

Búsqueda en juegos

- Tipos de juegos
- Juegos de suma cero de dos jugadores.
 - Minimax
 - Poda alfa-beta
- Juegos contra la naturaleza.
 - Repaso de probabilidades
 - Expectimax
- Juegos de suma no cero.

Pregunta

- Supongamos que habéis entregado un ejercicio.
Si a cada estudiante le pregunto “qué forma de evaluar el ejercicio prefieres?”:
- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5.
 - b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
 - c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5
 - d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Pregunta

Supongamos que habéis entregado un ejercicio

Si a cada estudiante le pregunto “qué forma de evaluar el ejercicio prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7. Si ej. malo
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Pregunta

Supongamos que habéis entregado un ejercicio

Si a cada estudiante le pregunto “qué forma de evaluar el ejercicio prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

SI has hecho un buen ejercicio

Cálculo?

Pregunta

Supongamos que habéis entregado un ejercicio
Si a cada uno de vosotros os pregunto “qué forma
de evaluar el ejercicio prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7. SI ej. malo
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5 SI has hecho un buen ejercicio
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Cálculo?

Pregunta: Cálculo

Si a cada estudiante le pregunto “qué forma de evaluar el ejercicio prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5.
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5 (has hecho un buen trabajo)
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Cálculo:

$$E(\text{nota}) = P(\text{eleg}) * \text{nota_eleg} + (1 - P(\text{eleg})) * \text{nota_no_e}$$

Pregunta: Valores Respuesta

“Qué forma de evaluar los ejercicios prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5 (has hecho un buen trabajo)
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Asumimos que lo han entregado 50:

$$E(\text{nota}) = P(\text{eleg}) * \text{nota_eleg} + (1 - P(\text{eleg})) * \text{nota_no_e}$$

$$\text{a) } P(\text{elegido}) = 12/50 \approx 0.25; \quad 0.25 * 10 + 0.75 * 5 = 6.25$$

Pregunta: Valores Respuesta

“Qué forma de evaluar los ejercicios prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5 (has hecho un buen trabajo)
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Asumimos que lo han entregado 50:

$$E(\text{nota}) = P(\text{eleg}) * \text{nota_eleg} + (1 - P(\text{eleg})) * \text{nota_no_e}$$

a) $P(\text{elegido}) = 12/50 \approx 0.25$; $0.25 * 10 + 0.75 * 5 = 6.25$

b) $0.25 * 8 + 0.75 * 7 = 7.25$

Pregunta: Valores Respuesta

“Qué forma de evaluar los ejercicios prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5 (has hecho un buen trabajo)
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Asumimos que lo han entregado 50:

$$E(\text{nota}) = P(\text{eleg}) * \text{nota_eleg} + (1 - P(\text{eleg})) * \text{nota_no_e}$$

a) $P(\text{elegido}) = 12/50 \approx 0.25$; $0.25 * 10 + 0.75 * 5 = 6.25$

b) $0.25 * 8 + 0.75 * 7 = 7.25$

c) $P(\text{elegido}) = 0.75$ (buen ej); $0.75 * 10 + 0.25 * 5 = 8.75$

Pregunta: Valores Respuesta

“Qué forma de evaluar los ejercicios prefieres?”:

- a) Elegir por sorteo 12 ejercicios y a esos les pongo un 10 de nota y al resto 5
- b) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.
- c) Elegir los 12 mejores ejercicios, ponerles un 10 y al resto un 5 (has hecho un buen trabajo)
- d) Poner a esos 12 un 8 y al resto un 7.

Asumimos que lo han entregado 50:

$$E(\text{nota}) = P(\text{eleg}) * \text{nota_eleg} + (1 - P(\text{eleg})) * \text{nota_no_e}$$

a) $P(\text{elegido}) = 12/50 \approx 0.25$; $0.25 * 10 + 0.75 * 5 = 6.25$

b) $0.25 * 8 + 0.75 * 7 = 7.25$

c) $P(\text{elegido}) = 0.75$ (buen ej); $0.75 * 10 + 0.25 * 5 = 8.75$

d) $0.75 * 8 + 0.25 * 7 = 7.75$

Búsqueda expectimax

- ¿Qué pasa si no conocemos cuál será el resultado de una acción? (Problema no determinista)

Búsqueda expectimax

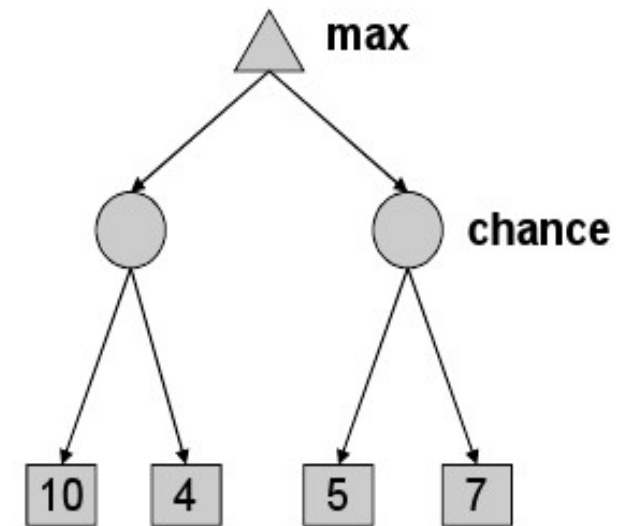
- ¿Qué pasa si no conocemos cuál será el resultado de una acción? (Problema no determinista)
 - Pedir una carta en el solitario.
 - Probar una mina en el buscaminas.
 - Pacman contra fantasmas aleatorios.

Búsqueda expectimax

- ¿Qué pasa si no conocemos cuál será el resultado de una acción? (Problema no determinista)
 - Pedir una carta en el solitario.
 - Probar una mina en el buscaminas.
 - Pacman contra fantasmas aleatorios.
- Podemos usar búsqueda expectimax:
 - Los nodos del "enemigo" en lugar de calcular el mínimo calcula la esperanza (el valor medio).
- Más adelante → Markov Decision Processes.

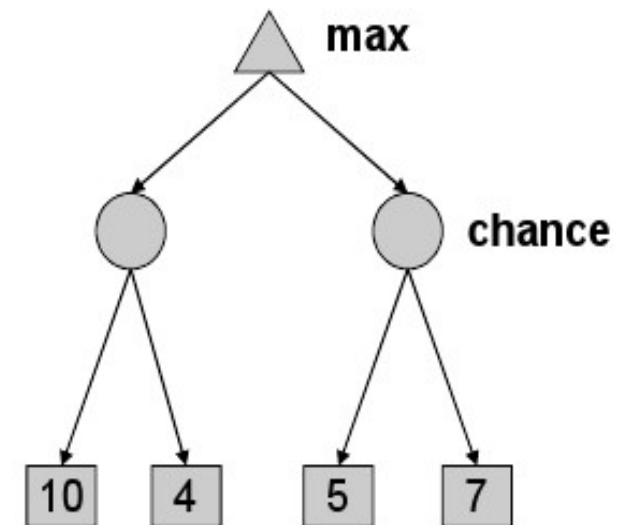
Utilidad máxima esperada

- ¿Por qué no usamos minimax?



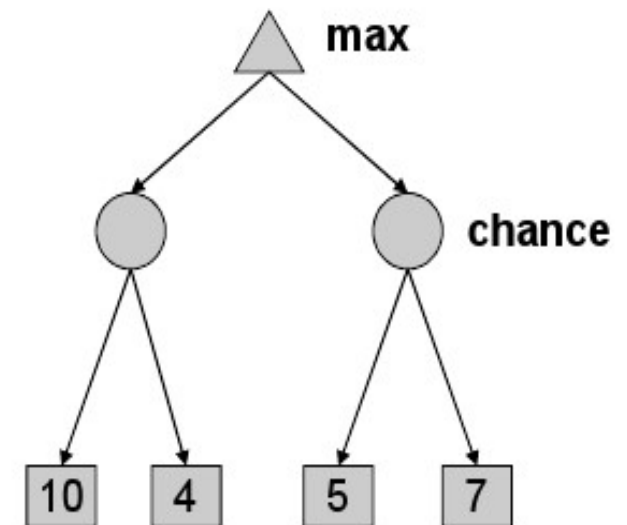
Utilidad máxima esperada

- ¿Por qué no usamos minimax?
- Principio de máxima utilidad esperada: Un agente debe seleccionar la acción que **maximice su utilidad esperada dado su conocimiento.**



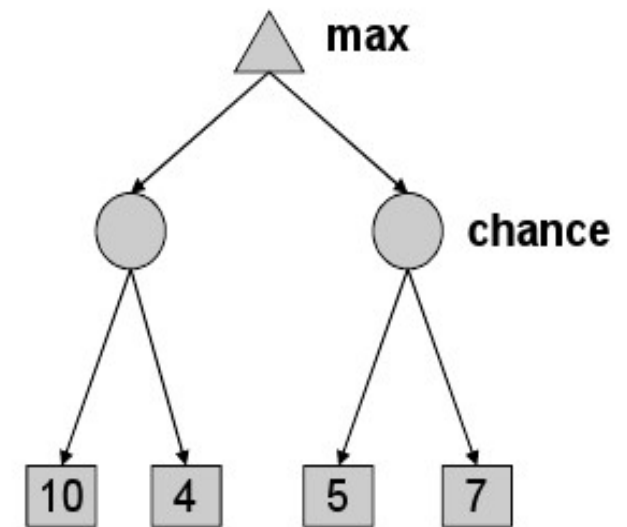
Utilidad máxima esperada

- ¿Por qué no usamos minimax?
- Principio de máxima utilidad esperada: Un agente debe seleccionar la acción que **maximice su utilidad esperada dado su conocimiento.**
- Principio general para la toma de decisiones.
- Definición de racionalidad.



Utilidad máxima esperada

- ¿Por qué no usamos minimax?
- Principio de máxima utilidad esperada: Un agente debe seleccionar la acción que **maximice su utilidad esperada dado su conocimiento.**
- Principio general para la toma de decisiones.
- Definición de racionalidad.
- Aparecerá más a lo largo del curso.



Probabilidades

- Una **variable aleatoria** representa un hecho cuyo resultado desconocemos.

Probabilidades

- Una **variable aleatoria** representa un hecho cuyo resultado desconocemos.
- Una **distribución de probabilidad** es una asignación de pesos a los diferentes eventos del hecho.

Probabilidades

- Una **variable aleatoria** representa un hecho cuyo resultado desconocemos.
- Una **distribución de probabilidad** es una asignación de pesos a los diferentes eventos del hecho.
- Ejemplo: Tráfico en la autopista
 - Variable aleatoria: T = cuánto tráfico hay.
 - Eventos: ligero, normal, denso.
 - Distribución: $P(\{T=\text{ligero}\}) = 0.4$ $P(\{T=\text{normal}\})=0.5$
 $P(\{T=\text{denso}\})=0.1$

Probabilidades

- Las probabilidades son siempre no negativas.
- Las probabilidades sobre todos los eventos posibles suman 1.

Probabilidades

- Las probabilidades son siempre no negativas.
- Las probabilidades sobre todos los eventos posibles suman 1.
- A medida que tenemos más información, las probabilidades cambian.
 - $P(\{T=\text{denso}\})=0.1$
 - $P(\{T=\text{denso}\}|\{hora=8am\})=0.4$

Probabilidades

- Las probabilidades son siempre no negativas.
- Las probabilidades sobre todos los eventos posibles suman 1.
- A medida que tenemos más información, las probabilidades cambian.
 - $P(\{T=\text{denso}\})=0.1$
 - $P(\{T=\text{denso}\}|\{hora=8am\})=0.4$
- Más adelante veremos métodos para razonar y actualizar las probabilidades.

