

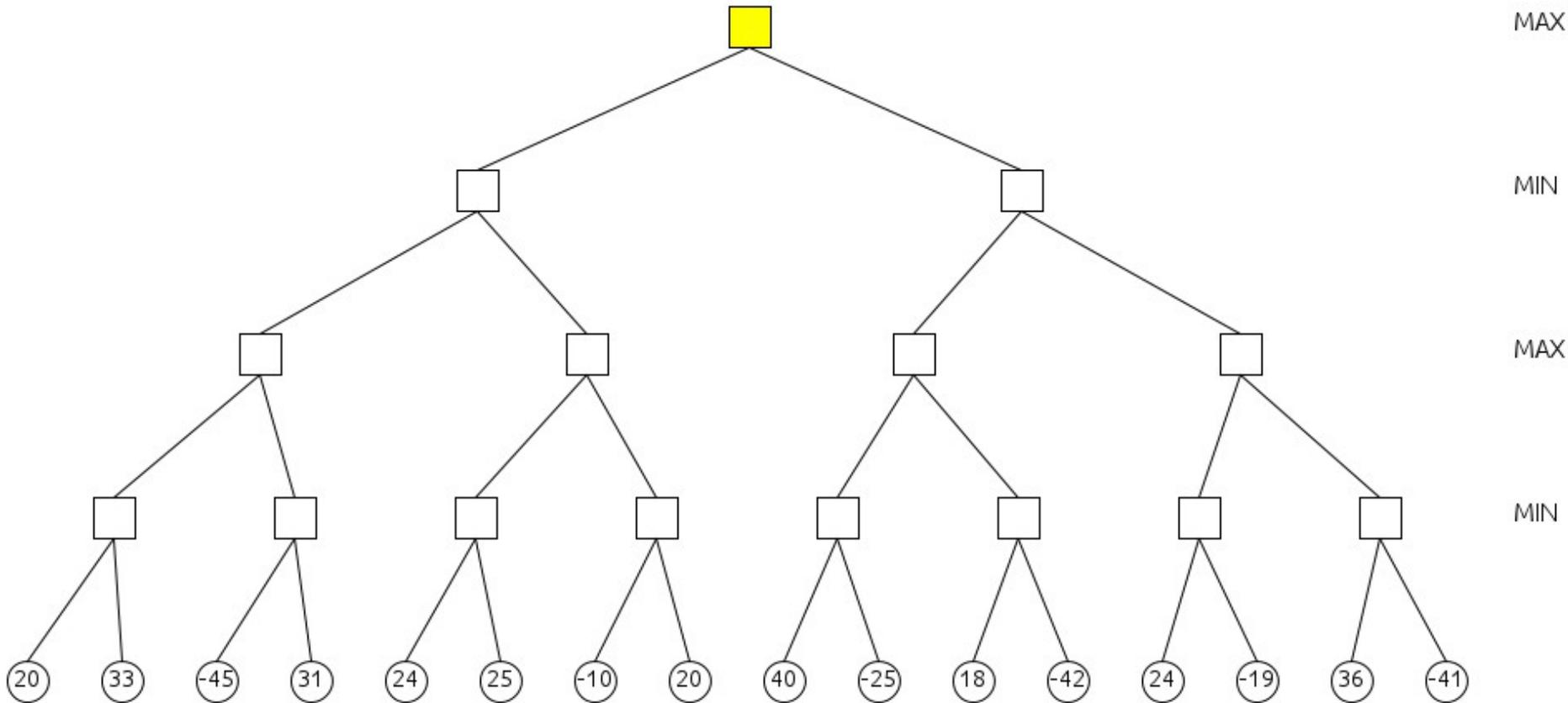
Sistemas Inteligentes

Busca Competitiva
(cont...)

Revisão – Busca Competitiva

- Problemas de busca competitiva = jogos
 - 2 jogadores de revezando
 - Soma zero: a vitória de um jogador significa a derrota do outro.
 - Ambientes determinísticos totalmente observáveis.
 - Exemplos:
 - Jogo-da-velha
 - Damas
 - Xadrez
 - Go
 - ...
- Soluções: Algoritmo Minimax e Poda Alfa-Beta

