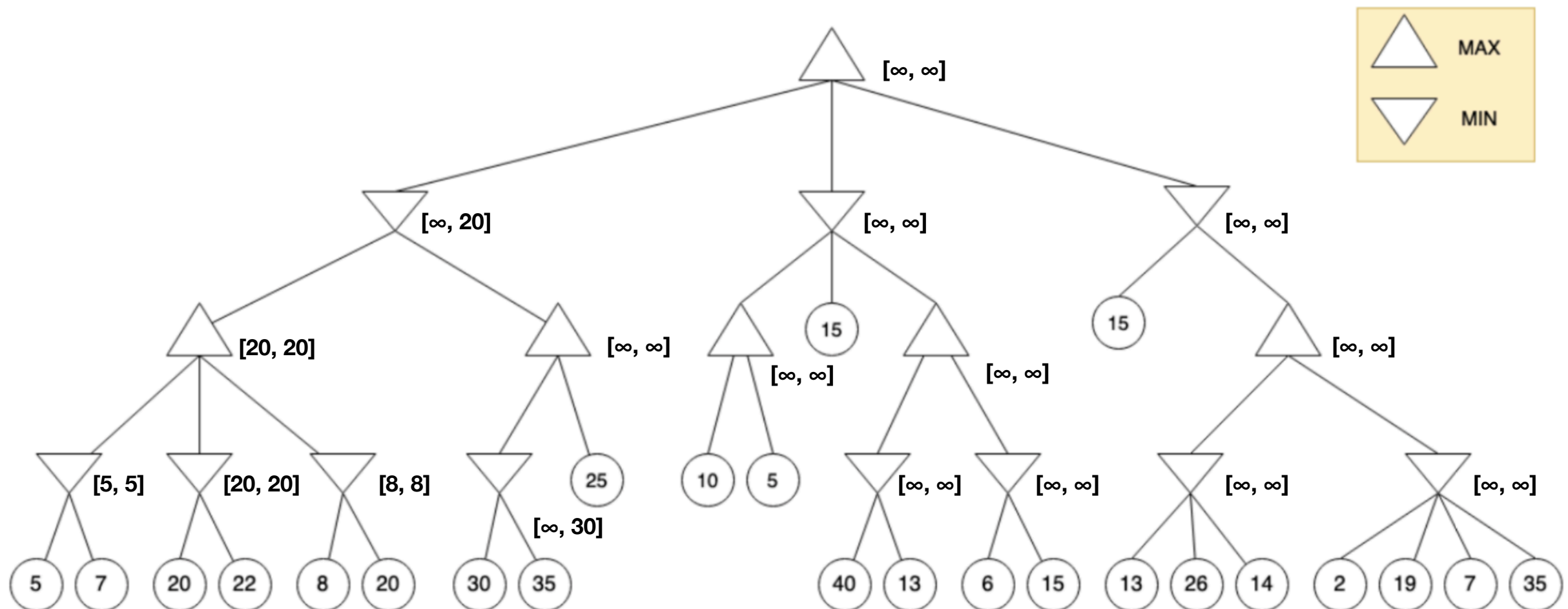
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



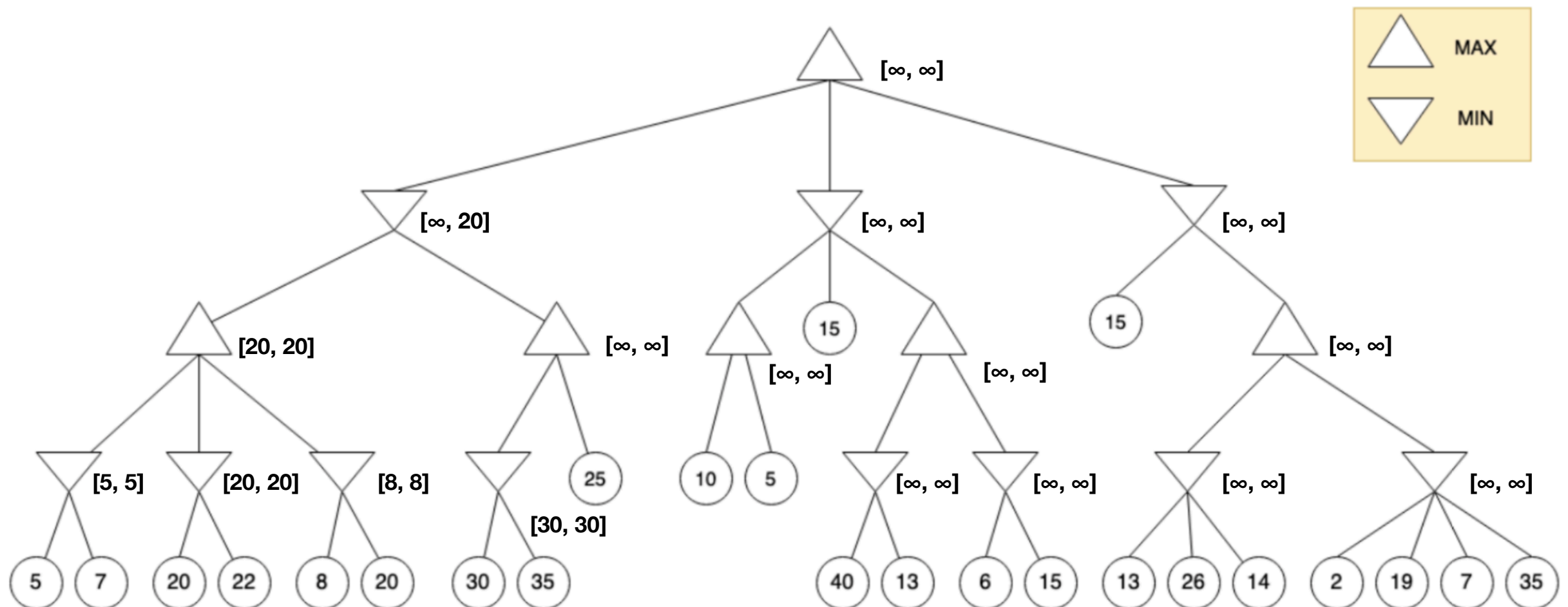
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



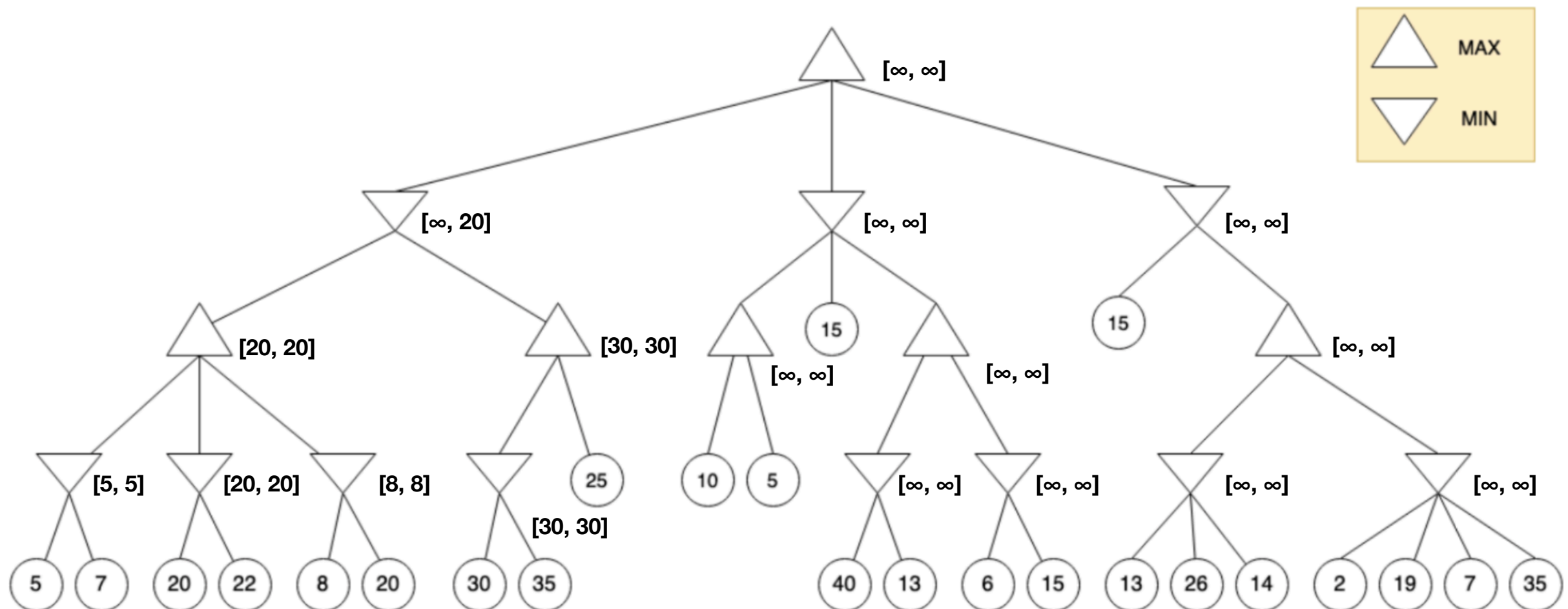
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



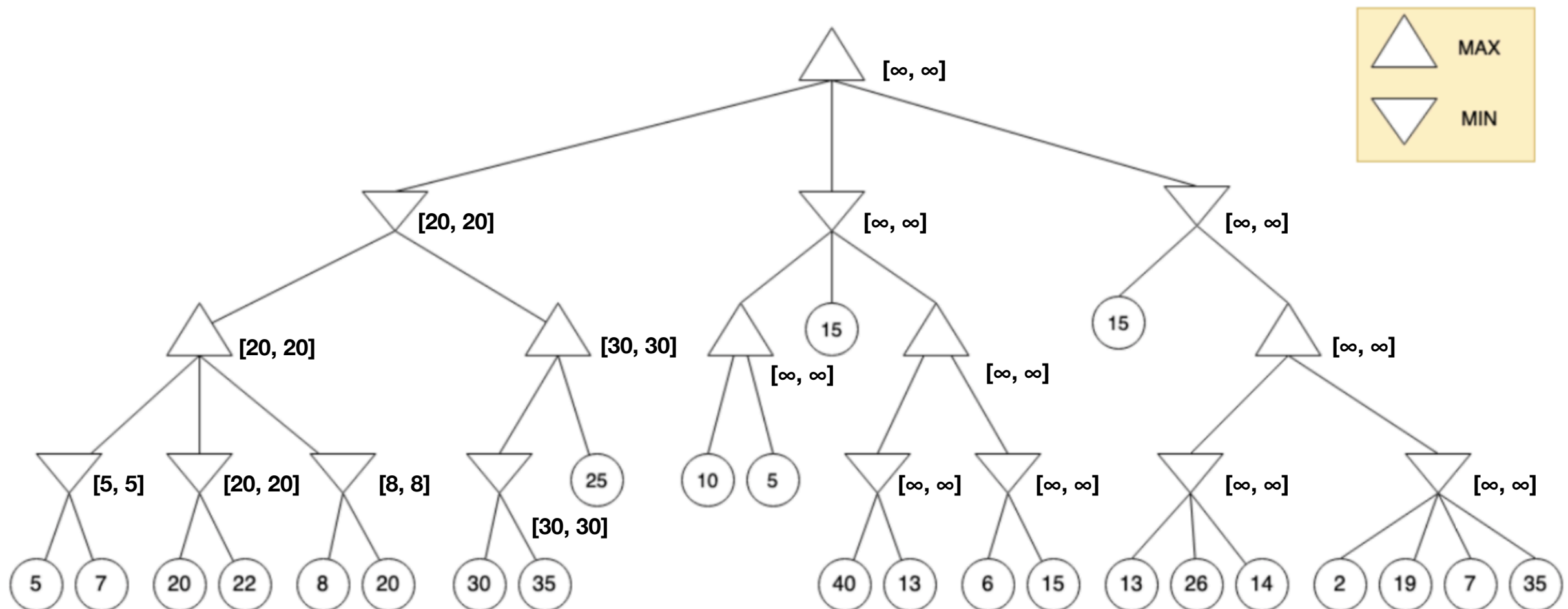
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