¿Qué son las probabilidades?

- Visión frecuentista:

- Visión Bayesiana:

¿Qué son las probabilidades?

- Visión frecuentista:
 - Medias sobre experimentos repetidos.
 - Se estiman a partir de observaciones históricas.
 - Nos permiten saber cómo funcionarán los experimentos futuros (a largo plazo).
 - Nos hace pensar en hechos *inherentemente aleatorios* como lanzar dados.
- Visión Bayesiana:

¿Qué son las probabilidades?

- Visión frecuentista:

- Medias sobre experimentos repetidos.
- Se estiman a partir de observaciones históricas.
- Nos permiten saber cómo funcionarán los experimentos futuros (a largo plazo).
- Nos hace pensar en hechos *inherentemente aleatorios* como lanzar dados.

- Visión Bayesiana:

- Grados de creencia sobre variables no observadas (en base al conocimiento).
 - La creencia de un agente en que está lloviendo, dada la temperatura.
 - La creencia de pacman de que un fantasma va a girar, dado el estado.
- Se pueden *aprender* a partir de la experiencia, ya que las nuevas experiencias modifican nuestras creencias.

Incertidumbre por todos lados

- No sólo en juegos de azar:
 - He cogido un resfriado. ¿Estornudaré en el próximo minuto?
 - Este correo contiene "Viagra". ¿Es spam?
 - Me duele un diente. ¿Tiene caries?
 - ¿Llegaré en 30 min al aeropuerto?
 - El robot ha hecho girar la rueda tres vueltas. ¿Cuánto se ha desplazado?
 - ¿Es seguro cruzar la calle ahora?

Incertidumbre por todos lados

- No sólo en juegos de azar:
 - He cogido un resfriado. ¿Estornudaré en el próximo minuto?
 - Este correo contiene "Viagra". ¿Es spam?
 - Me duele un diente. ¿Tiene caries?
 - ¿Llegaré en 30 min al aeropuerto?
 - El robot ha hecho girar la rueda tres vueltas. ¿Cuánto se ha desplazado?
 - ¿Es seguro cruzar la calle ahora?
- Fuentes de incertidumbre:
 - Procesos aleatorios: dados...
 - Información insuficiente.
 - Ignorancia de los procesos subyacentes.
 - Variables que no se incluyen en el modelo.
 - El mundo es ruidoso.

Recordatorio: Esperanzas

- Podemos definir una función $f(X)$ de una variable aleatoria X .
- El valor esperado de una función es su valor medio, ponderando cada valor de su entrada por la distribución de probabilidad.

Recordatorio: Esperanzas

- Podemos definir una función $f(X)$ de una variable aleatoria X .
- El valor esperado de una función es su valor medio, ponderando cada valor de su entrada por la distribución de probabilidad.
- Ejemplo: ¿Cuánto tardo en llegar al aeropuerto?
 - Es función del tráfico:
 - $f(\text{ligero})=10$, $f(\text{normal})=15$, $f(\text{denso})=40$
 - $P(\{T=\text{ligero}\}) = 0.4$ $P(\{T=\text{normal}\})=0.5$ $P(\{T=\text{denso}\})=0.1$
 - ¿Cuál es el tiempo esperado? $E[f(T)]$

Recordatorio: Esperanzas

- Podemos definir una función $f(X)$ de una variable aleatoria X .
- El valor esperado de una función es su valor medio, ponderando cada valor de su entrada por la distribución de probabilidad.
- Ejemplo: ¿Cuánto tarda en llegar al aeropuerto?
 - Es función del tráfico:
 - $f(\text{ligero})=10$, $f(\text{normal})=15$, $f(\text{denso})=40$
 - $P(\{T=\text{ligero}\}) = 0.4$ $P(\{T=\text{normal}\})=0.5$ $P(\{T=\text{denso}\})=0.1$
 - ¿Cuál es el tiempo esperado? $E[f(T)]$
$$E[f(T)] = P(\text{ligero}) \cdot f(\text{ligero}) + P(\text{normal}) \cdot f(\text{normal}) + P(\text{denso}) \cdot f(\text{denso})$$
$$E[f(T)] = 0.4 \cdot 10 + 0.5 \cdot 15 + 0.1 \cdot 40 = 4 + 7.5 + 4 = 15.5$$

Esperanzas

- Esperanza de una función de una variable aleatoria:

$$E_{P(X)}[f(X)] = \sum_x f(x)P(x)$$

Esperanzas

- Esperanza de una función de una variable aleatoria:

$$E_{P(X)}[f(X)] = \sum_x f(x)P(x)$$

- Ejemplo: ¿Cuál es el valor medio de un dado?

X	P	f
1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6

Esperanzas

- Esperanza de una función de una variable aleatoria:

$$E_{P(X)}[f(X)] = \sum_x f(x)P(x)$$

- Ejemplo: ¿Cuál es el valor medio de un dado?

X	P	f
1	1/6	1
2	1/6	2
3	1/6	3
4	1/6	4
5	1/6	5
6	1/6	6

Esperanzas

- Esperanza de una función de una variable aleatoria:

$$E_{P(X)}[f(X)] = \sum_x f(x)P(x)$$

- Ejemplo: valor medio de un dado.

X	P	f
1	1/6	1
2	1/6	2
3	1/6	3
4	1/6	4
5	1/6	5
6	1/6	6

$$1 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{6} + 3 \times \frac{1}{6} + 4 \times \frac{1}{6} + 5 \times \frac{1}{6} + 6 \times \frac{1}{6} \\ = 3.5$$

Utilidades

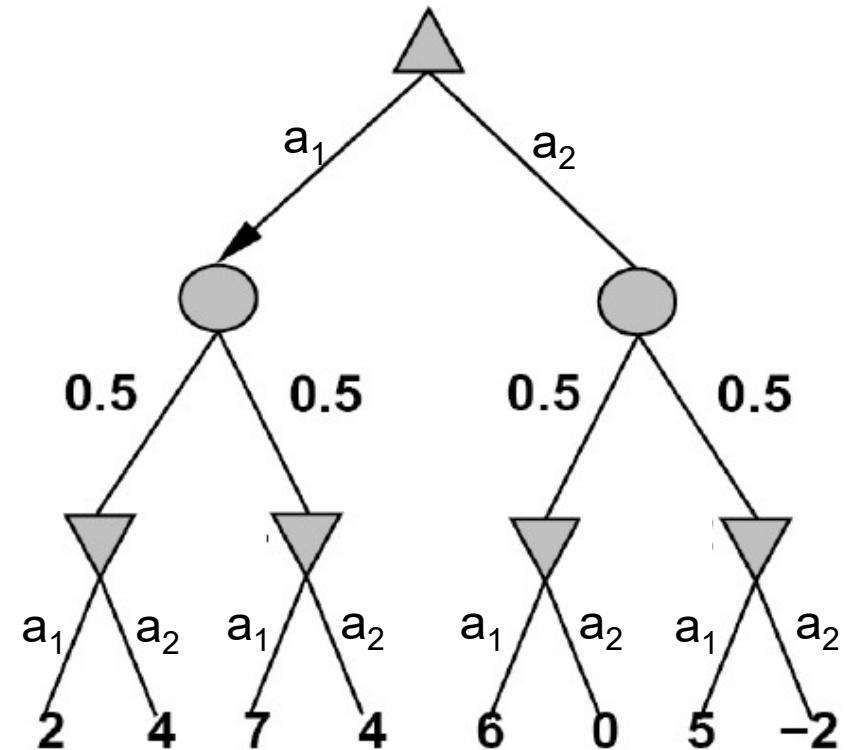
- Las utilidades son funciones que van de los resultados (estados del mundo) a números reales que representan las preferencias de un agente.

Utilidades

- Las utilidades son funciones que van de los resultados (estados del mundo) a números reales que representan las preferencias de un agente.
- ¿De dónde salen las utilidades?
 - En un juego, sencillo: ganar= +1, perder =-1
 - Las utilidades resumen los objetivos de un agente.
 - Teorema: Cualquier conjunto de preferencias coherente se puede representar mediante una función de utilidad.

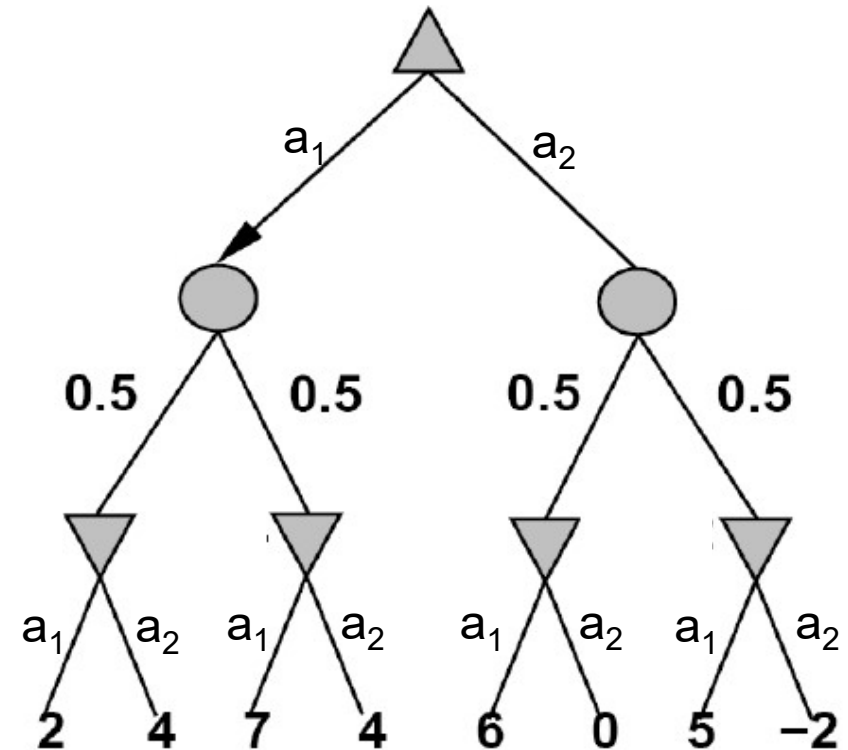
Expectiminimax

- Expectiminimax:
 - El entorno es un jugador especial que juega después de cada jugador.
 - Los nodos aleatorios usan la esperanza y el resto como minimax.



Expectiminimax

- Expectiminimax:
 - El entorno es un jugador especial que juega después de cada jugador.
 - Los nodos aleatorios usan la esperanza y el resto como minimax.

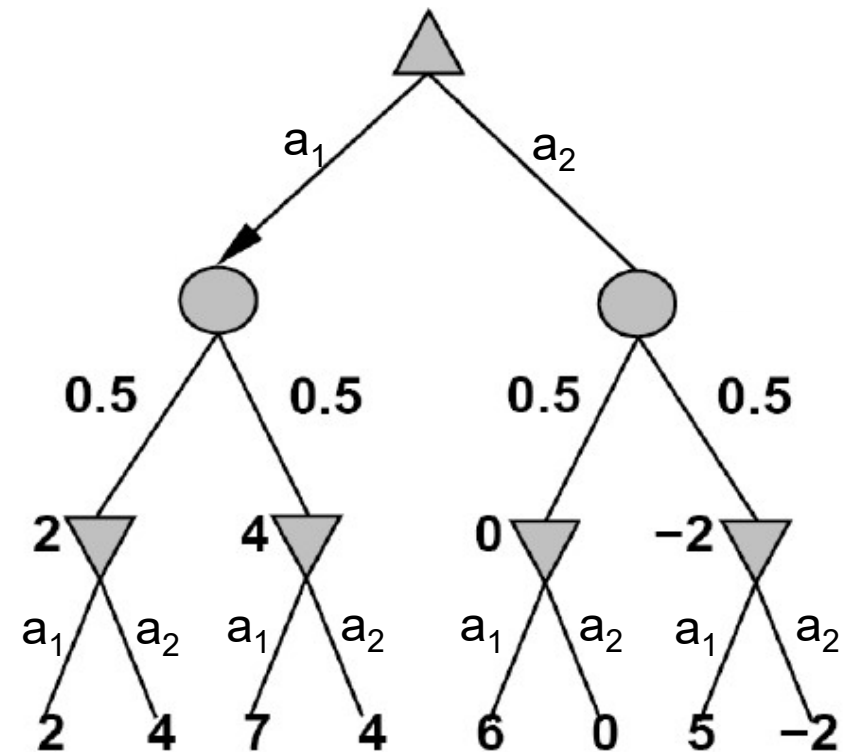


EXPECTIMINIMAX(n) =

$$\begin{cases} \text{UTILITY}(n) & \text{if } n \text{ is a terminal state} \\ \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MAX node} \\ \min_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MIN node} \\ \sum_{s \in \text{Successors}(n)} P(s) \cdot \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a chance node} \end{cases}$$

Expectiminimax

- Expectiminimax:
 - El entorno es un jugador especial que juega después de cada jugador.
 - Los nodos aleatorios usan la esperanza y el resto como minimax.

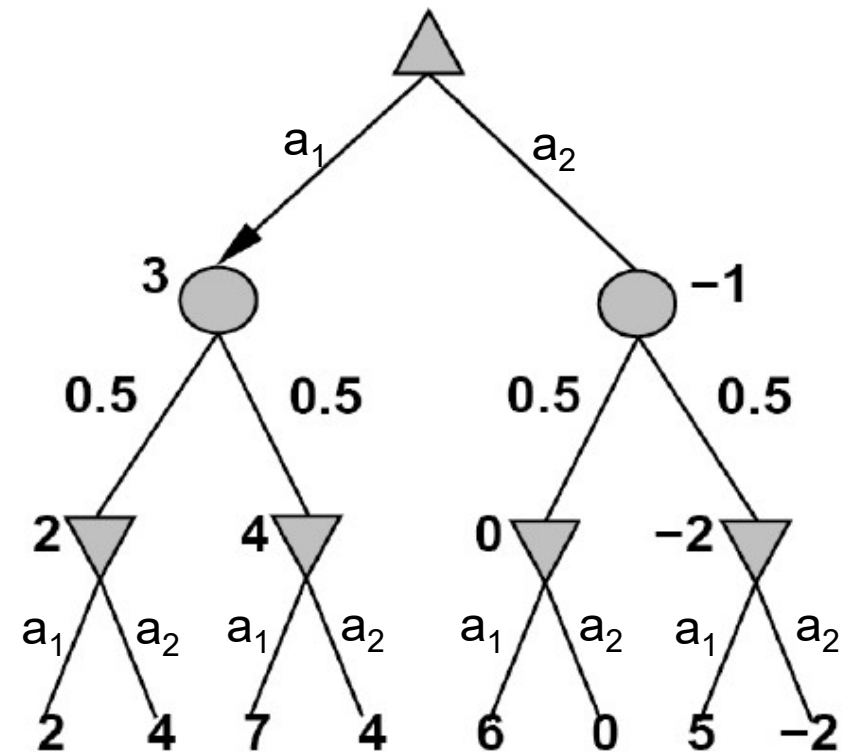


EXPECTIMINIMAX(n) =

$$\begin{cases} \text{UTILITY}(n) & \text{if } n \text{ is a terminal state} \\ \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MAX node} \\ \min_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MIN node} \\ \sum_{s \in \text{Successors}(n)} P(s) \cdot \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a chance node} \end{cases}$$

Expectiminimax

- Expectiminimax:
 - El entorno es un jugador especial que juega después de cada jugador.
 - Los nodos aleatorios usan la esperanza y el resto como minimax.

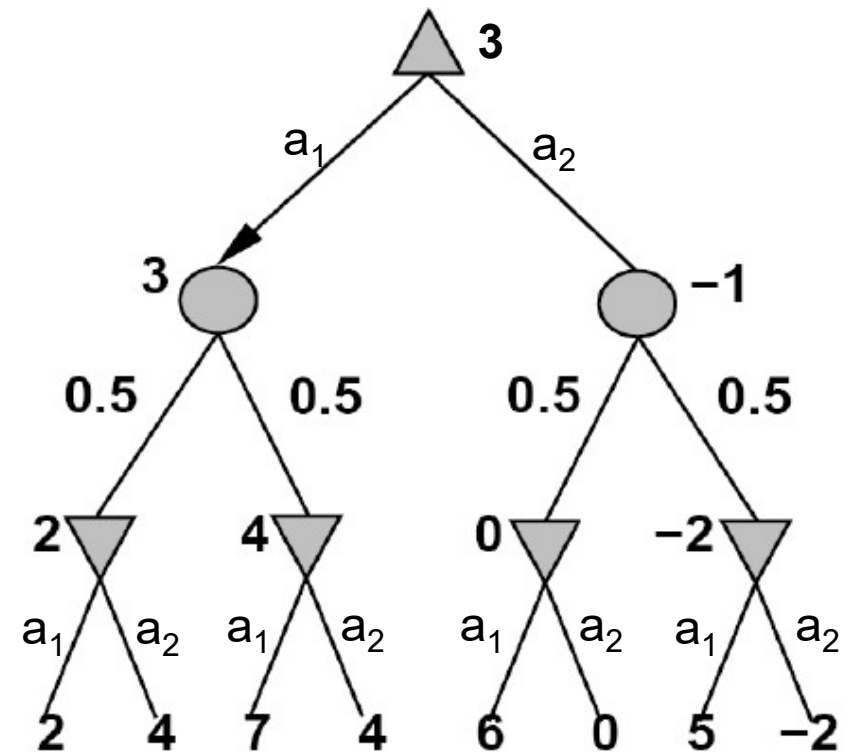


EXPECTIMINIMAX(n) =

$$\begin{cases} \text{UTILITY}(n) & \text{if } n \text{ is a terminal state} \\ \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MAX node} \\ \min_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MIN node} \\ \sum_{s \in \text{Successors}(n)} P(s) \cdot \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a chance node} \end{cases}$$

Expectiminimax

- Expectiminimax:
 - El entorno es un jugador especial que juega después de cada jugador.
 - Los nodos aleatorios usan la esperanza y el resto como minimax.



EXPECTIMINIMAX(n) =

$$\begin{cases} \text{UTILITY}(n) & \text{if } n \text{ is a terminal state} \\ \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MAX node} \\ \min_{s \in \text{Successors}(n)} \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a MIN node} \\ \sum_{s \in \text{Successors}(n)} P(s) \cdot \text{EXPECTIMINIMAX}(s) & \text{if } n \text{ is a chance node} \end{cases}$$

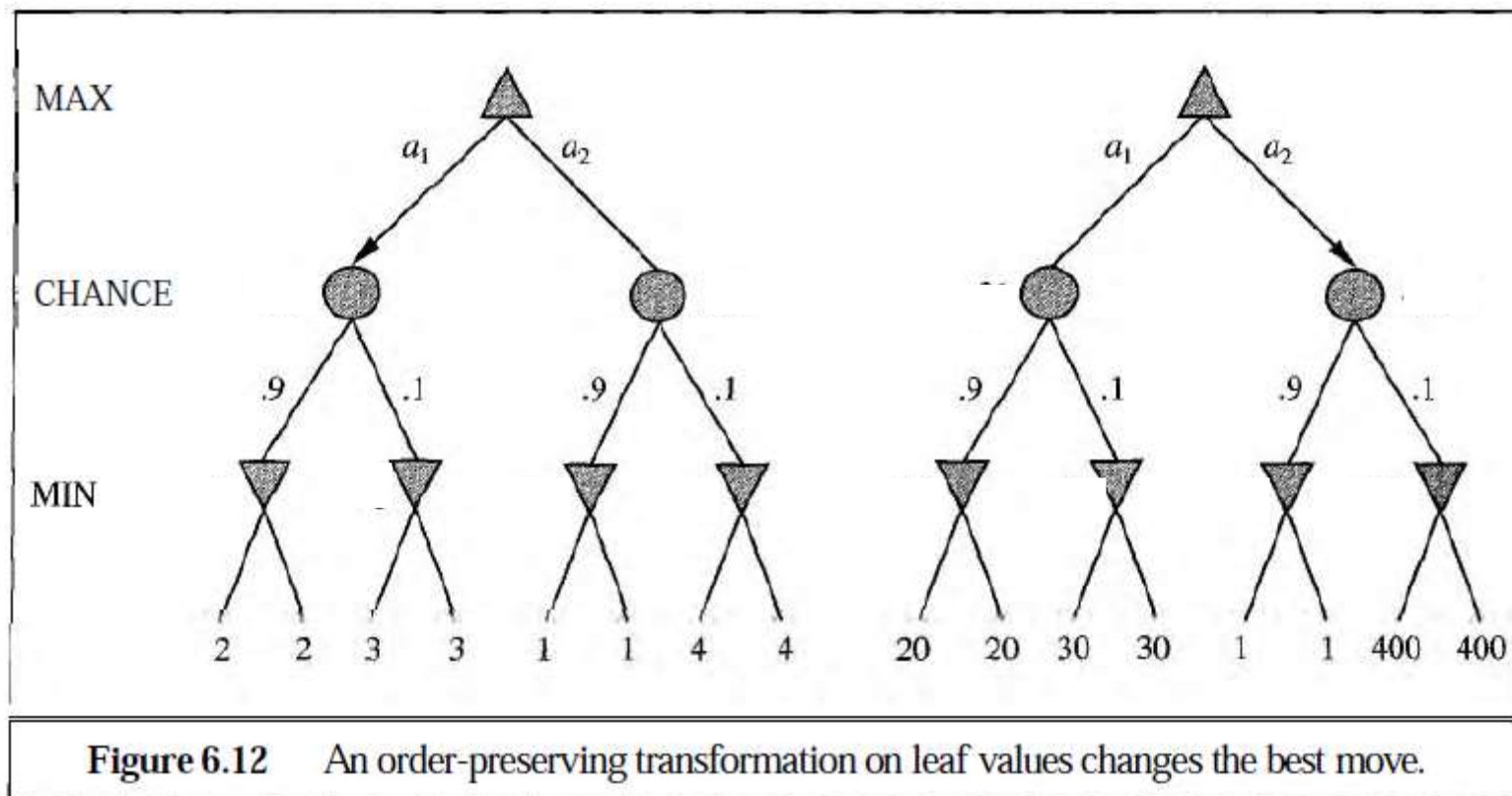
- Ej: Backgammon

Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.