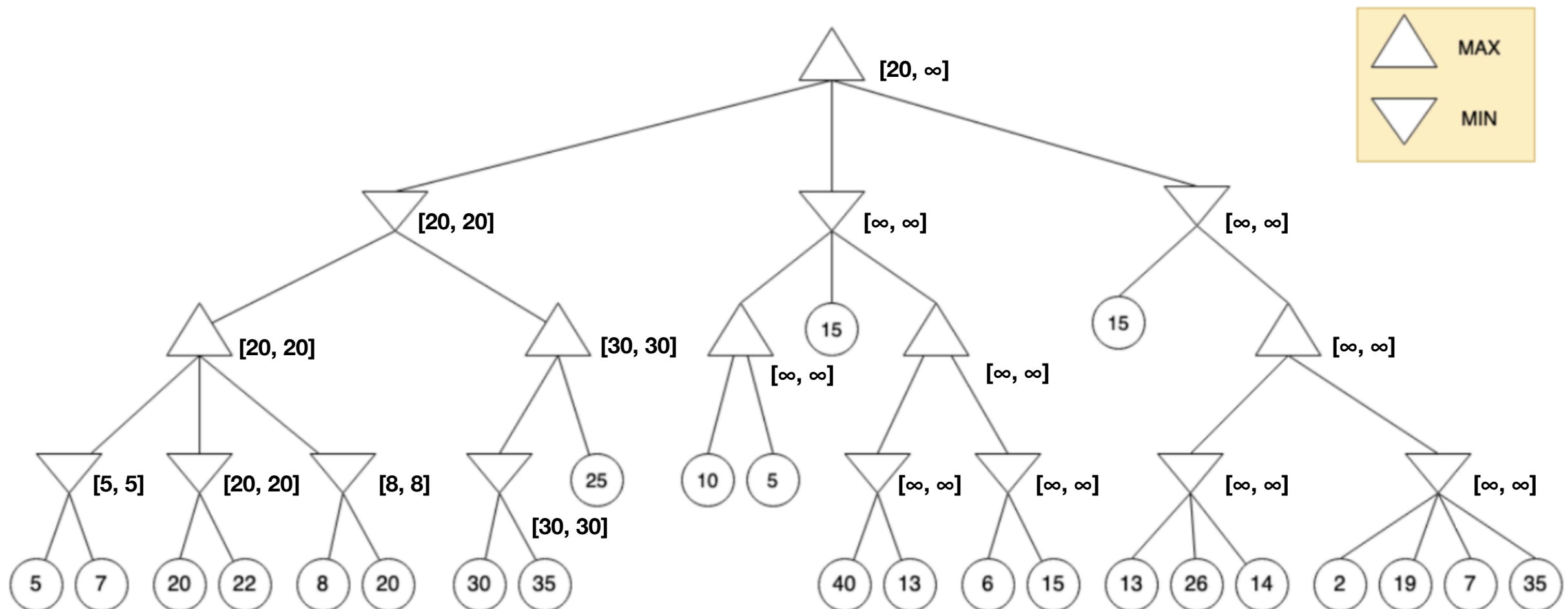
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





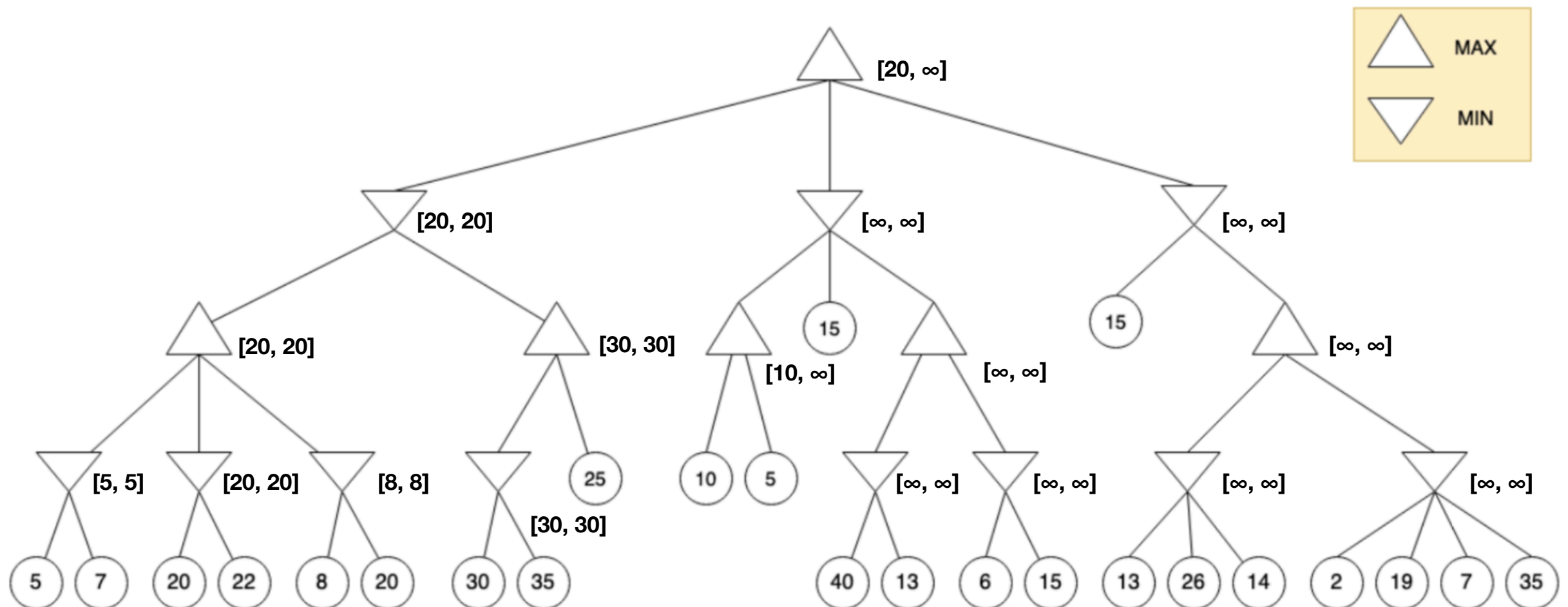
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



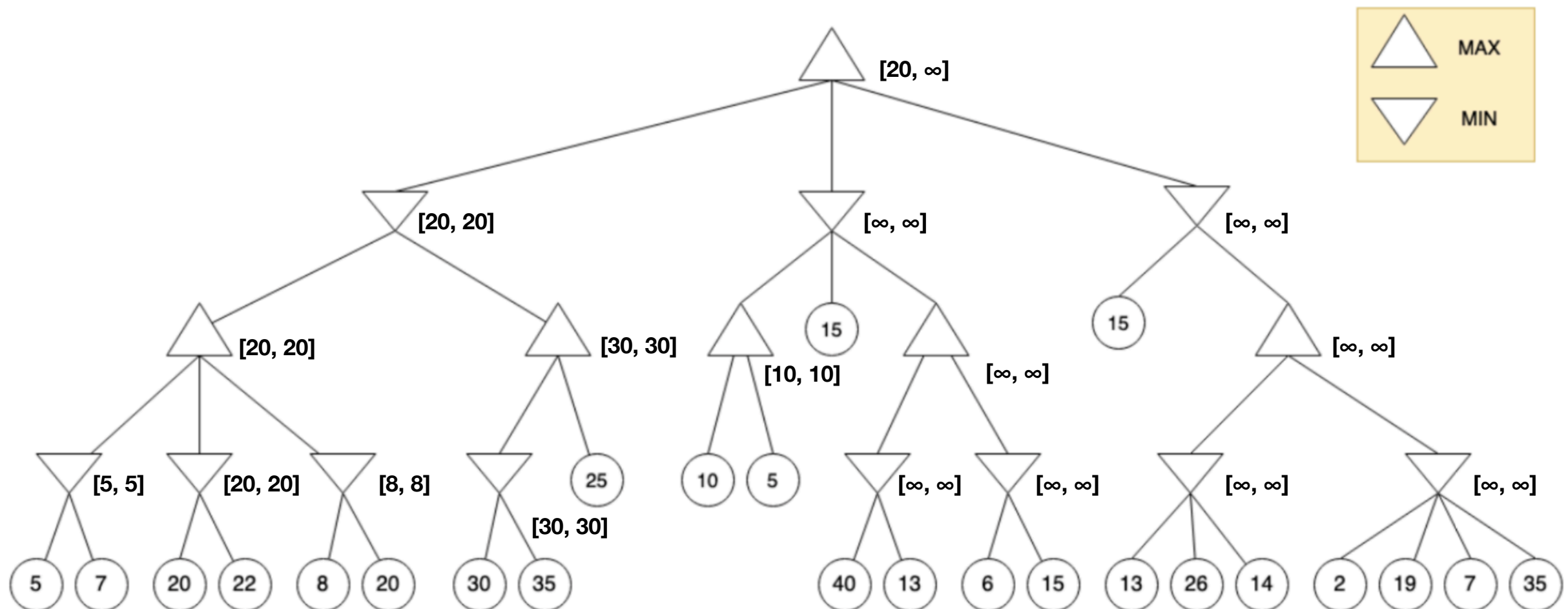
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



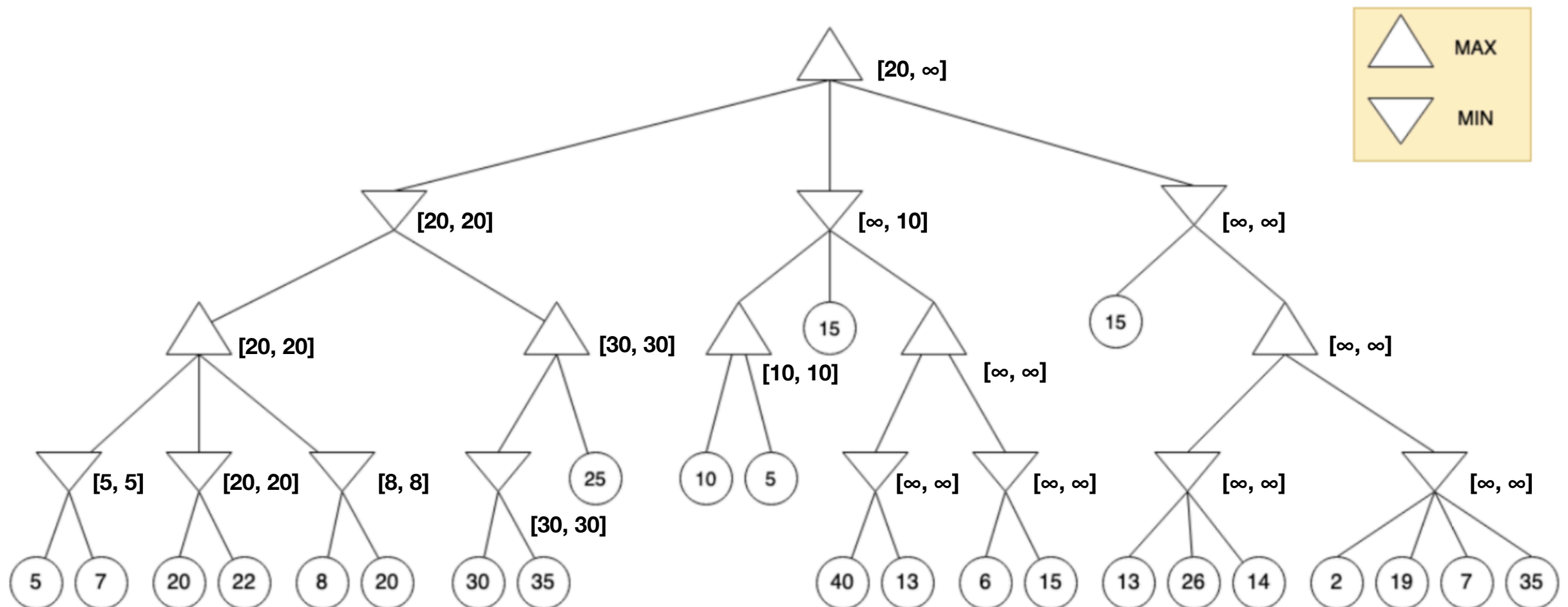
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