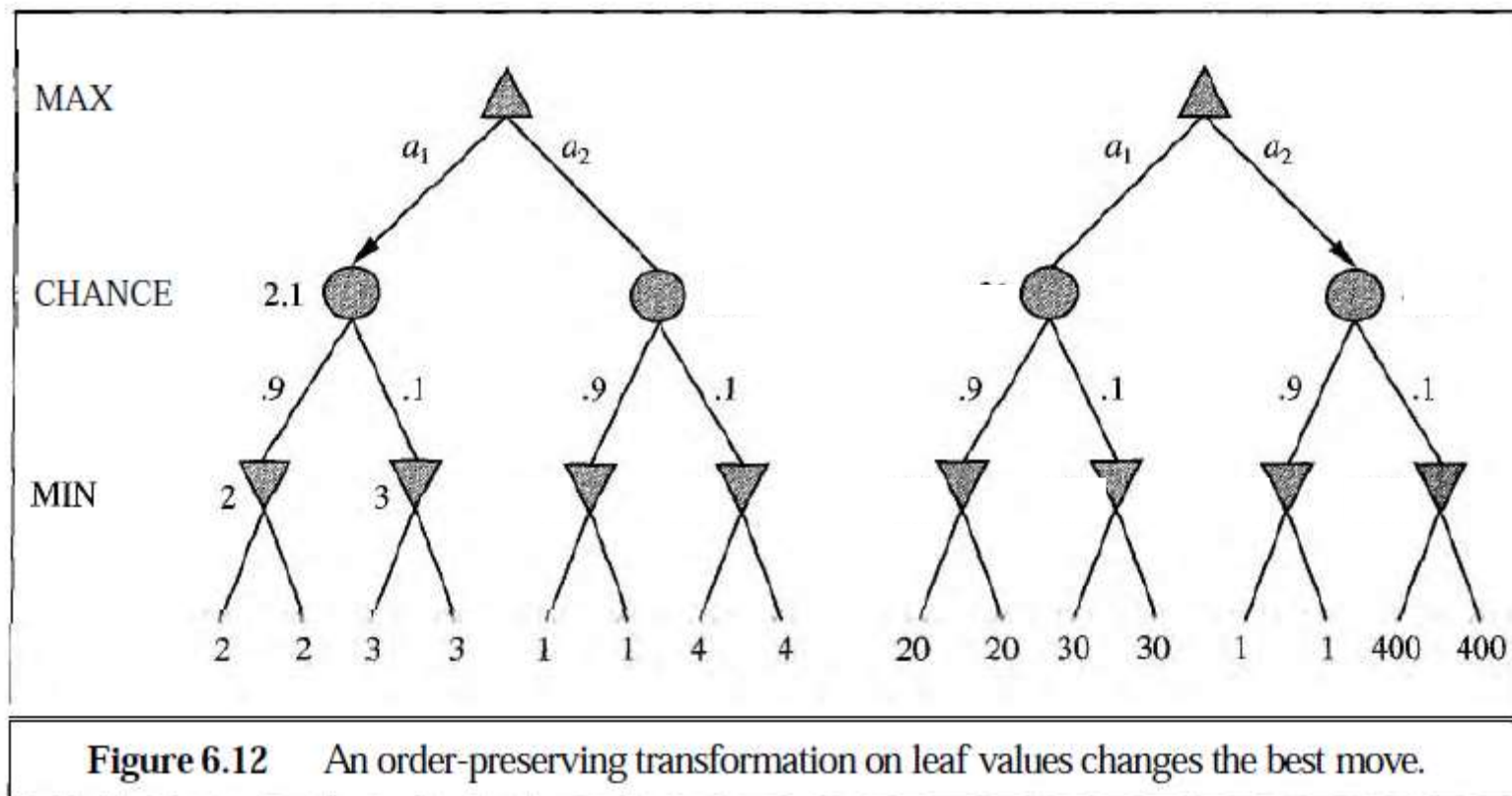
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



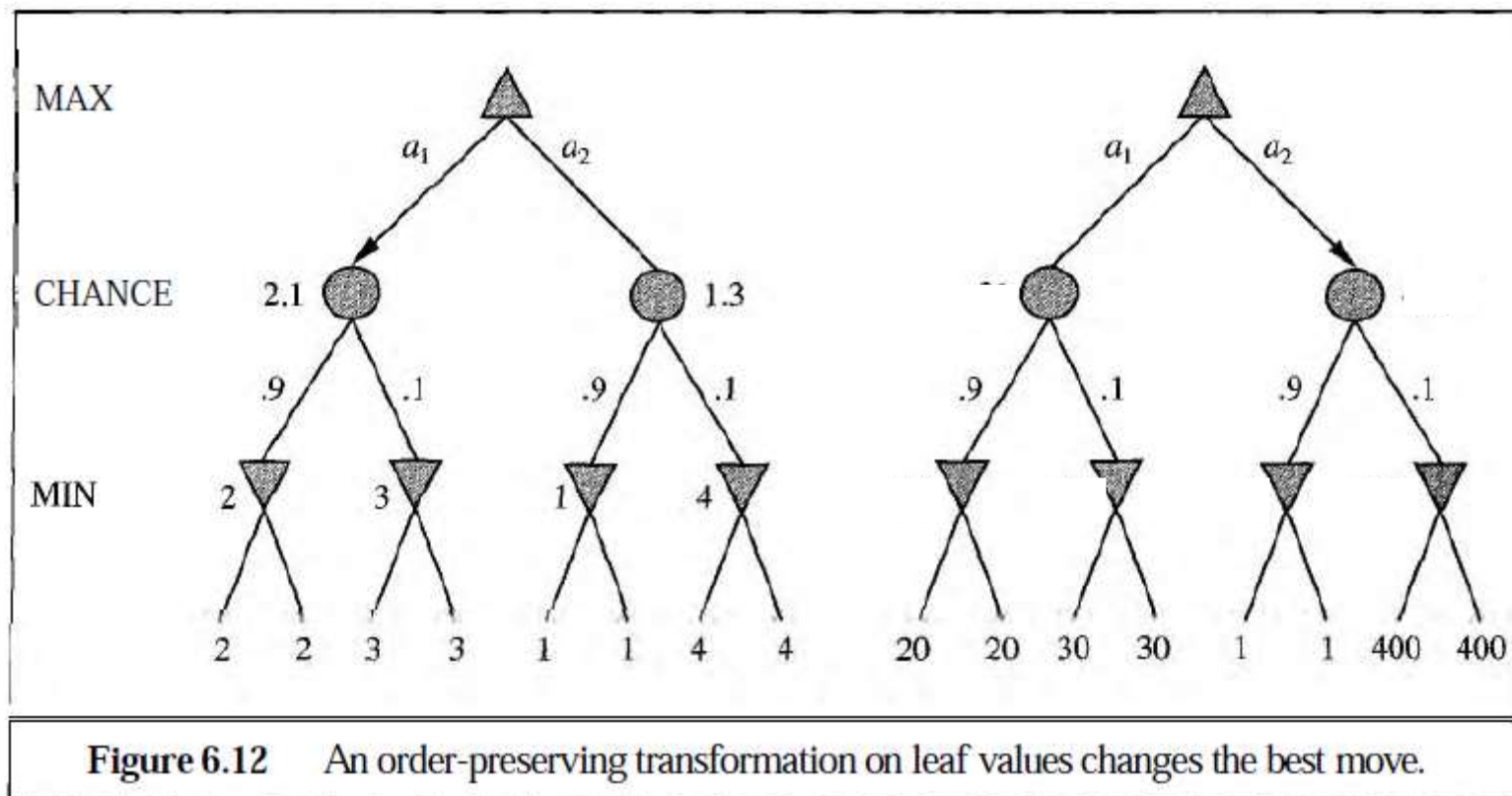
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



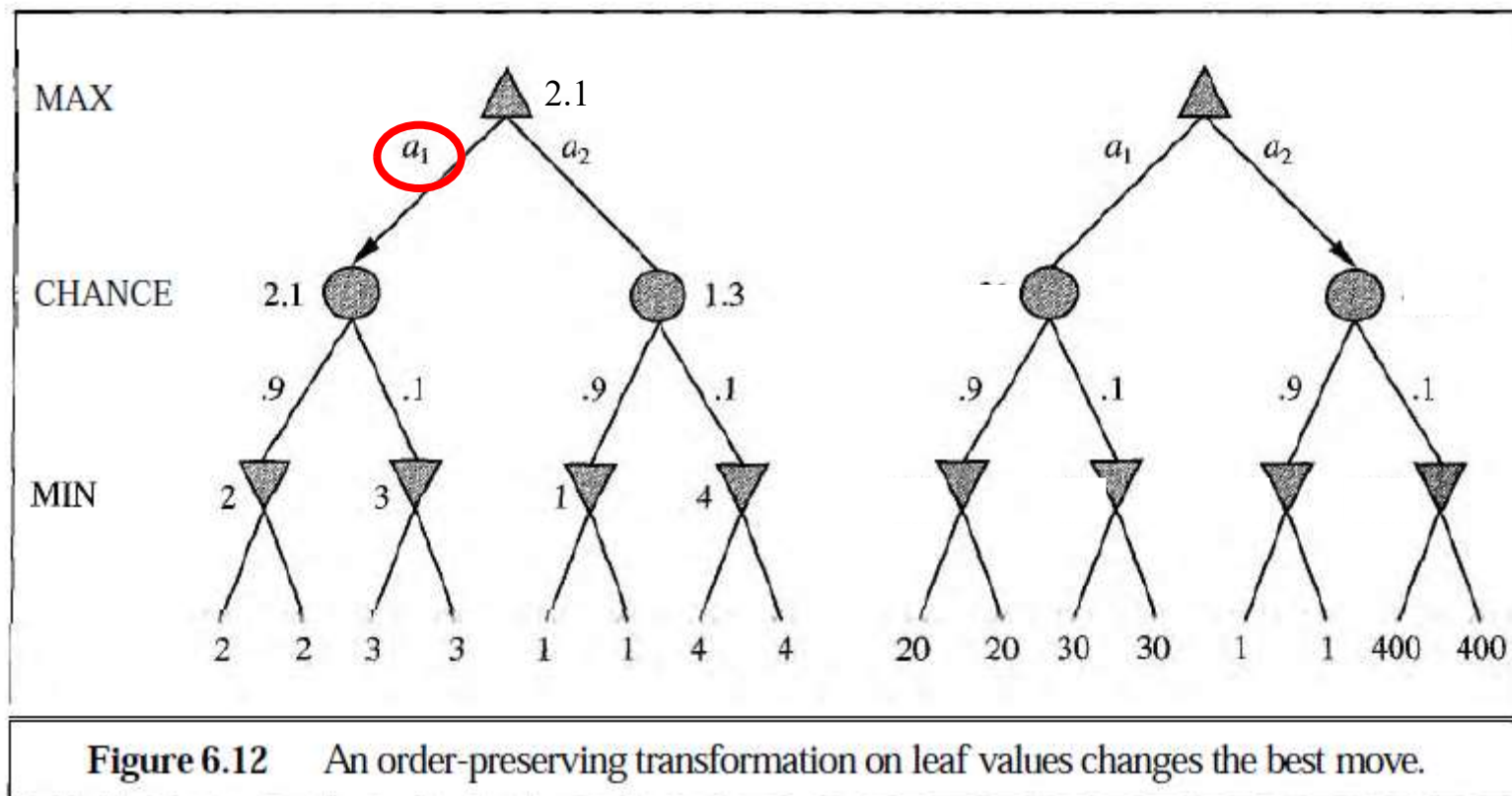
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



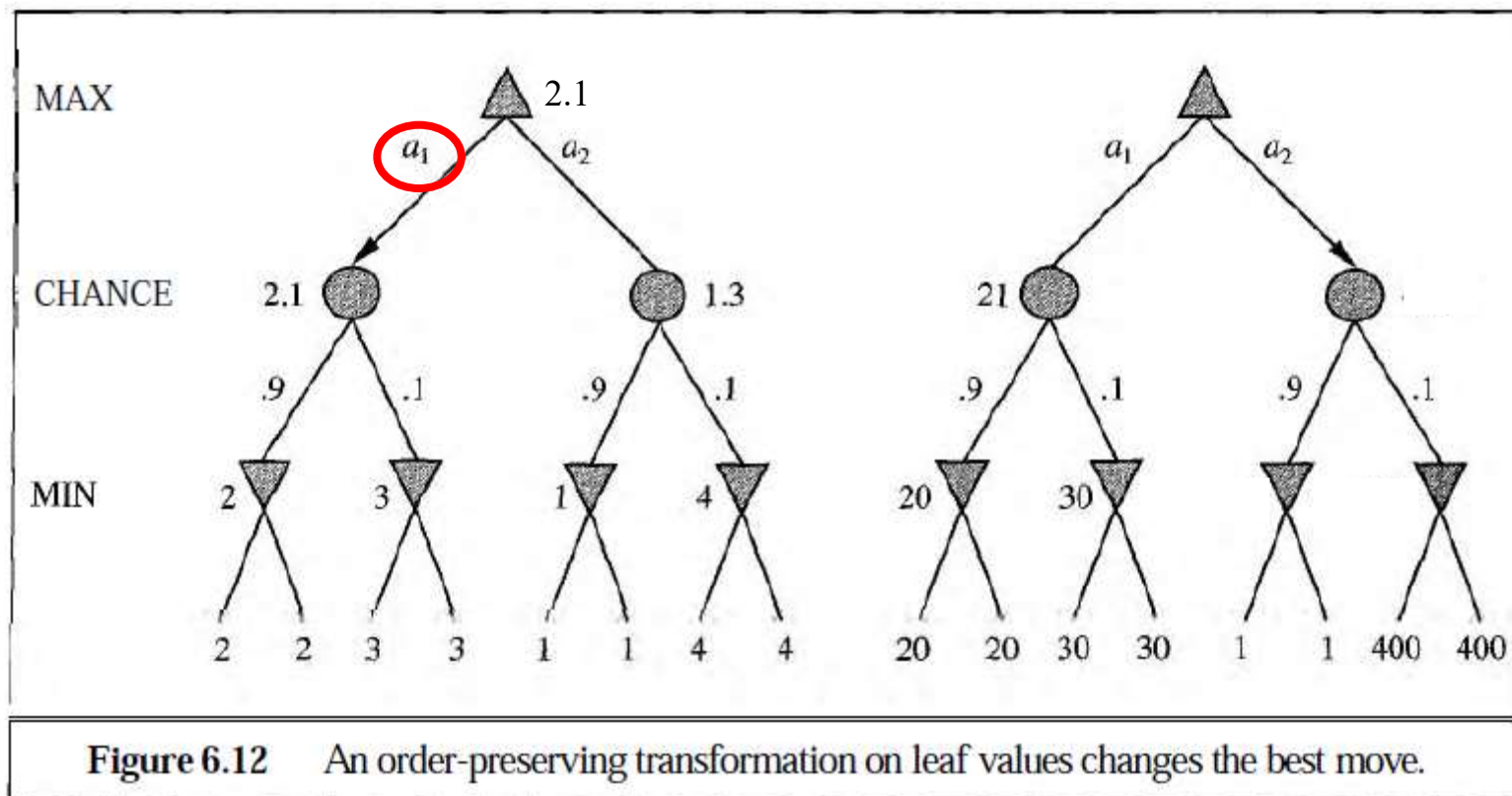
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



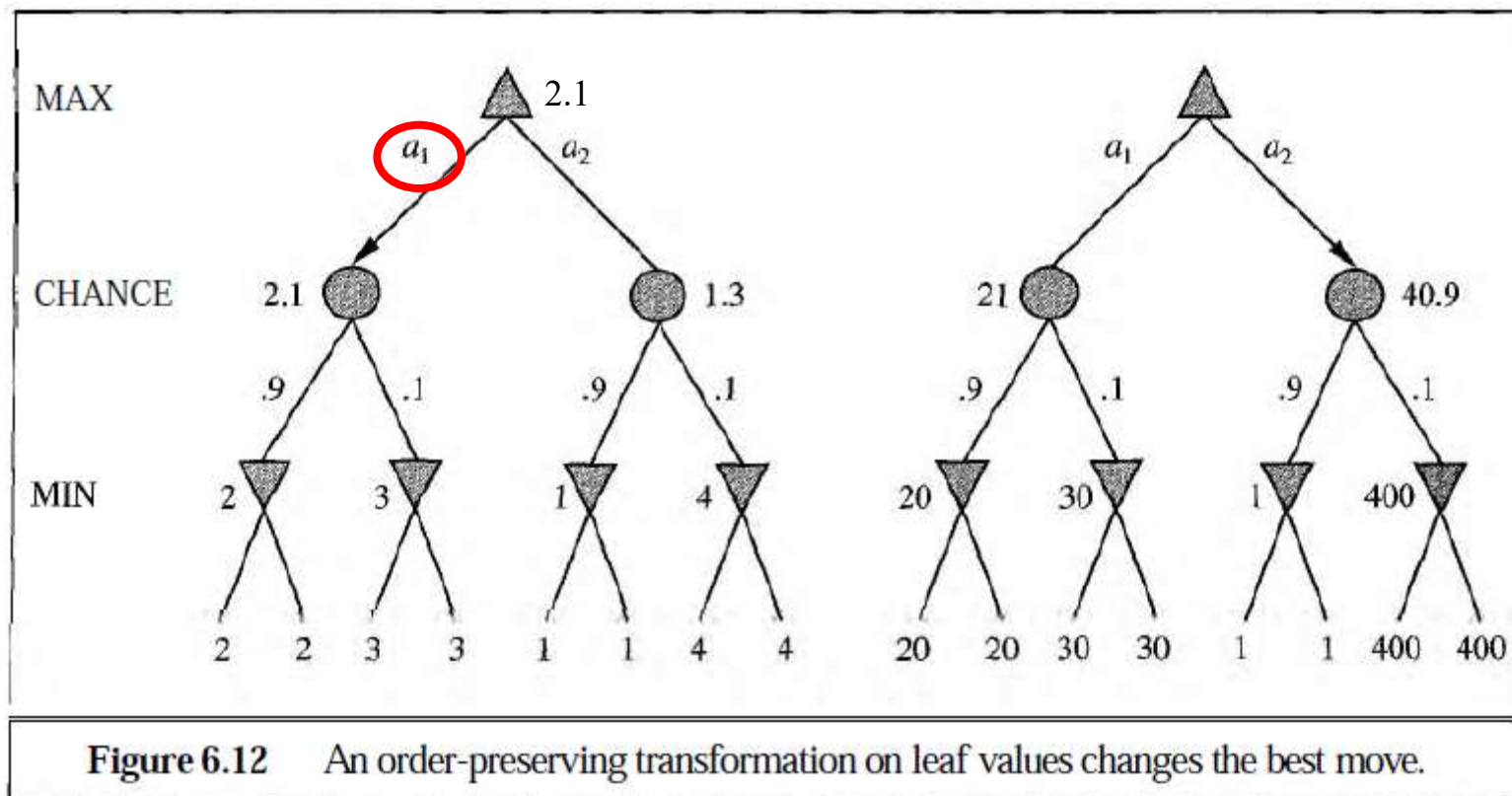
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



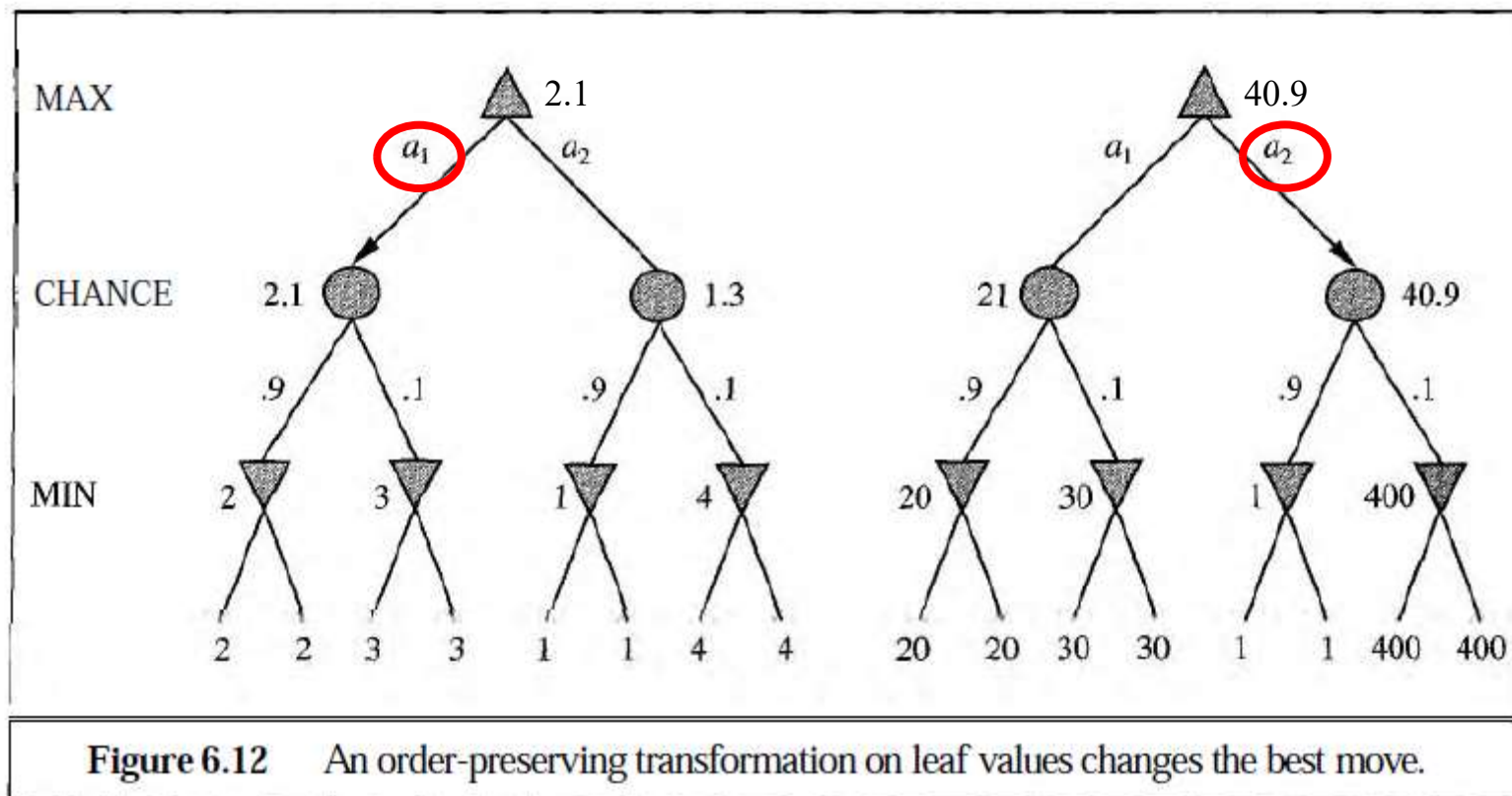
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



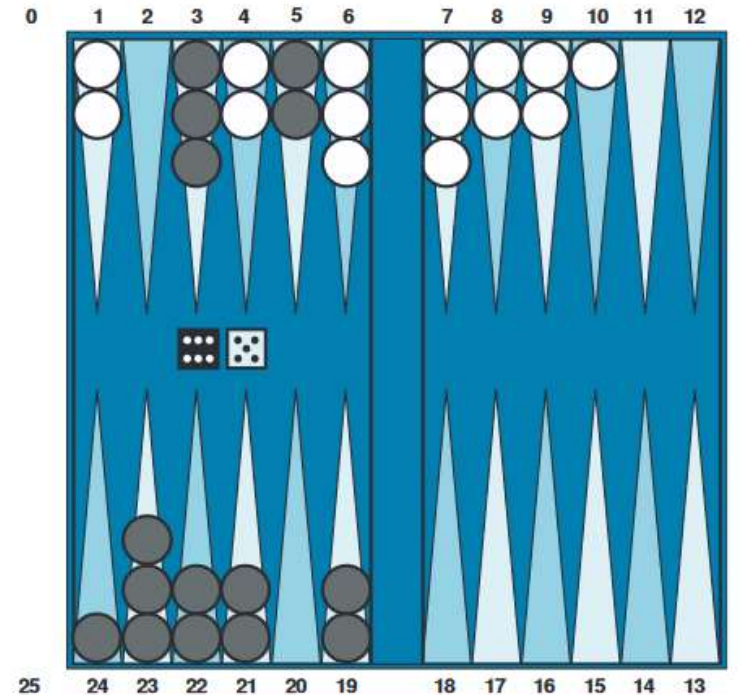
Funciones de evaluación en expectiminimax

- En minimax el valor de las funciones de evaluación no importa, tan sólo es importante el orden relativo (si un estado es mejor que otro o no)
- Para expectiminimax necesitamos además que las magnitudes de los valores sean correctas.