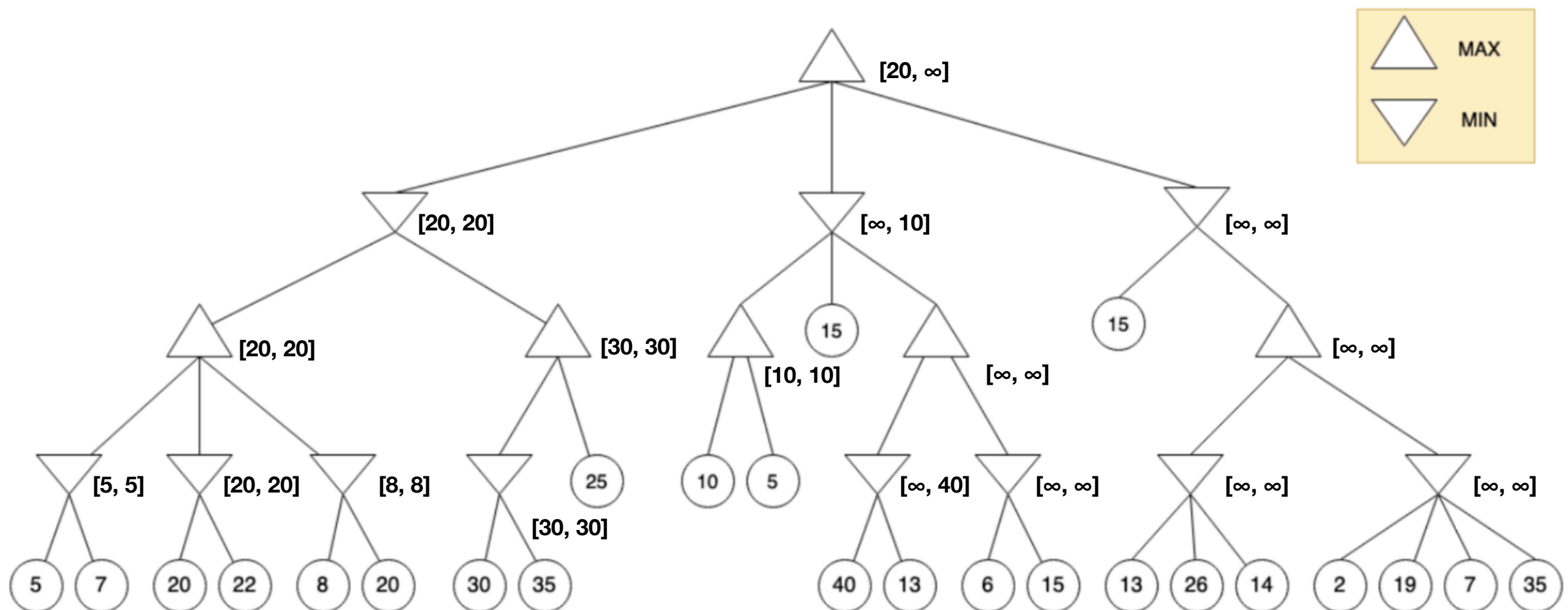
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



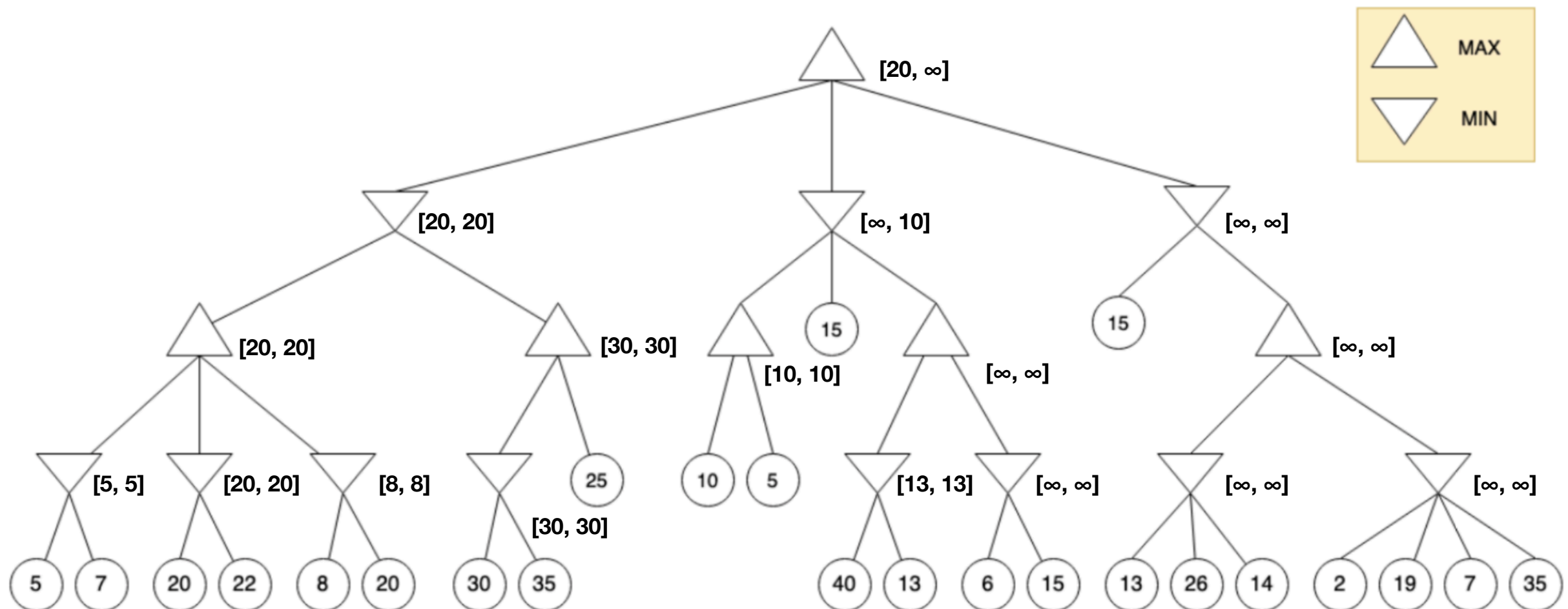
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





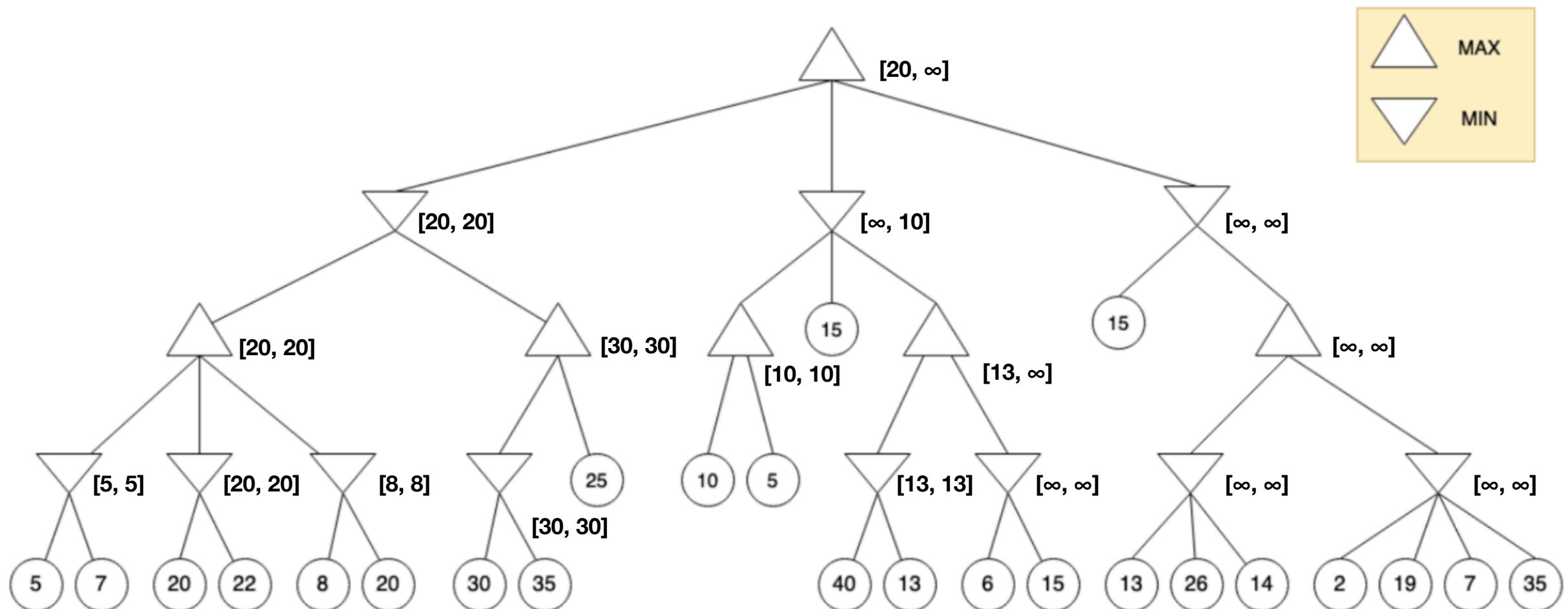
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



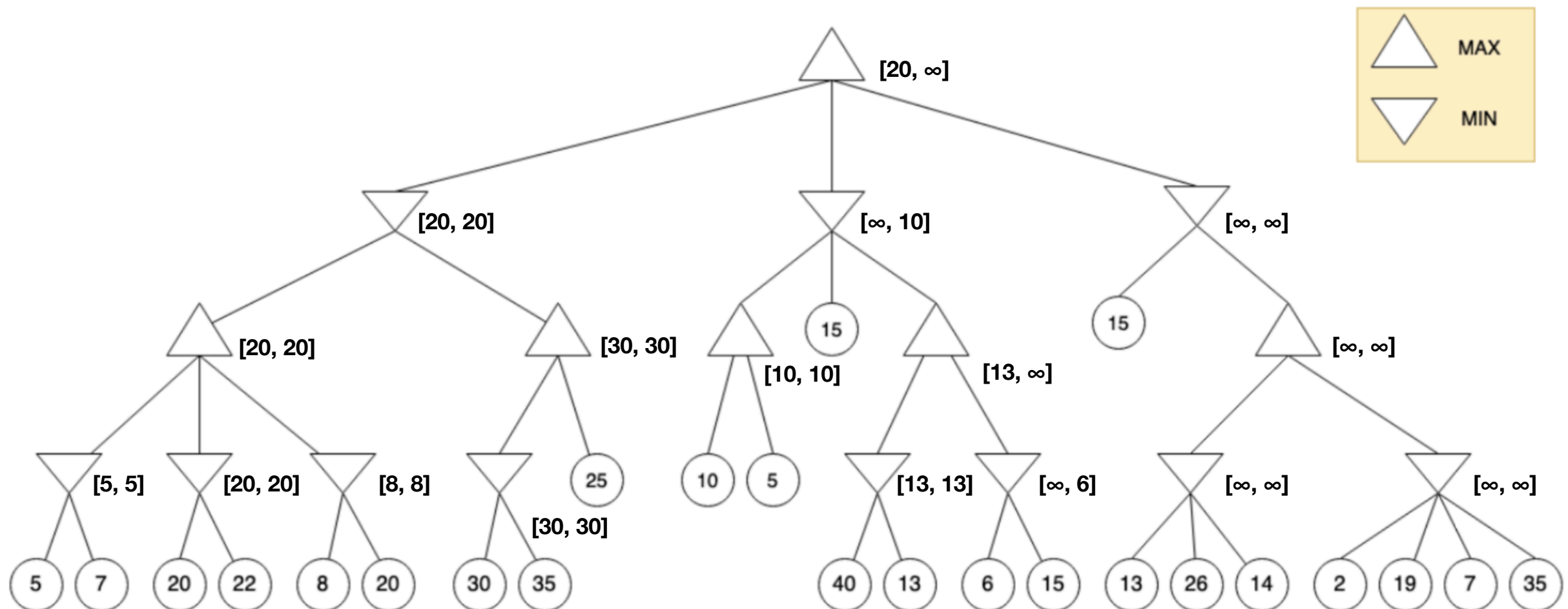
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