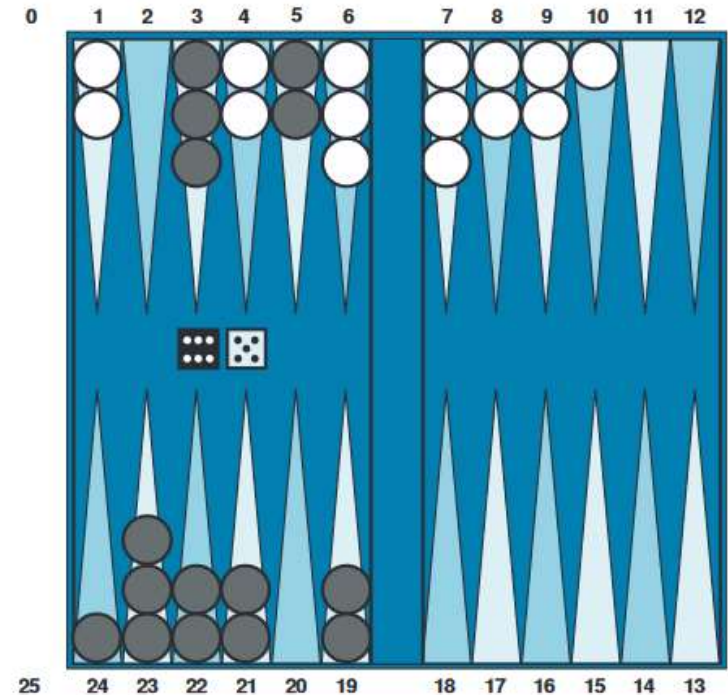
Backgammon

- TD-Gammon:
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/TD-Gammon>
 - Búsqueda a 2 niveles + buena función de evaluación: Temporal Difference learning (red neuronal)
 - Al nivel del campeón del mundo.



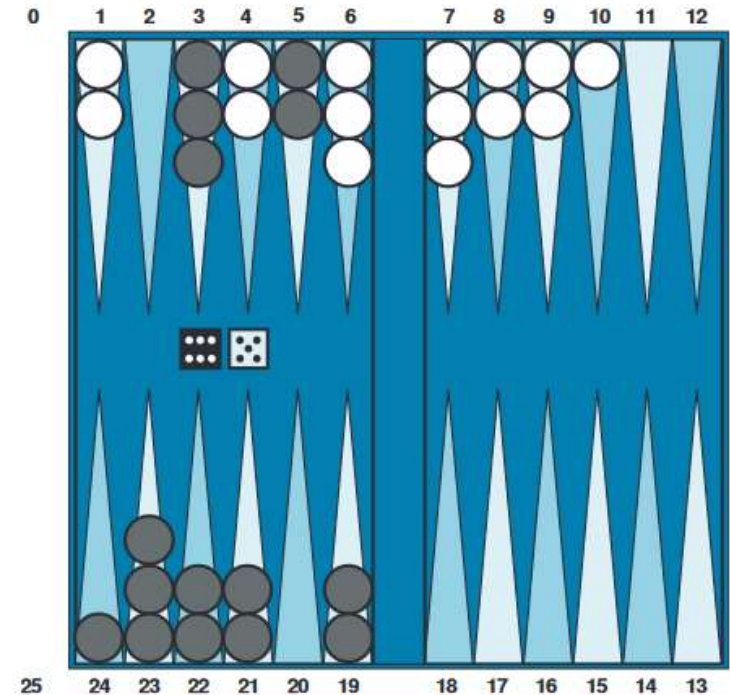
Backgammon

- TD-Gammon:
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/TD-Gammon>
 - Búsqueda a 2 niveles + buena función de evaluación: Temporal Difference learning (red neuronal)
 - Al nivel del campeón del mundo.
- El lanzamiento de dados incrementa b:
 - posibilidades diferentes con 2 dados ?



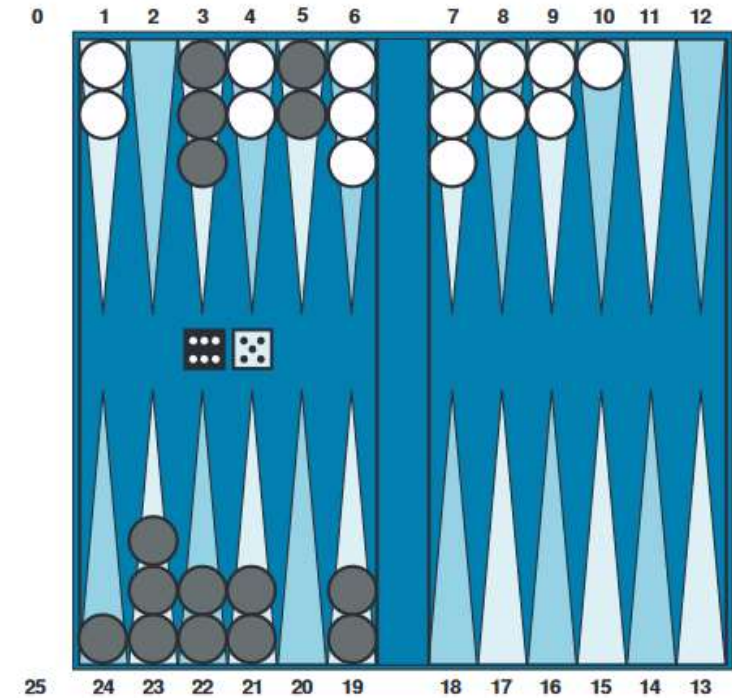
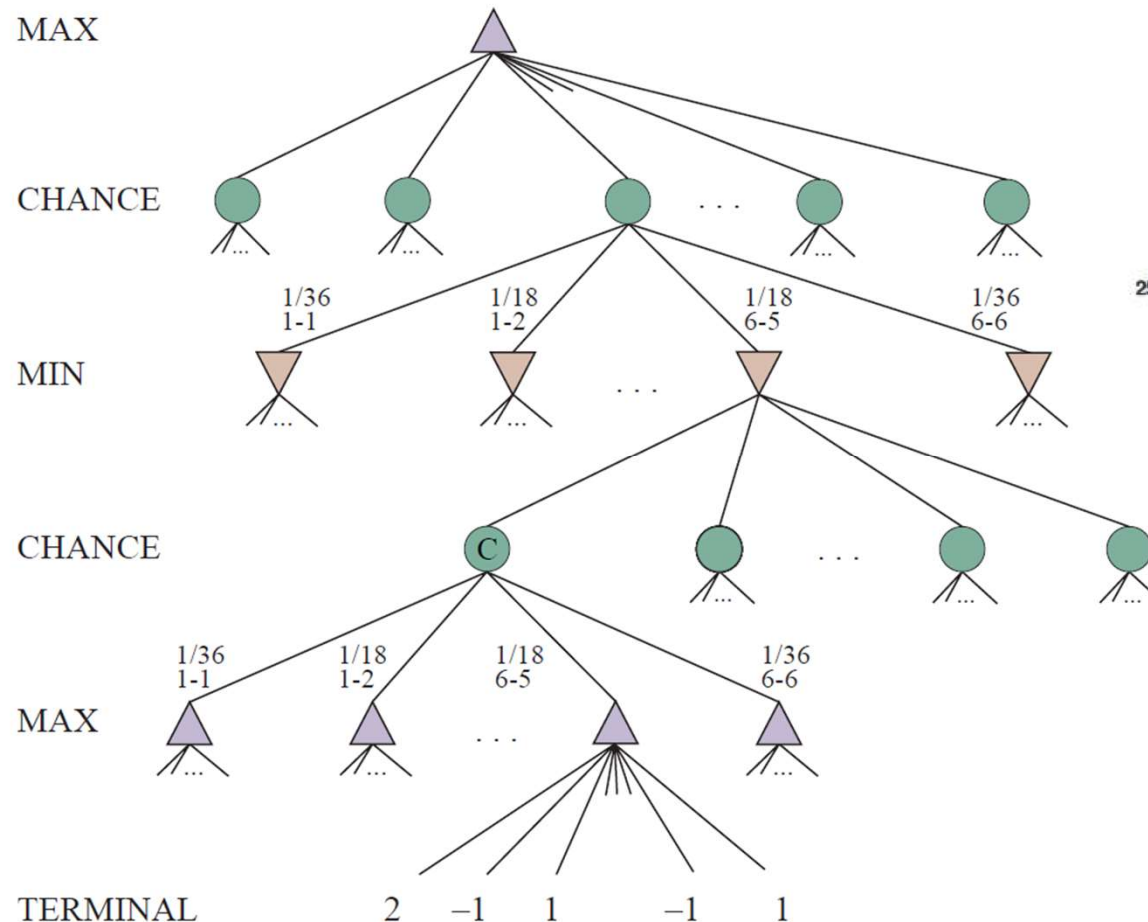
Backgammon

- TD-Gammon:
 - <http://en.wikipedia.org/wiki/TD-Gammon>
 - Búsqueda a 2 niveles + buena función de evaluación: Temporal Difference learning (red neuronal)
 - Al nivel del campeón del mundo.
- El lanzamiento de dados incrementa b:
 - posibilidades diferentes con 2 dados: **21**