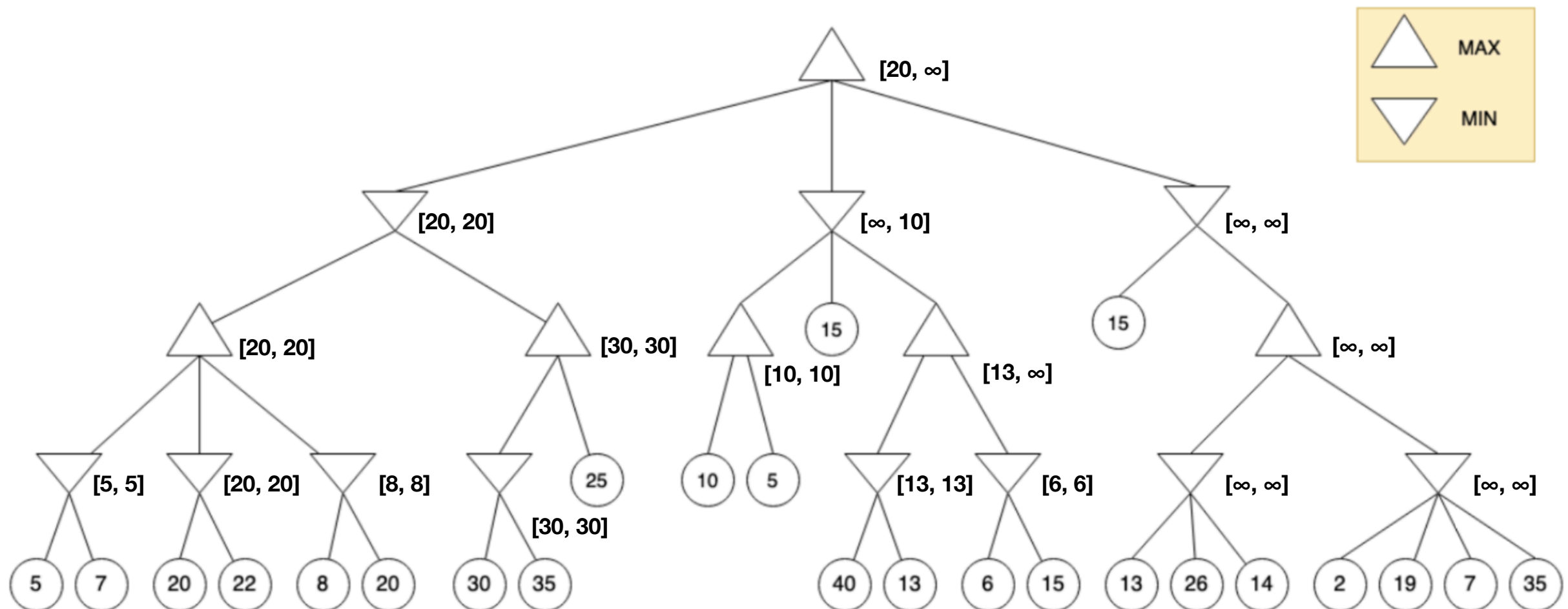
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



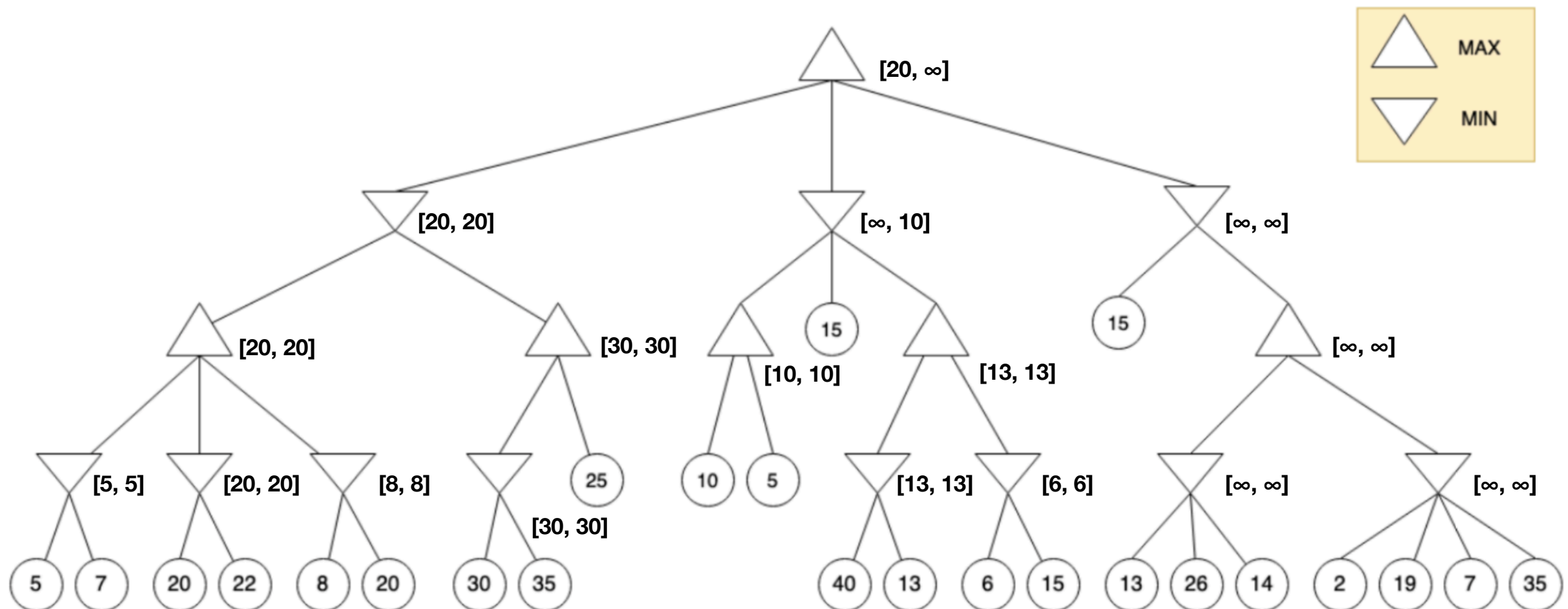
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



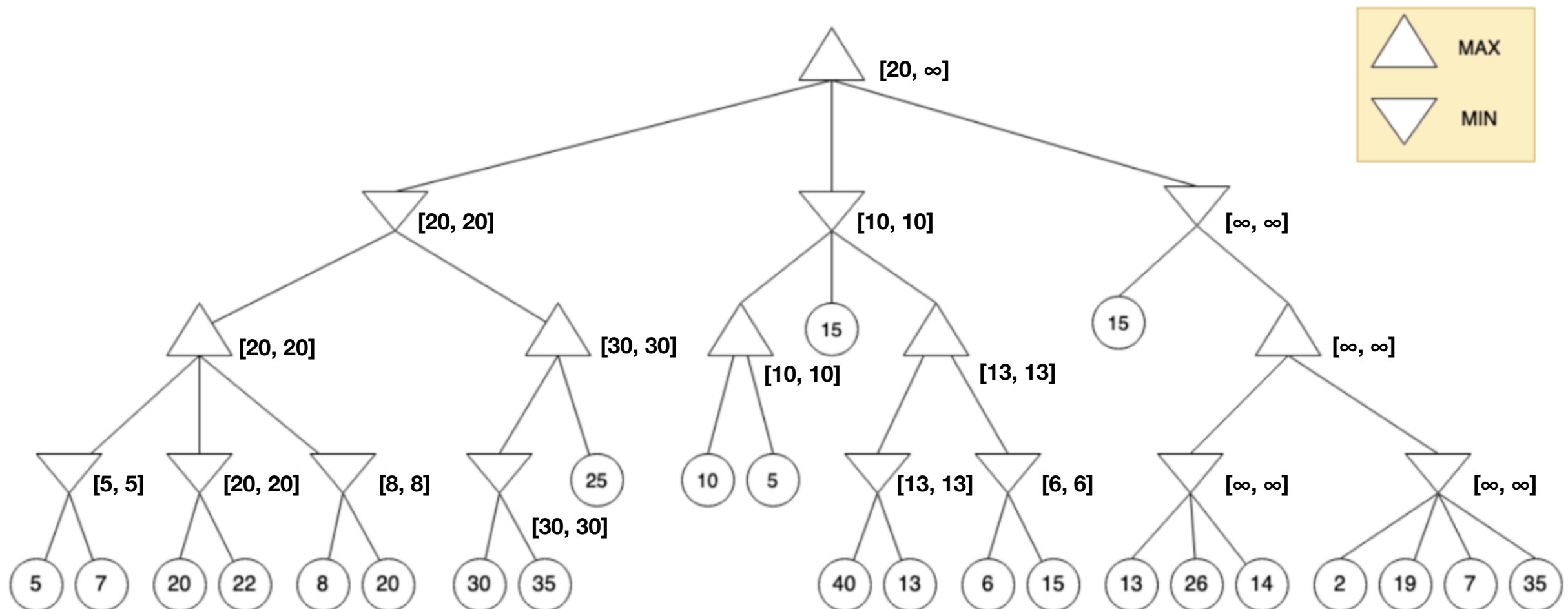
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





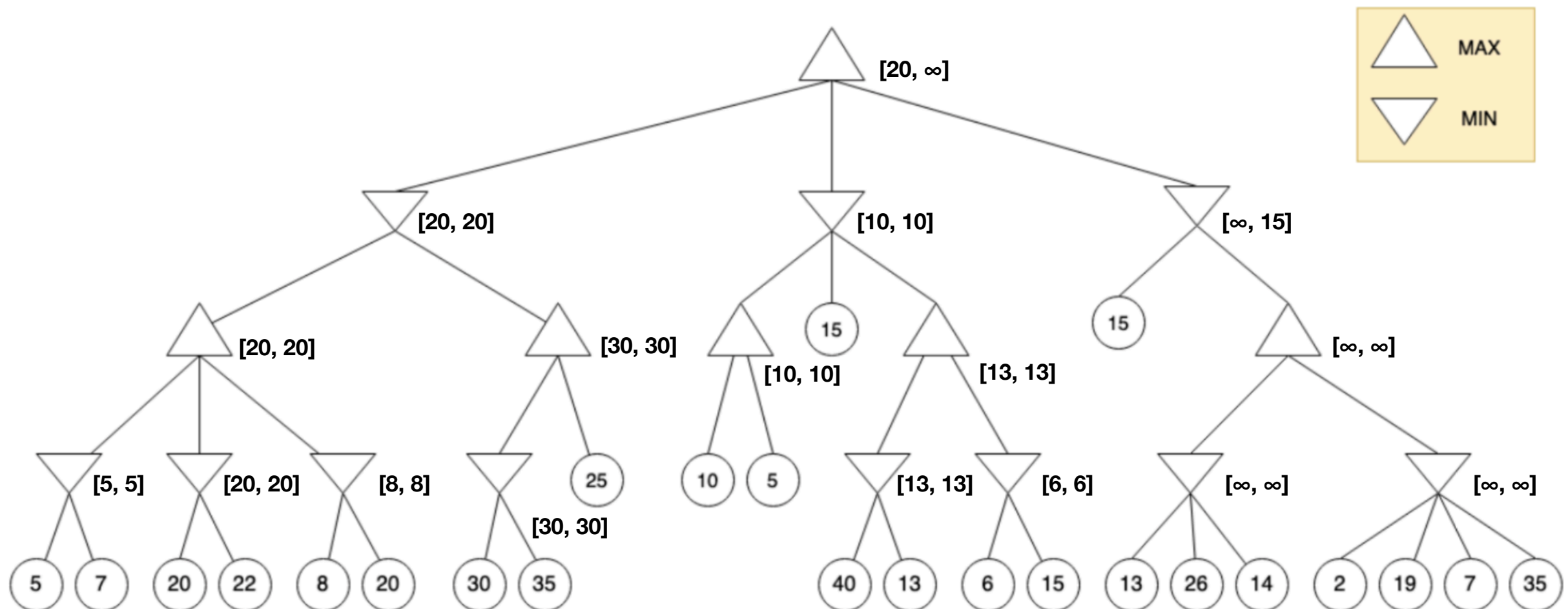
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