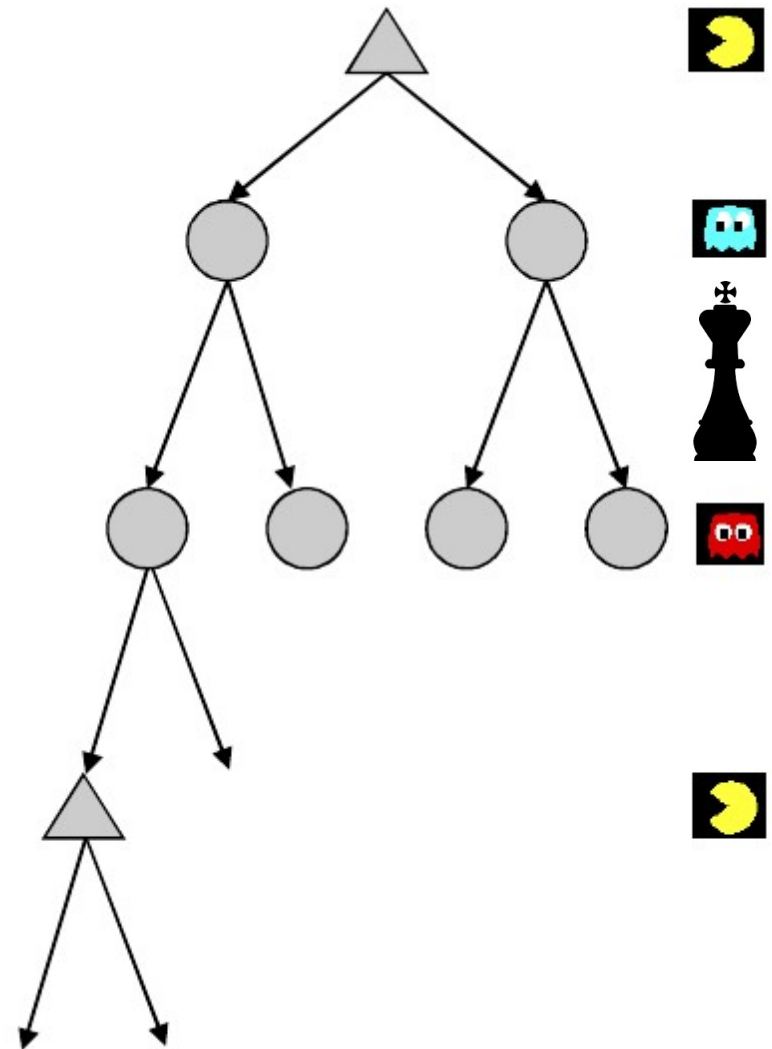
Backgammon

- A medida que bajamos niveles disminuye la probabilidad de que lleguemos a esa configuración.



Búsqueda **expectimax**

- Tenemos un modelo probabilístico de cómo se comportan los rivales:
 - Sencillo: Lanzar un dado.
 - Complejo.
 - Un nodo representa cada hecho fuera de nuestro control (enemigo o naturaleza).
 - El modelo podría decir que el agente se comporta como un adversario ideal.

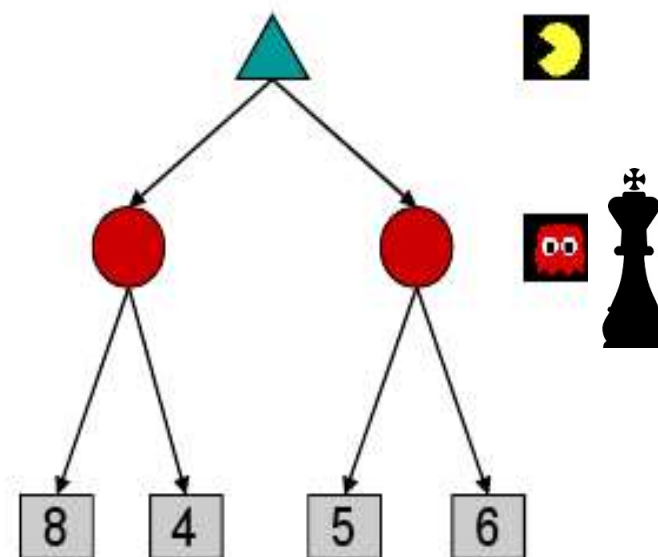


Pseudocódigo para expectimax

```
def value(s)
  if s is a max node return maxValue(s)
  if s is an exp node return expValue(s)
  if s is a terminal node return evaluation(s)
```

```
def maxValue(s)
  values = [value(s') for s' in successors(s)]
  return max(values)
```

```
def expValue(s)
  values = [value(s') for s' in successors(s)]
  weights = [probability(s, s') for s' in successors(s)]
  return expectation(values, weights)
```



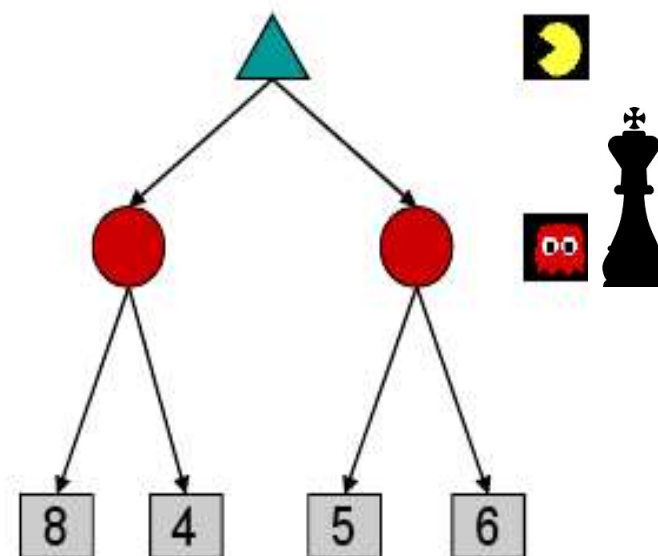
Pseudocódigo para expectimax

Nos hemos alejado de la idea de que los oponentes tratan de ganarnos el juego. Ahora los consideramos "parte del entorno".

```
def value(s)
    if s is a max node return max(s)
    if s is an exp node return expValue(s)
    if s is a terminal node return evaluation(s)
```

```
def max(s)
    values = [value(s') for s' in successors(s)]
    return max(values)
```

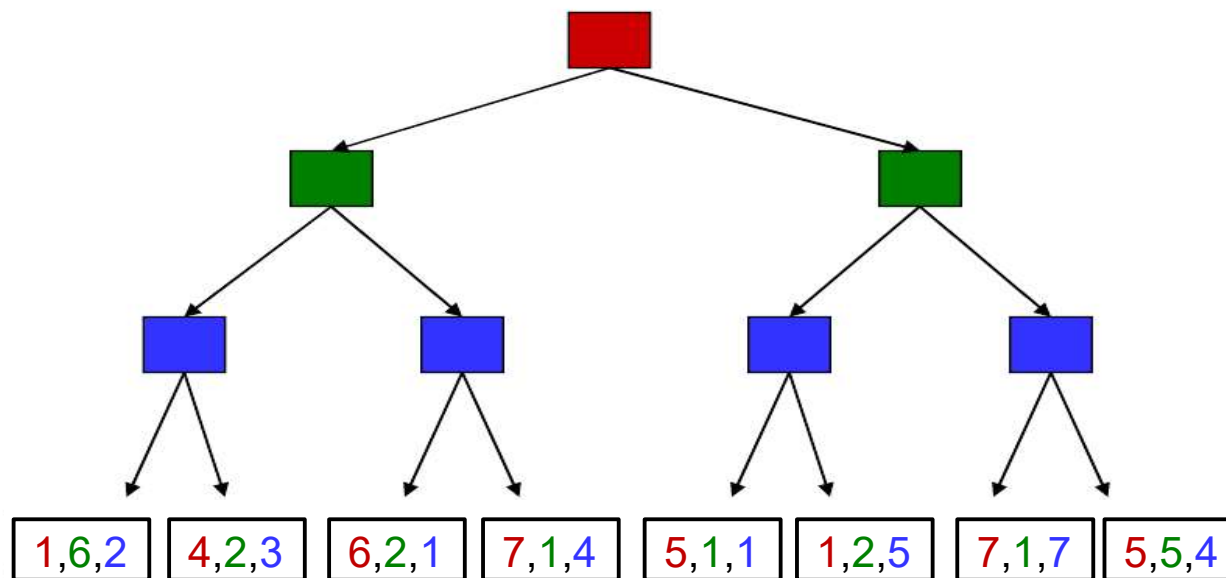
```
def expValue(s)
    values = [value(s') for s' in successors(s)]
    weights = [probability(s, s') for s' in successors(s)]
    return expectation(values, weights)
```



Búsqueda en juegos

- Tipos de juegos
- Juegos de suma cero de dos jugadores.
 - Minimax
 - Poda alfa-beta
- Juegos contra la naturaleza.
 - Repaso de probabilidades
 - Expectimax
- Juegos de suma no cero.

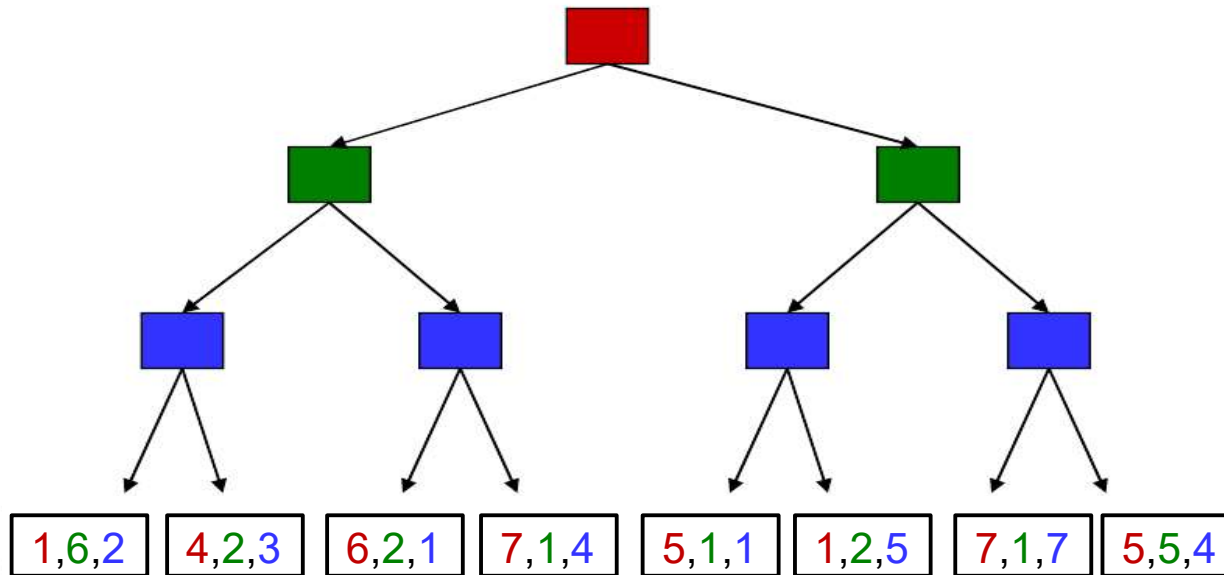
Juegos de suma no cero o multijugador



Turnos: R,G,B

- Las utilidades son ahora tuplas.