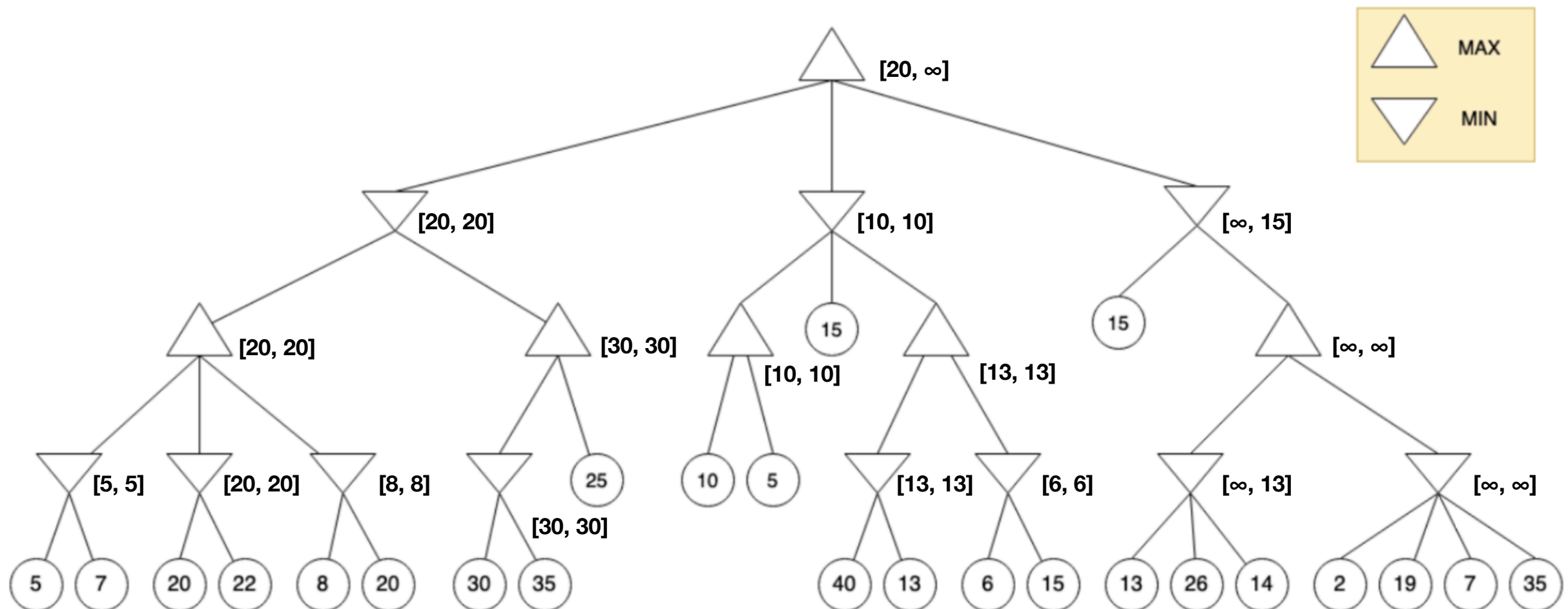
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



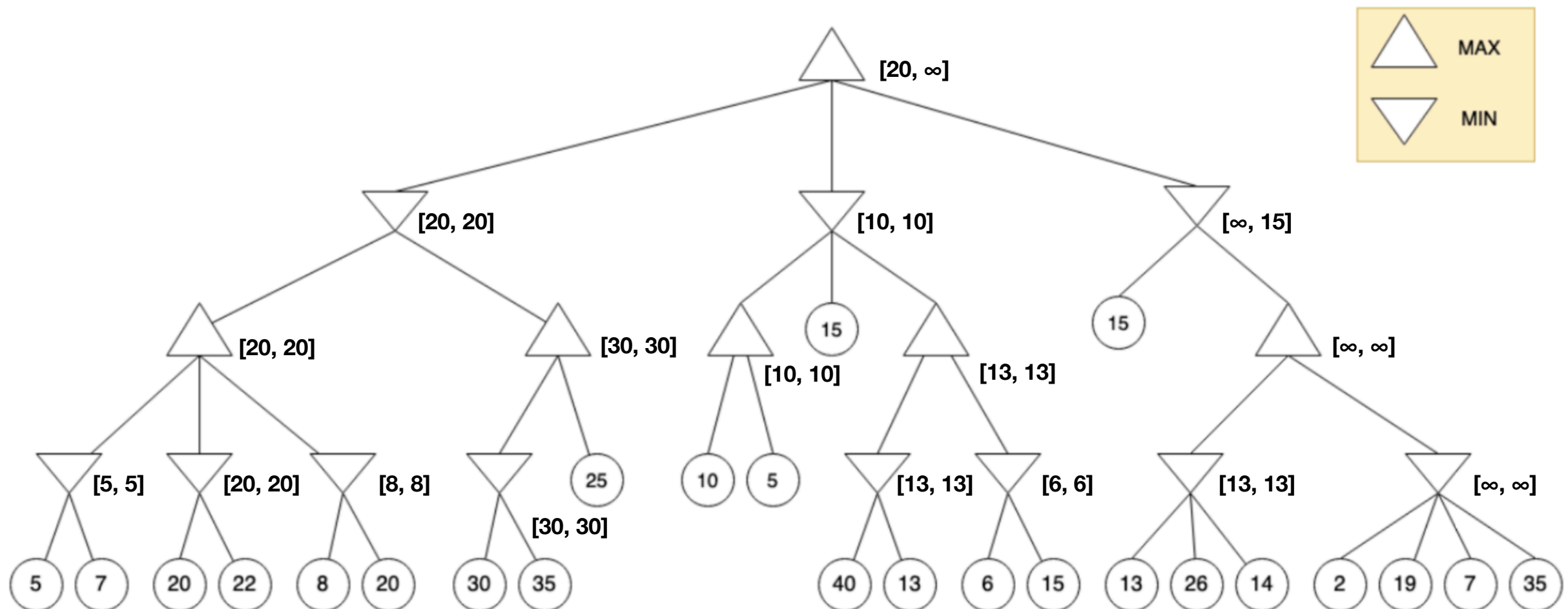
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



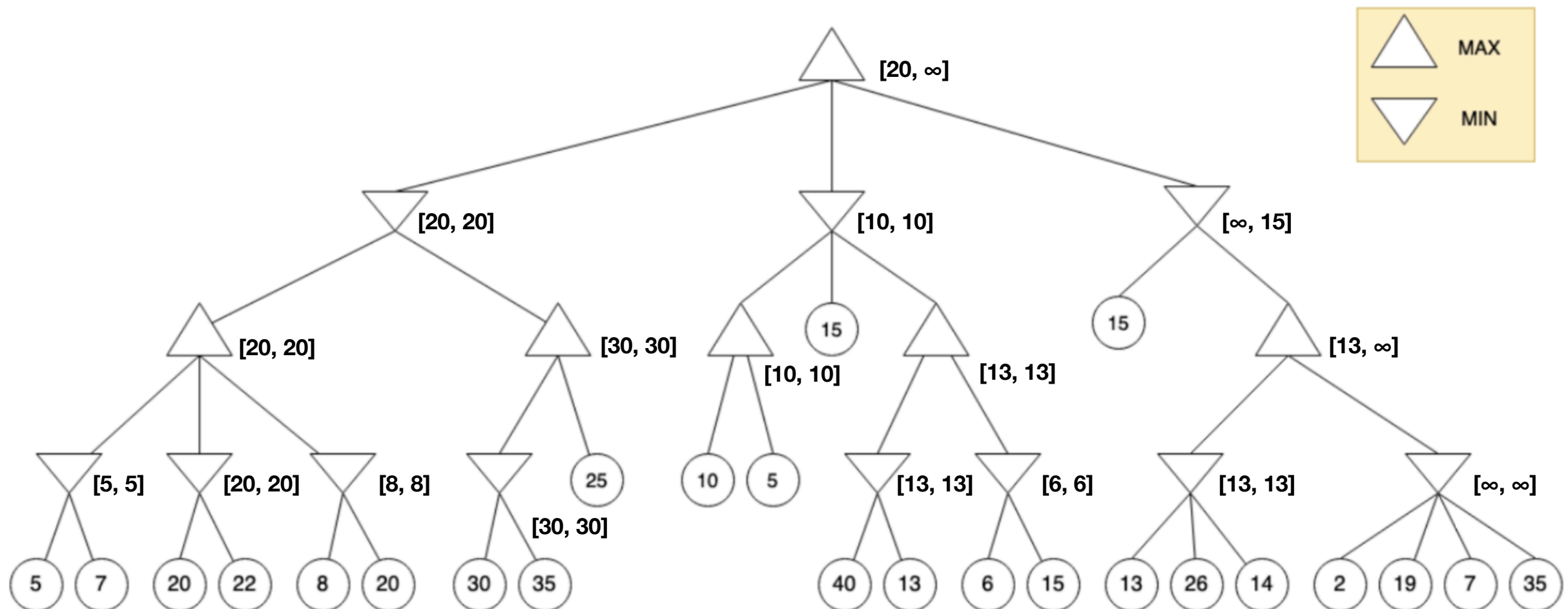
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



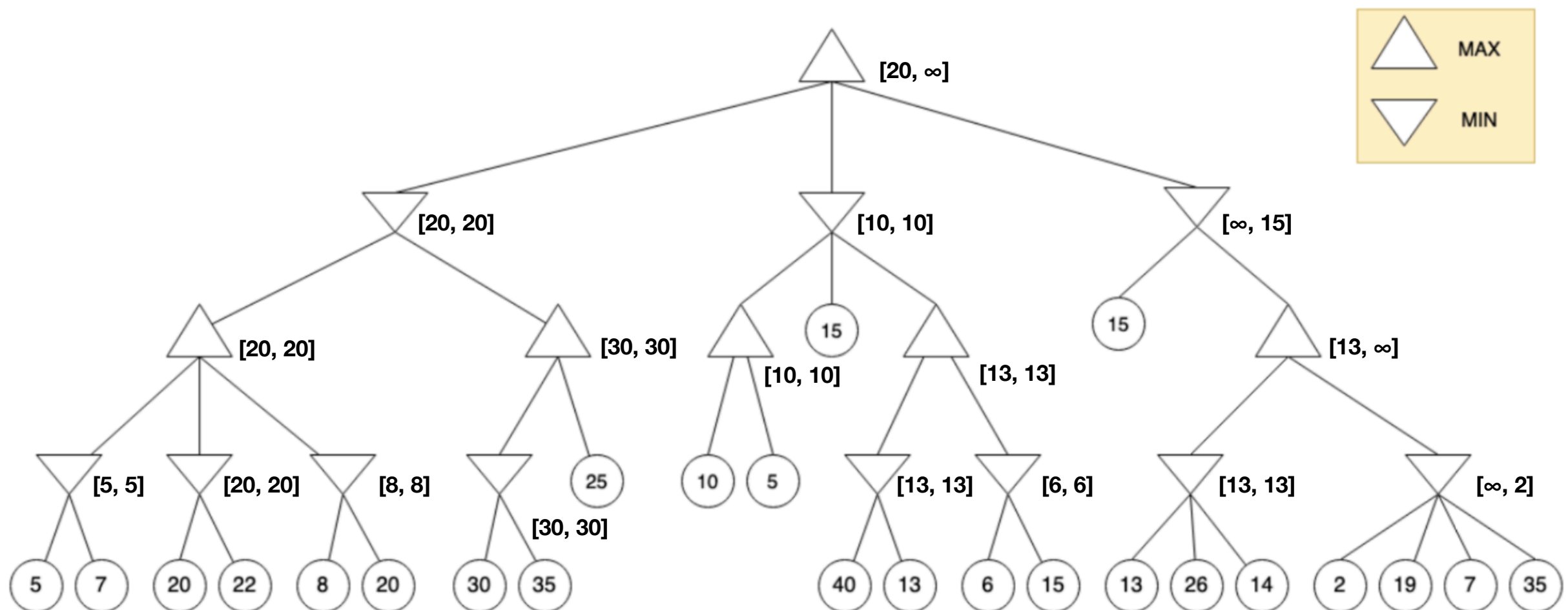
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