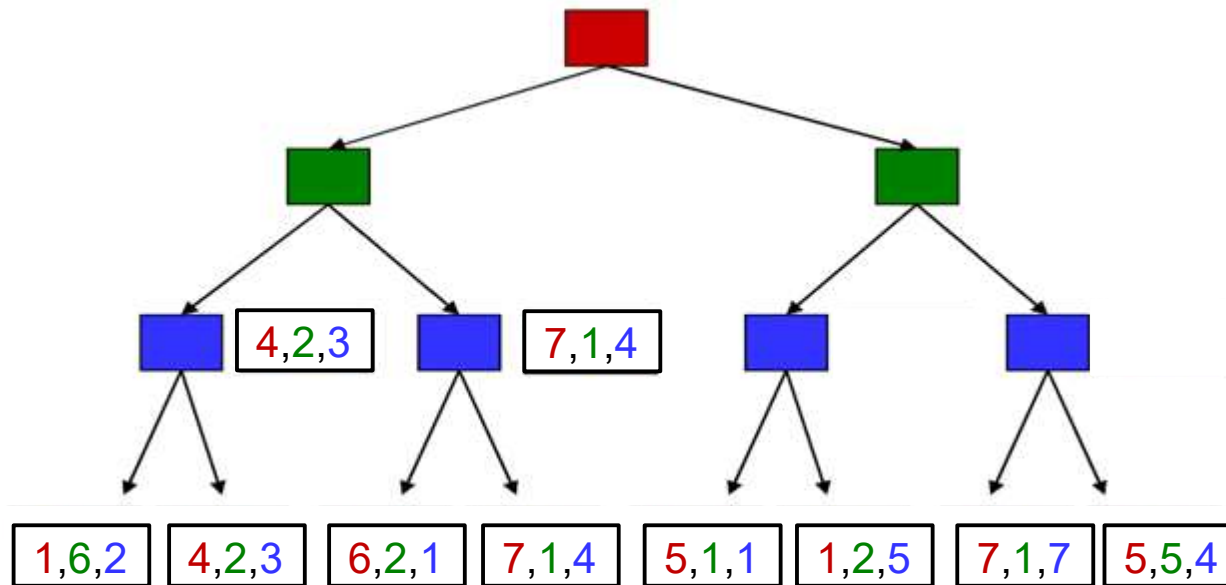
Juegos de suma no cero o multijugador



- Las utilidades son ahora tuplas.
- Cada jugador **maximiza** su propia entrada y propaga el resultado al siguiente nivel.

Similar al minimax

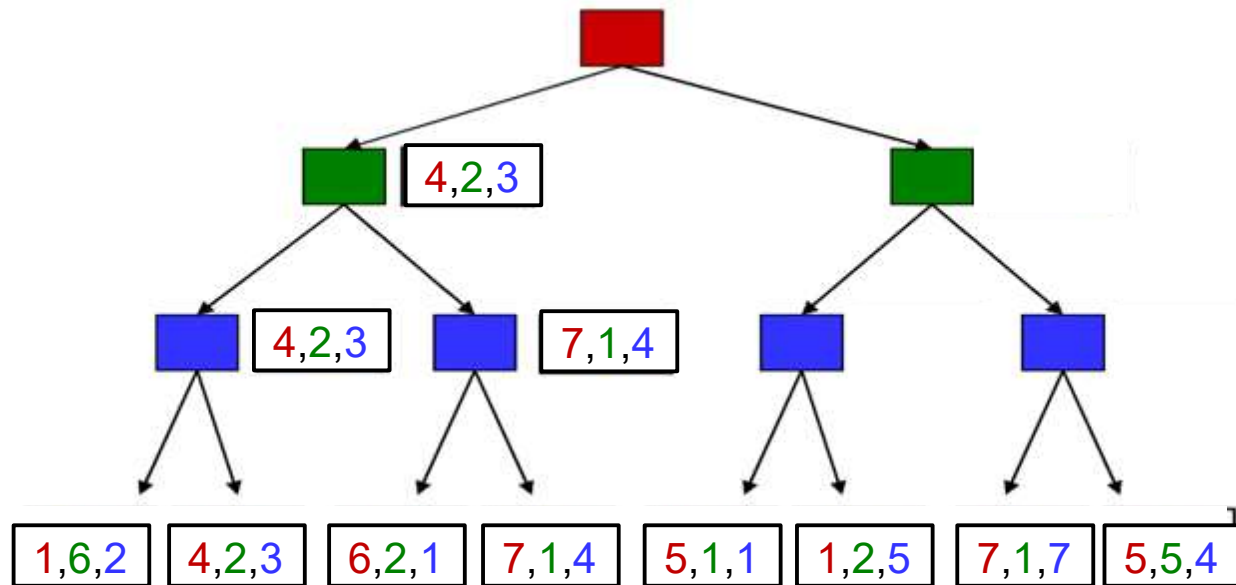
Juegos de suma no cero o multijugador



- Las utilidades son ahora tuplas.
- Cada jugador **maximiza** su propia entrada y propaga el resultado al siguiente nivel.

Similar al minimax

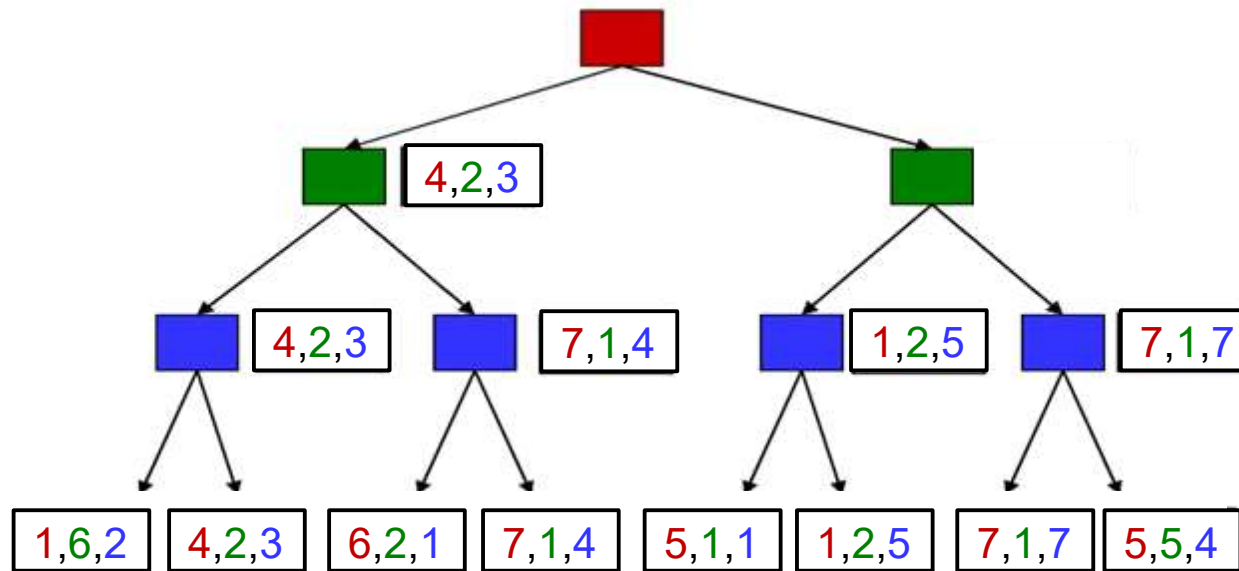
Juegos de suma no cero o multijugador



- Las utilidades son ahora tuplas.
- Cada jugador **maximiza** su propia entrada y propaga el resultado al siguiente nivel.

Similar al minimax

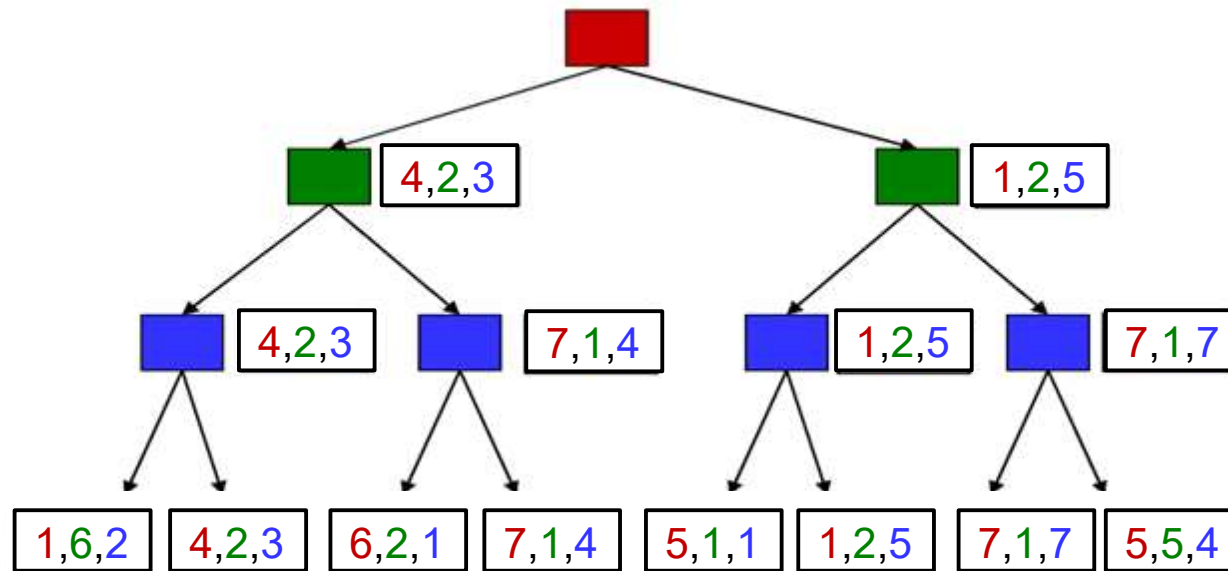
Juegos de suma no cero o multijugador



- Las utilidades son ahora tuplas.
- Cada jugador **maximiza** su propia entrada y propaga el resultado al siguiente nivel.

Similar al minimax

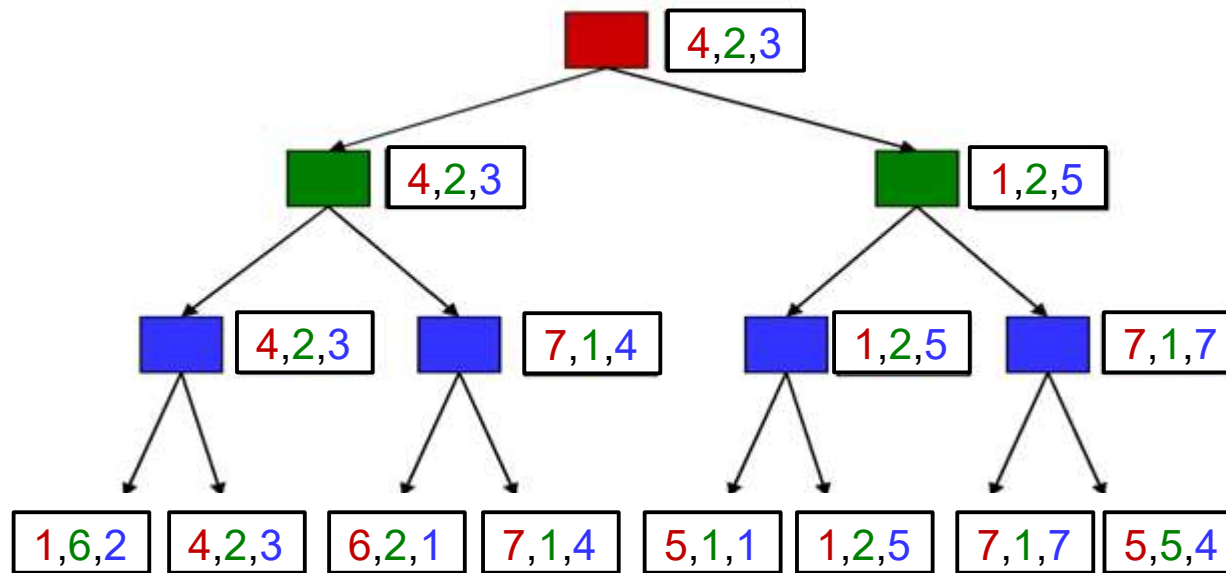
Juegos de suma no cero o multijugador



- Las utilidades son ahora tuplas.
- Cada jugador **maximiza** su propia entrada y propaga el resultado al siguiente nivel.

Similar al minimax

Juegos de suma no cero o multijugador



- Similar al minimax:
 - Las utilidades son ahora tuplas.
 - Cada jugador **maximiza** su propia entrada y propaga el resultado al siguiente nivel.
 - Diplomacy game