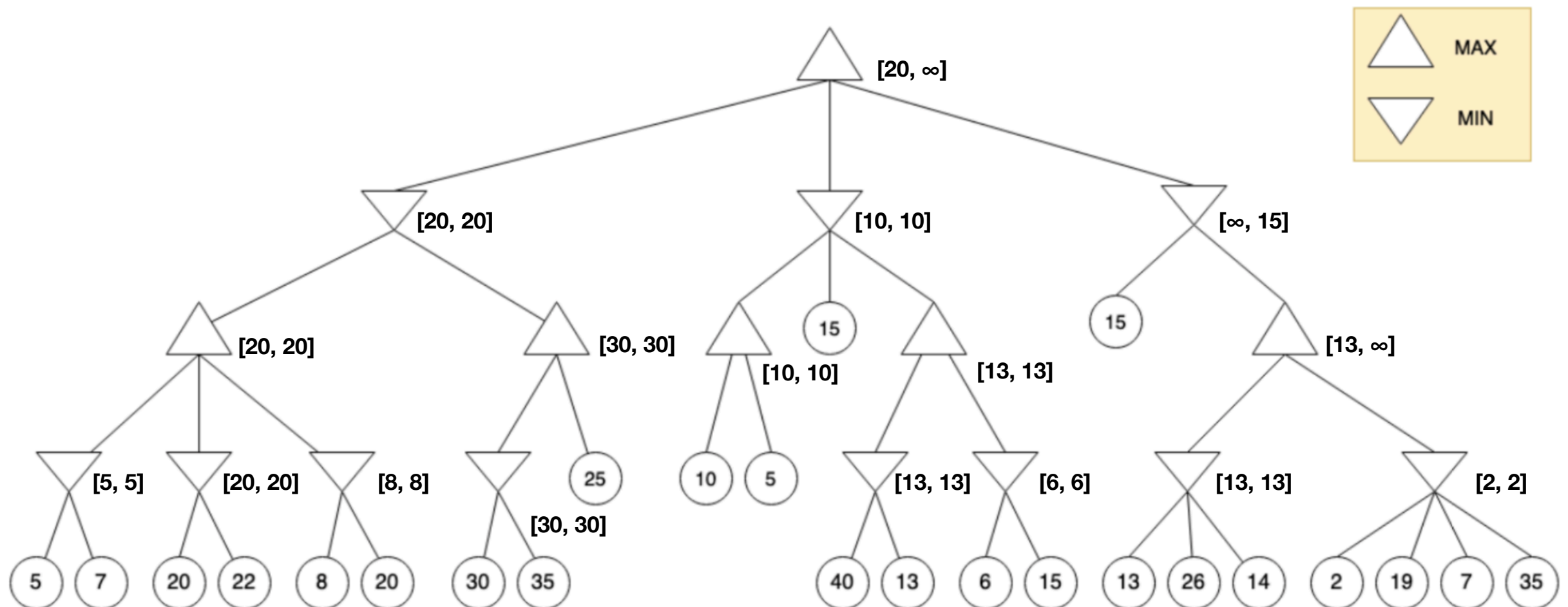
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





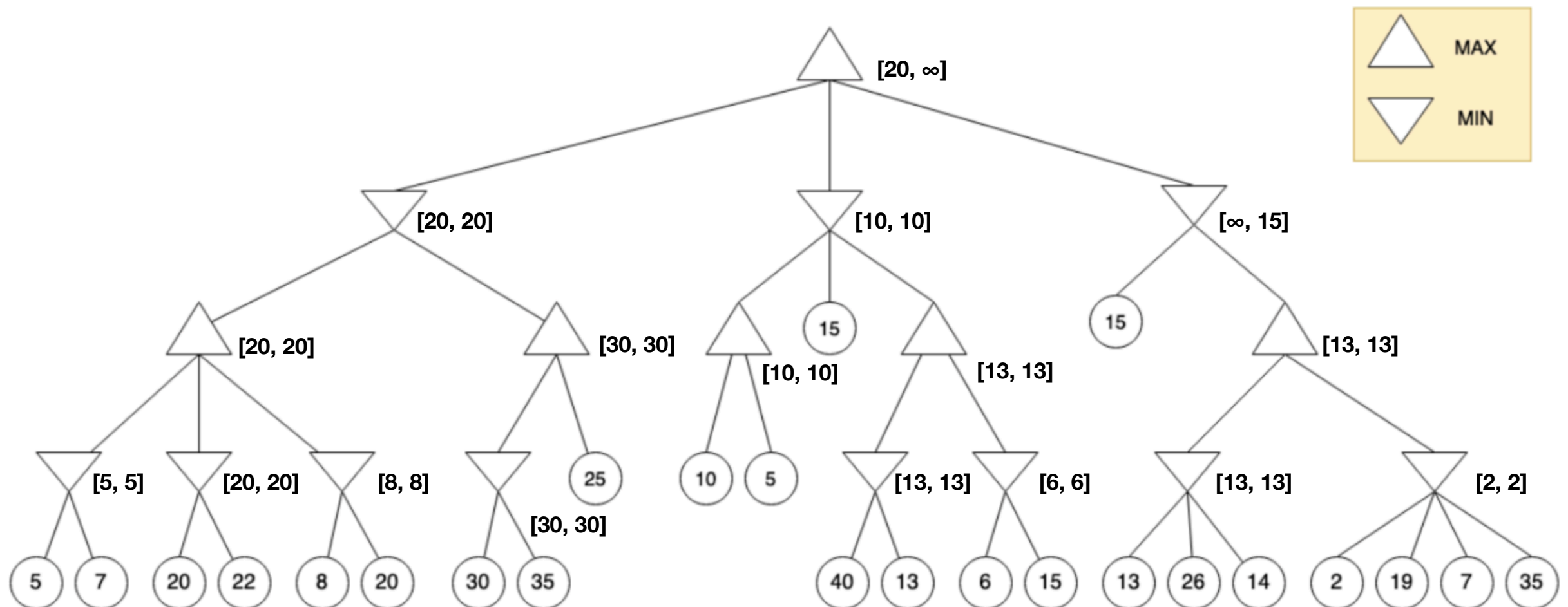
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



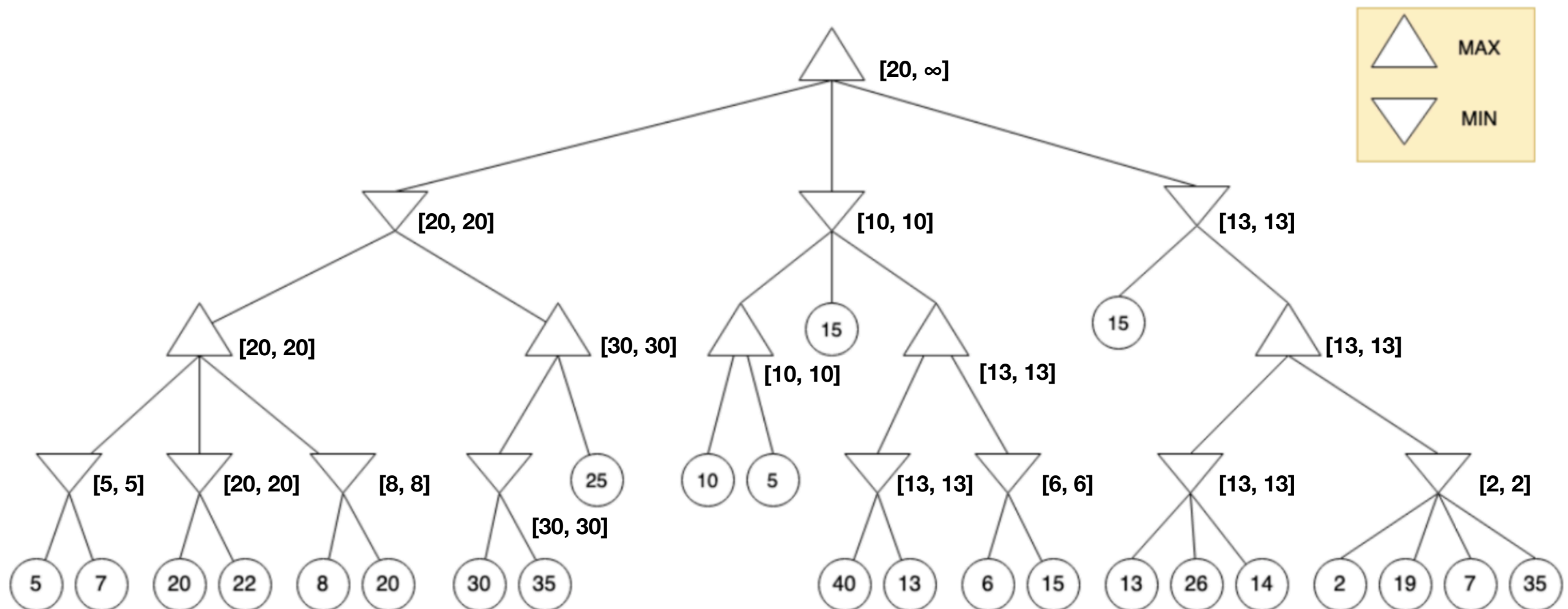
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



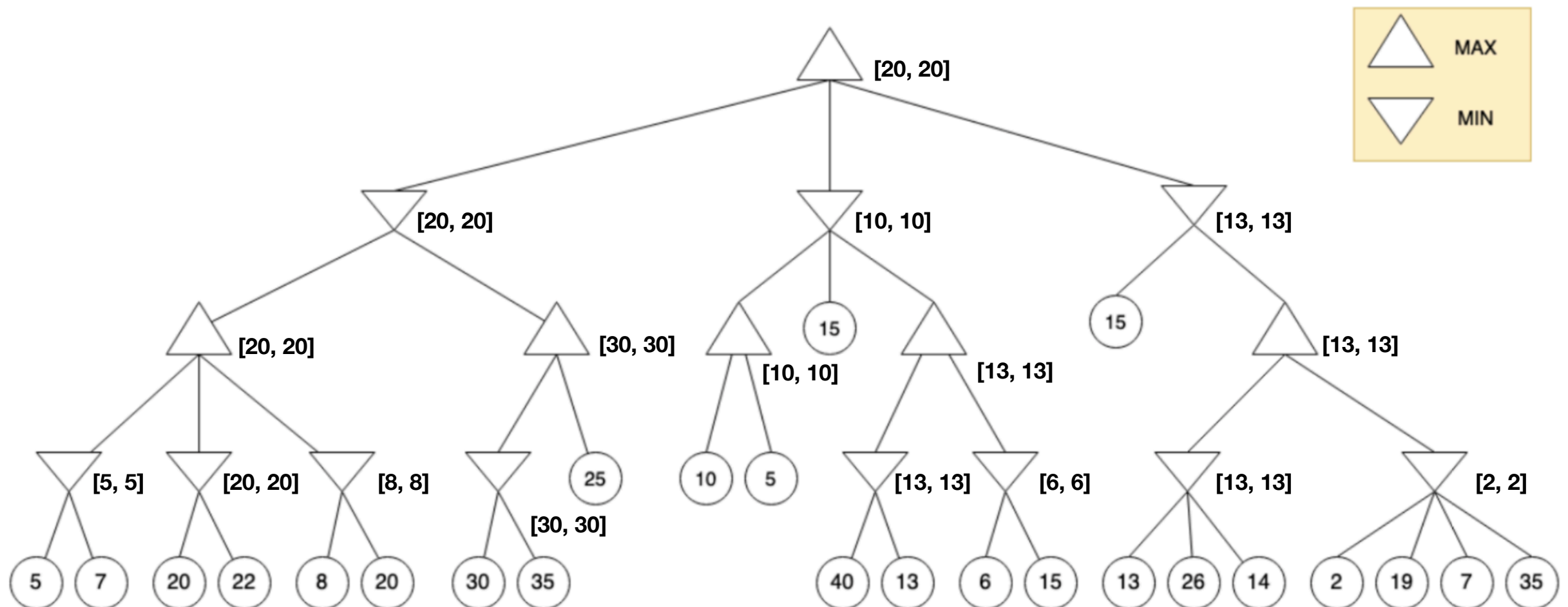
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



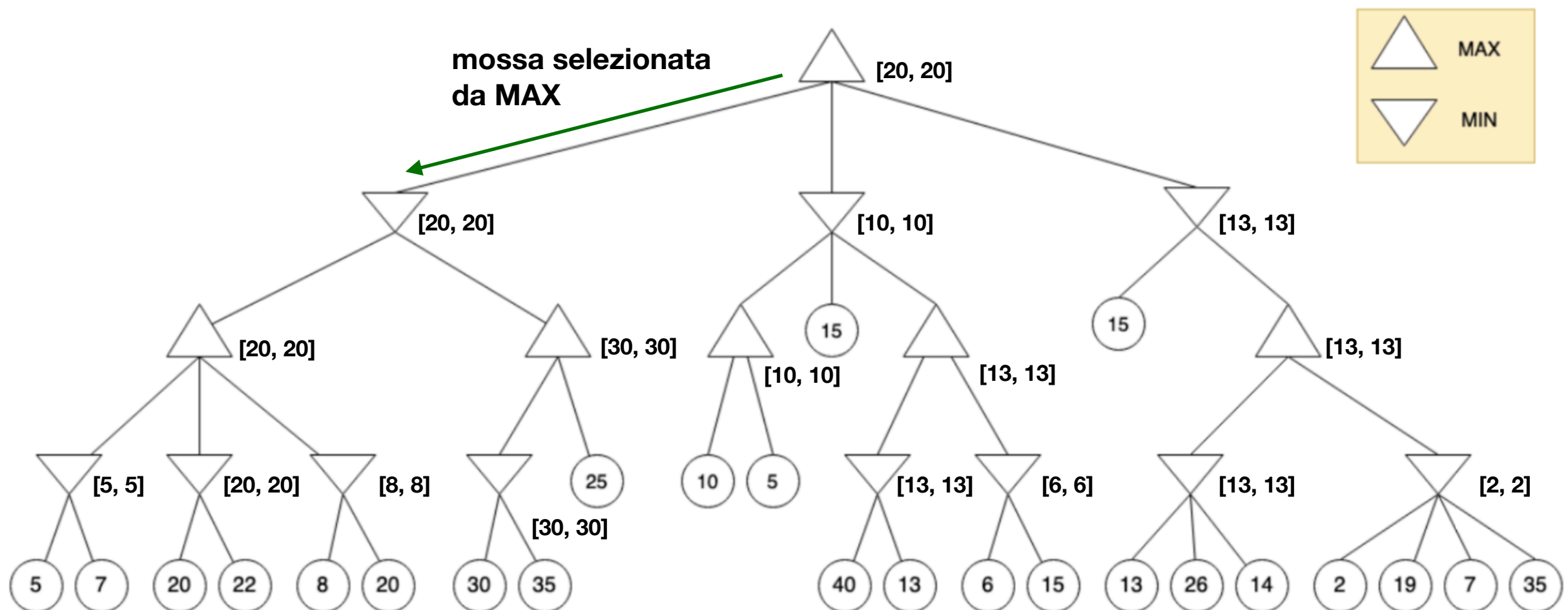
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



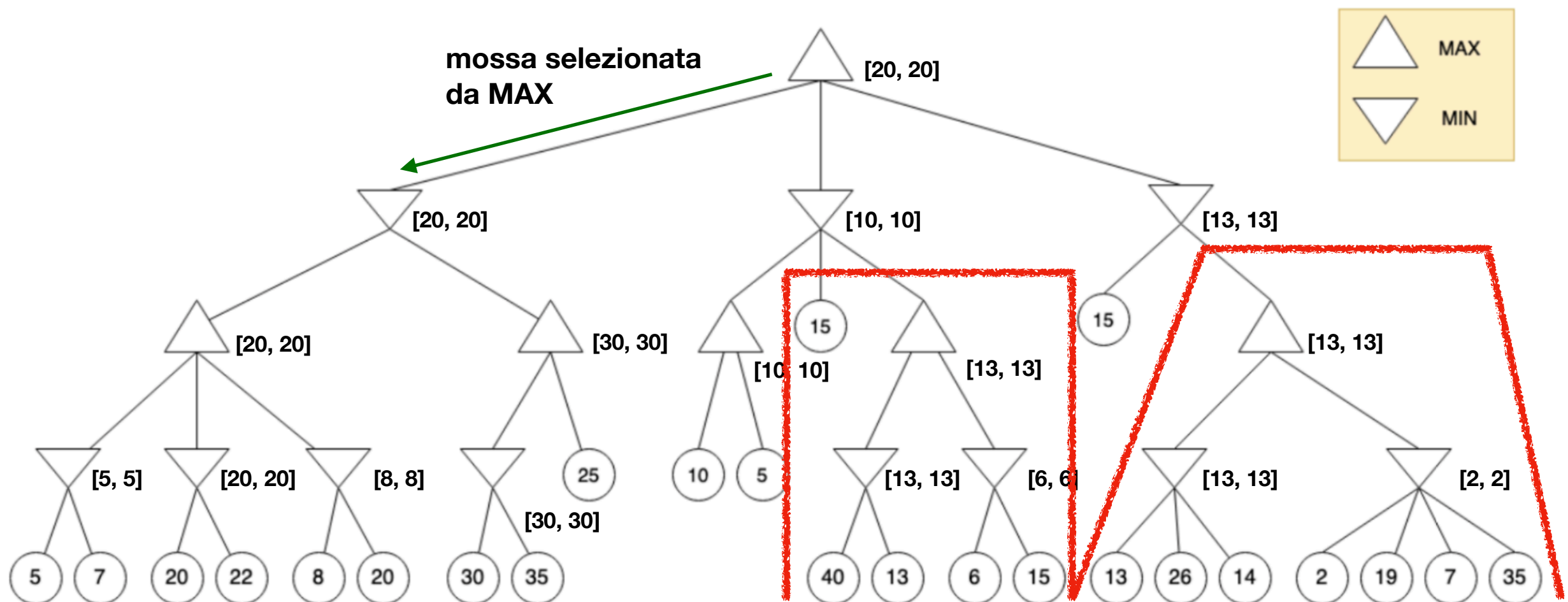
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





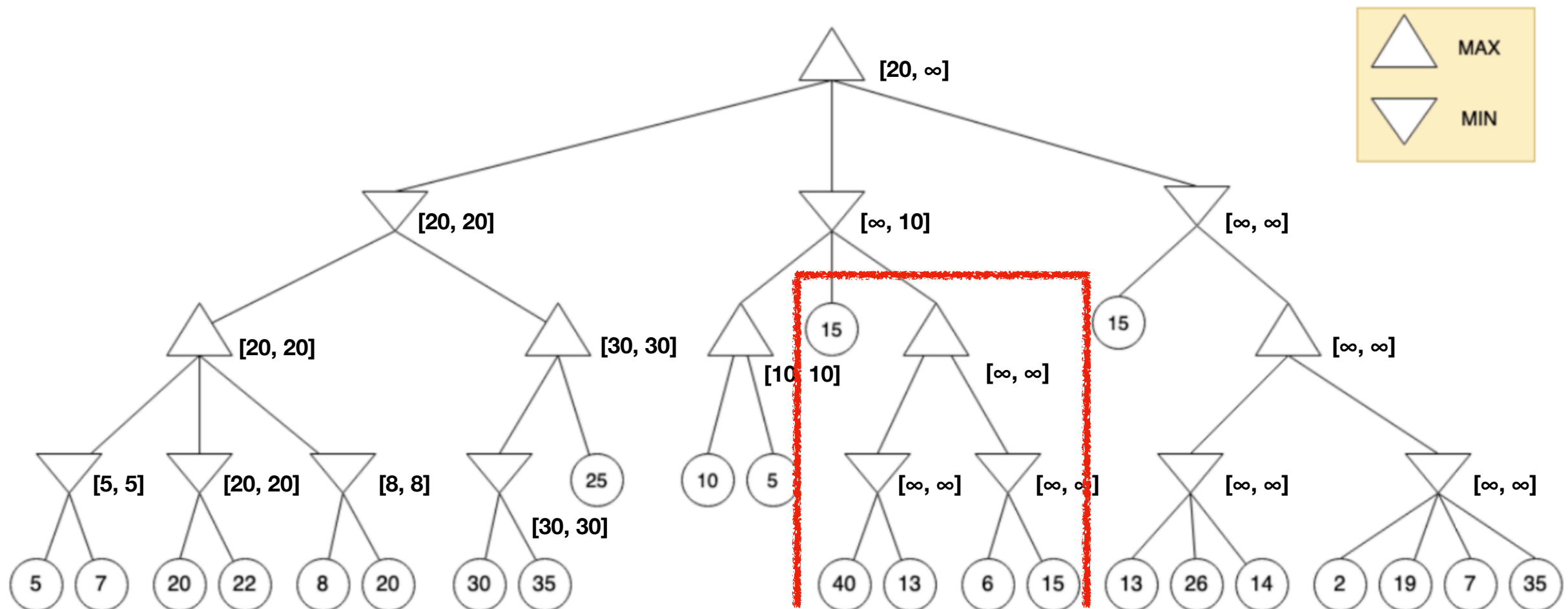
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.





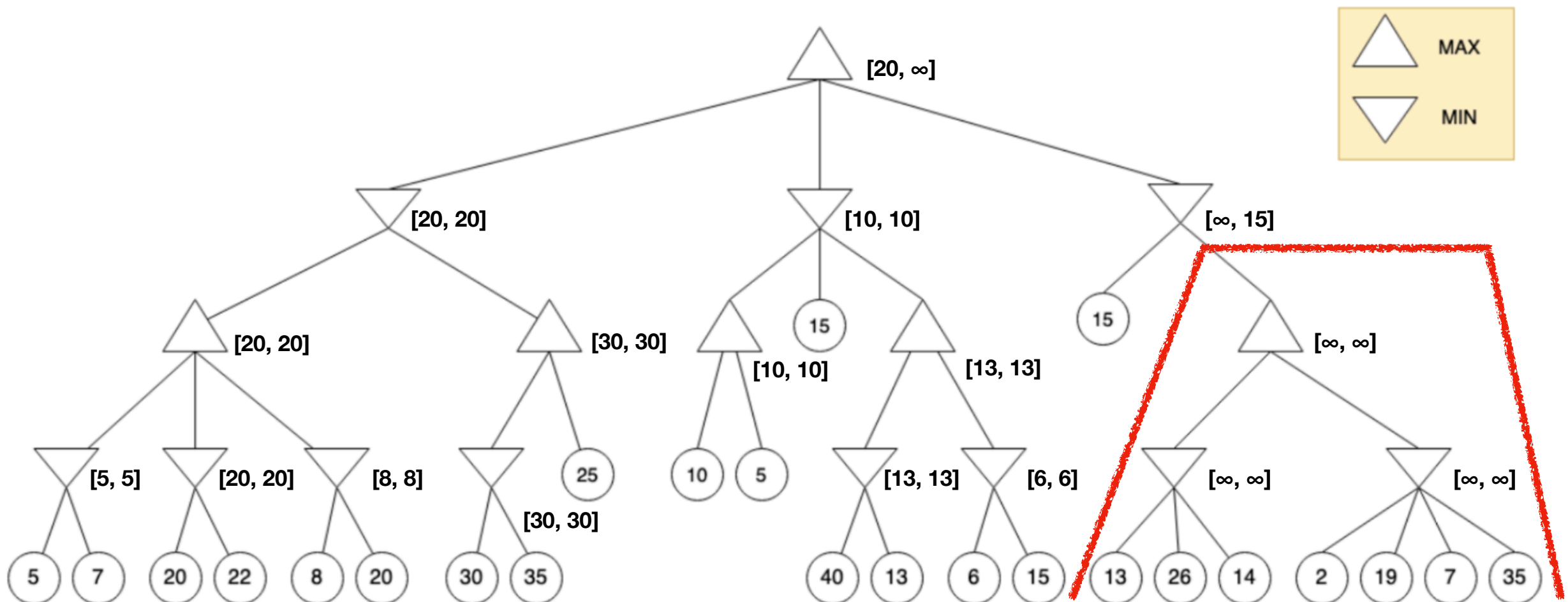
# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

**Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris**

E questo è solo un esempio che mostra come una circostanza del mondo reale possa diventare un problema di decisione risolvibile tramite la teoria dei giochi.

Ma procediamo per step. Iniziamo con qualcosa di “semplice”.

**Problema:** Consideriamo l'albero di gioco in Figura, che descrive le interazioni tra MAX e MIN in un gioco simile a quello che abbiamo visto a lezione.



# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

I giochi considerati finora sono, chiaramente, dei giocattoli. Tuttavia, i concetti dietro la teoria dei giochi possono essere applicati per questioni più “serie”.

Dal 16 al 29 Gennaio 2023 ci saranno gli Australian Open, uno dei maggiori tornei tennistici del mondo. Il Commissario Tecnico (CT) della Nazionale di Tennis deve perciò selezionare i tennisti che rappresenteranno l'Italia. Matteo Berrettini è sicuramente uno dei migliori in circolazione, tuttavia ha subito diversi infortuni negli ultimi anni e, quindi, rappresenta un rischio. Il CT può decidere quindi di investire la sua fiducia in Berrettini e convocarlo - in questo caso, il CT investe un credito di 7 punti fiducia. Se il suo investimento andasse a buon fine (vittoria del torneo), allora il ritorno sarebbe notevole, sia per la Nazionale che per il CT - quantificabile in 30 punti fiducia guadagnati. Tuttavia, dovrebbe riconoscere a Berrettini la predisposizione al dovere, che consisterebbe in 3 punti fiducia. Allo stesso tempo, Berrettini potrebbe autonomamente decidere, dopo la convocazione, di rinunciare agli Australian Open per evitare la visibilità di un ennesimo infortunio, dichiarando pubblicamente il suo dispiacere: questo gli farebbe guadagnare il rispetto del popolo italiano, quantificabile in 20 punti fiducia, facendo diminuire la fiducia nel CT (-2 punti). Quindi, il CT potrebbe decidere di non fare l'investimento e non convocare Berrettini. In questo caso, il CT sarebbe giustificato e perderebbe solo 1 punto fiducia. Tuttavia, tramite voci di corridoio, Berrettini potrebbe venire a conoscenza dell'intenzione del CT e, pertanto, potrebbe decidere di andare in conferenza stampa dichiarando di sentirsi deluso dall'eventuale mancata convocazione. In tal caso, Berrettini guadagnerebbe 15 punti fiducia ed il CT sarebbe accusato preventivamente, pagando 25 punti fiducia.

**Esercizio:** Definire il problema in termini di gioco tramite forma tabellare, usando la notazione del Dilemma del Prigioniero. Identificare quindi l'Equilibrio di Nash e gli eventuali Ottimi Paretiani. Descrivere, infine, la scelta più conveniente per il CT.

# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

Dal 16 al 29 Gennaio 2023 ci saranno gli Australian Open, uno dei maggiori tornei tennistici del mondo. Il Commissario Tecnico (CT) della Nazionale di Tennis deve perciò selezionare i tennisti che rappresenteranno l'Italia. Matteo Berrettini è sicuramente uno dei migliori in circolazione, tuttavia ha subito diversi infortuni negli ultimi anni e, quindi, rappresenta un rischio. Il CT può decidere quindi di investire la sua fiducia in Berrettini e convocarlo - in questo caso, il CT investe un credito di 7 punti fiducia. Se il suo investimento andasse a buon fine (vittoria del torneo), allora il ritorno sarebbe notevole, sia per la Nazionale che per il CT - quantificabile in 30 punti fiducia guadagnati. Tuttavia, dovrebbe riconoscere a Berrettini la predisposizione al dovere, che consisterebbe in 3 punti fiducia. Allo stesso tempo, Berrettini potrebbe autonomamente decidere, dopo la convocazione, di rinunciare agli Australian Open per evitare la visibilità di un ennesimo infortunio, dichiarando pubblicamente il suo dispiacere: questo gli farebbe guadagnare il rispetto del popolo italiano, quantificabile in 20 punti fiducia, facendo diminuire la fiducia nel CT (-2 punti). Quindi, il CT potrebbe decidere di non fare l'investimento e non convocare Berrettini. In questo caso, il CT sarebbe giustificato e perderebbe solo 1 punto fiducia. Tuttavia, tramite voci di corridoio, Berrettini potrebbe venire a conoscenza dell'intenzione del CT e, pertanto, potrebbe decidere di andare in conferenza stampa dichiarando di sentirsi deluso dall'eventuale mancata convocazione. In tal caso, Berrettini guadagnerebbe 15 punti fiducia ed il CT sarebbe accusato preventivamente, pagando 25 punti fiducia.

	Il CT convoca Berrettini	Il CT non convoca Berrettini
Berrettini gioca	(3, 20)	(0, 0)
Berrettini non gioca	(20, -9)	(15, -26)

NB: Questo caso non è rappresentabile

# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

	Il CT convoca Berrettini	Il CT non convoca Berrettini
Berrettini gioca	(3, 20)	(0, 0)
Berrettini non gioca	(20, -9)	(15, -26)

NB: Questo caso non è rappresentabile

**Esercizio:** Definire il problema in termini di gioco tramite forma tabellare, usando la notazione del Dilemma del Prigioniero. Identificare quindi l'Equilibrio di Nash e gli eventuali Ottimi Paretiani. Descrivere, infine, la scelta più conveniente per il CT.

Il CT convoca Berrettini	Rischia da -9 a 20 punti fiducia;
Il CT non convoca Berrettini	Rischia fino a -26 punti fiducia.
Berrettini gioca	Guadagna fino a 3 punti fiducia;
Berrettini non gioca	Guadagna da 15 a 20 punti fiducia.

I due giocatori vogliono massimizzare i punti fiducia, per cui l'Equilibrio di Nash si raggiunge con la scelta *(Il CT convoca Berrettini, Berrettini non gioca)*.  
Non ci sono ottimi paretiani, poiché in nessun caso un partecipante può migliorare la sua condizione senza peggiorare la condizione dell'altro.

# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

	Il CT convoca Berrettini	Il CT non convoca Berrettini
Berrettini gioca	(3, 20)	(0, 0)
Berrettini non gioca	(20, -9)	(15, -26)

NB: Questo caso non è rappresentabile

**Esercizio:** Definire il problema in termini di gioco tramite forma tabellare, usando la notazione del Dilemma del Prigioniero. Identificare quindi l'Equilibrio di Nash e gli eventuali Ottimi Paretiani. Descrivere, infine, la scelta più conveniente per il CT.

Il CT convoca Berrettini	Rischia da -9 a 20 punti fiducia;
Il CT non convoca Berrettini	Rischia fino a -26 punti fiducia.
Berrettini gioca	Guadagna fino a 3 punti fiducia;
Berrettini non gioca	Guadagna da 15 a 20 punti fiducia.

**NB:** La soluzione al problema cambia in base ai punti fiducia dichiarati nel problem statement. Da un lato, questo implica che una buona analisi dei requisiti è, ancora una volta, fondamentale. Dall'altro lato, questo ci dice semplicemente che la teoria dei giochi riesce a modellare situazioni in cui gli avversari hanno qualcosa da guadagnare/perdere.



# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

Facciamo un ulteriore passo avanti, considerando il seguente caso.

In un ufficio lavorano Anna e Biagio. L'azienda penalizza il dipendente che timbra per primo il cartellino in uscita (-5 euro), dando un piccolo premio all'altro (1 euro). L'azienda assegna un premio ad entrambi nel caso entrambi lavorassero di più (1 euro). Anna e Biagio potrebbero mettersi d'accordo e fare 8 ore canoniche ed uscire insieme. A quel punto non ci sarebbe né premio né punizione.

**Esercizio:** Definire il problema in termini di gioco tramite forma tabellare, usando la notazione del Dilemma del Prigioniero.

	Biagio lavora 8 ore	Biagio fa straordinario
Anna lavora 8 ore	(0, 0)	(-5, 1)
Anna fa straordinario	(1, -5)	(1, 1)

Se Anna e Biagio collaborassero, nessuno sarebbe punito e nessuno otterrebbe vantaggio. Ma l'ambizione di guadagnare, li spinge a stare in ufficio.

Lavorare 8 ore	Nessun premio né punizione.
Fare straordinario	Guadagno di 1.

L'equilibrio di Nash si raggiunge quindi nella condizione (1, 1). Che implicazioni ha?



# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

Facciamo un ulteriore passo avanti, considerando il seguente caso.

In un ufficio lavorano Anna e Biagio. L'azienda penalizza il dipendente che timbra per primo il cartellino in uscita (-5 euro), dando un piccolo premio all'altro (1 euro). L'azienda assegna un premio ad entrambi nel caso entrambi lavorassero di più (1 euro). Anna e Biagio potrebbero mettersi d'accordo e fare 8 ore canoniche ed uscire insieme. A quel punto non ci sarebbe né premio né punizione.

Siccome l'azienda penalizza il primo che timbra il cartellino in uscita, Anna e Biagio saranno tentati a lavorare sempre di più. In altri termini, l'azienda avrà trovato un semplice modo per indurre i lavoratori a lavorare sempre di più.

Il gioco appena analizzato descrive un fenomeno realmente esistente in alcune nazioni del mondo. In particolare, in Giappone questo fenomeno prende il nome di *Karoshi*.

**Karoshi**<sup>[1]</sup> (過労死 *karōshi*?) è un termine [giapponese](#) che significa "morte per troppo lavoro". Il [Giappone](#) è uno dei pochi paesi in cui questa categoria, le cui principali cause mediche sono [attacco cardiaco](#) dovuto a sforzo e [stress](#), è riportata nelle statistiche delle cause di [morte](#).

**NB:** La soluzione al problema consente di farci capire che la teoria dei giochi può essere utilizzata per modellare le strategie aziendali e capire le implicazioni di tali strategie!

# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

Infine, alziamo l'asticella, provando a modellare un problema di teoria come un gioco a più round, sul quale potremmo poi applicare l'algoritmo minimax.

Gli Stati Uniti e la Russia hanno armi nucleari. Come già detto a lezione, ai tempi della Guerra Fredda la teoria dei giochi spiegò il motivo per cui nessuna delle due superpotenze abbiano fatto il primo passo. La Atomic Heritage Foundation è andata oltre, schematizzando ciò che succederebbe nel caso di un attacco nucleare da parte di uno dei due avversari.

	Russia usa arma nucleare	Russia non usa arma nucleare
USA non usa l'arma nucleare	(-5, 7)	(1, 1)
USA usa arma nucleare	(-3, -3)	(7, -5)

Usare l'arma nucleare	Punteggio da -3 a 7.
Non usare l'arma nucleare	Punteggio da 1 a -5.

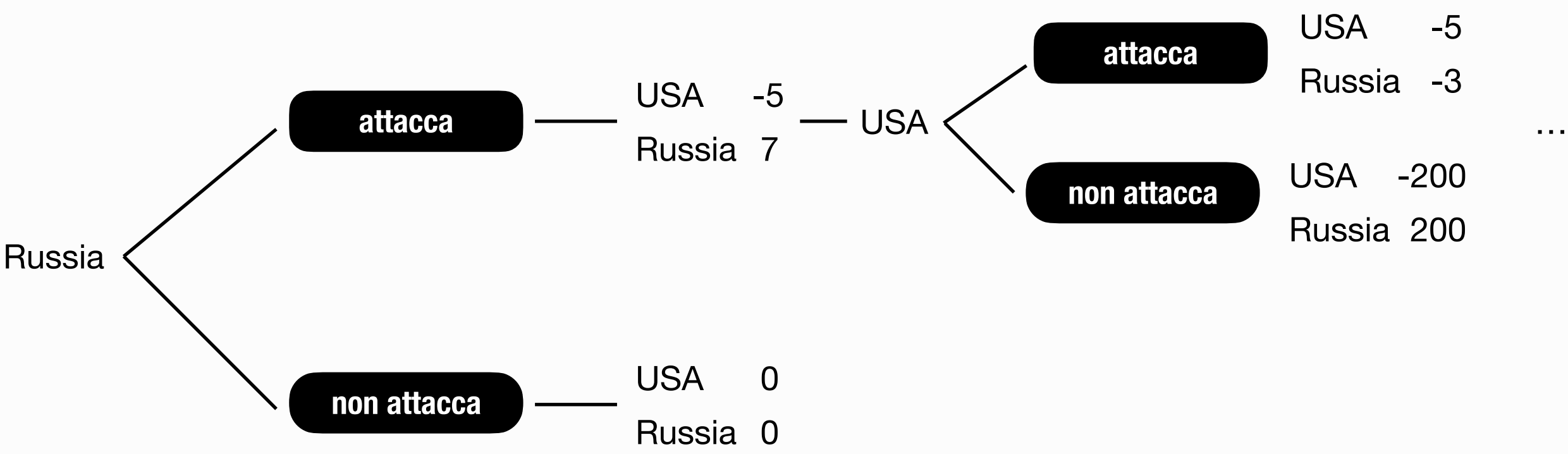
Applicando ciò che abbiamo detto, ognuno degli avversari vogliono massimizzare il risultato finale e quindi, entrambi saranno tentati di utilizzare l'arma nucleare. Tuttavia, questa non è una situazione realistica, poiché il problema rappresenta solo il momento della scelta - è evidente che parliamo di una partita su più round!

# Implementazione di algoritmi di ricerca con avversari

## Consideriamo adesso, insieme, dei problemi più reali di quello del tris

Supponiamo che la Russia attacchi per prima. Sicuramente gli USA subiscono un duro colpo, ma è probabile che non saranno annichiliti all'istante.

Pertanto, la situazione più probabile è che gli USA rispondano al fuoco. Per cui, sembra sensato iterare sul problema così da considerare le possibili implicazioni di una azione nucleare.



In altri termini, modellando azioni e reazioni dei due avversari, quindi ponendoci di volta in volta di fronte a questioni che prevedono una scelta (come fatto con gli esercizi in cui abbiamo calcolato l'equilibrio di Nash), possiamo costruire alberi di gioco piuttosto complicati che possono essere risolti tramite minimax.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO  
**DIPARTIMENTO DI INFORMATICA**

Laurea triennale in Informatica

# Fondamenti di Intelligenza Artificiale

Lezione 10 - Ricerca con avversari (3)