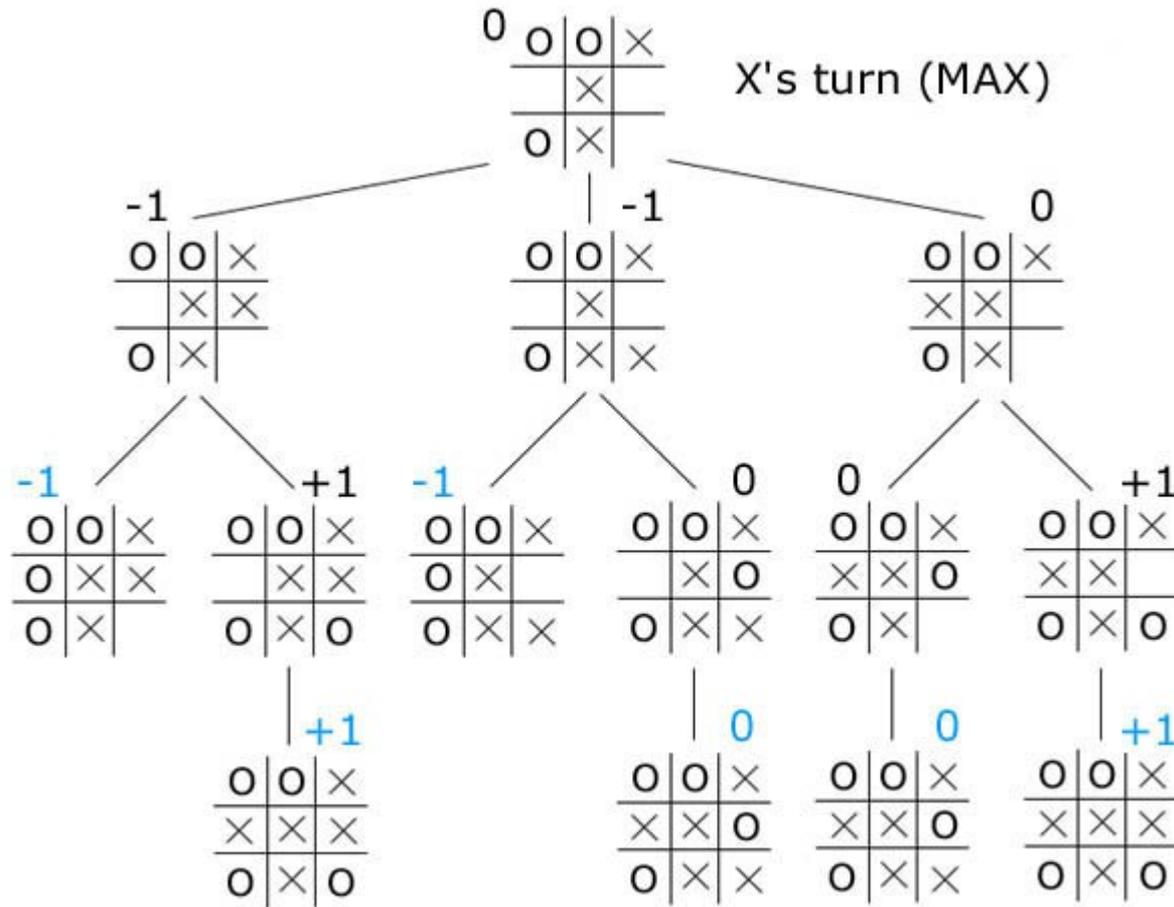
Minimax - Exercício



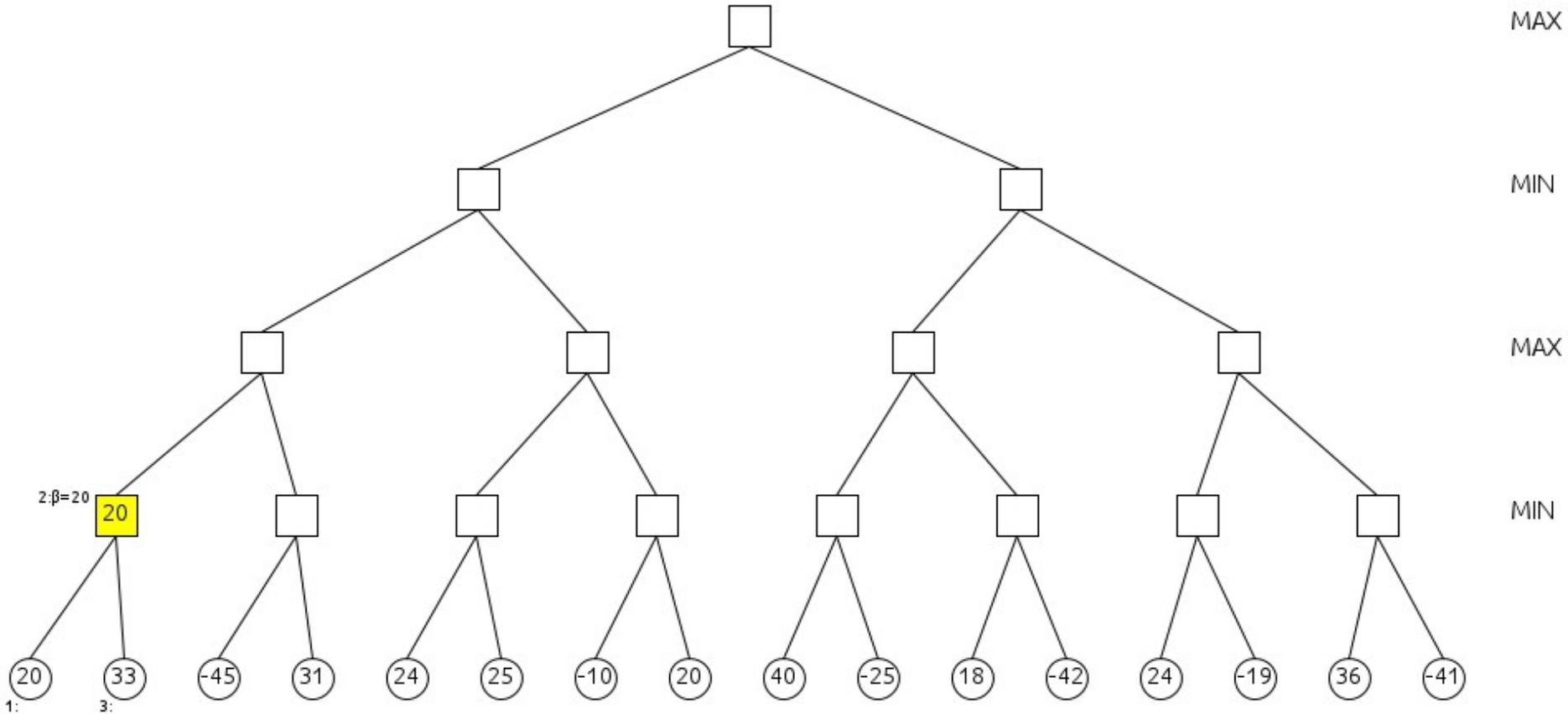
Minimax - Exemplo

Jogo da Velha começando no estado:
(sendo a vez do X)

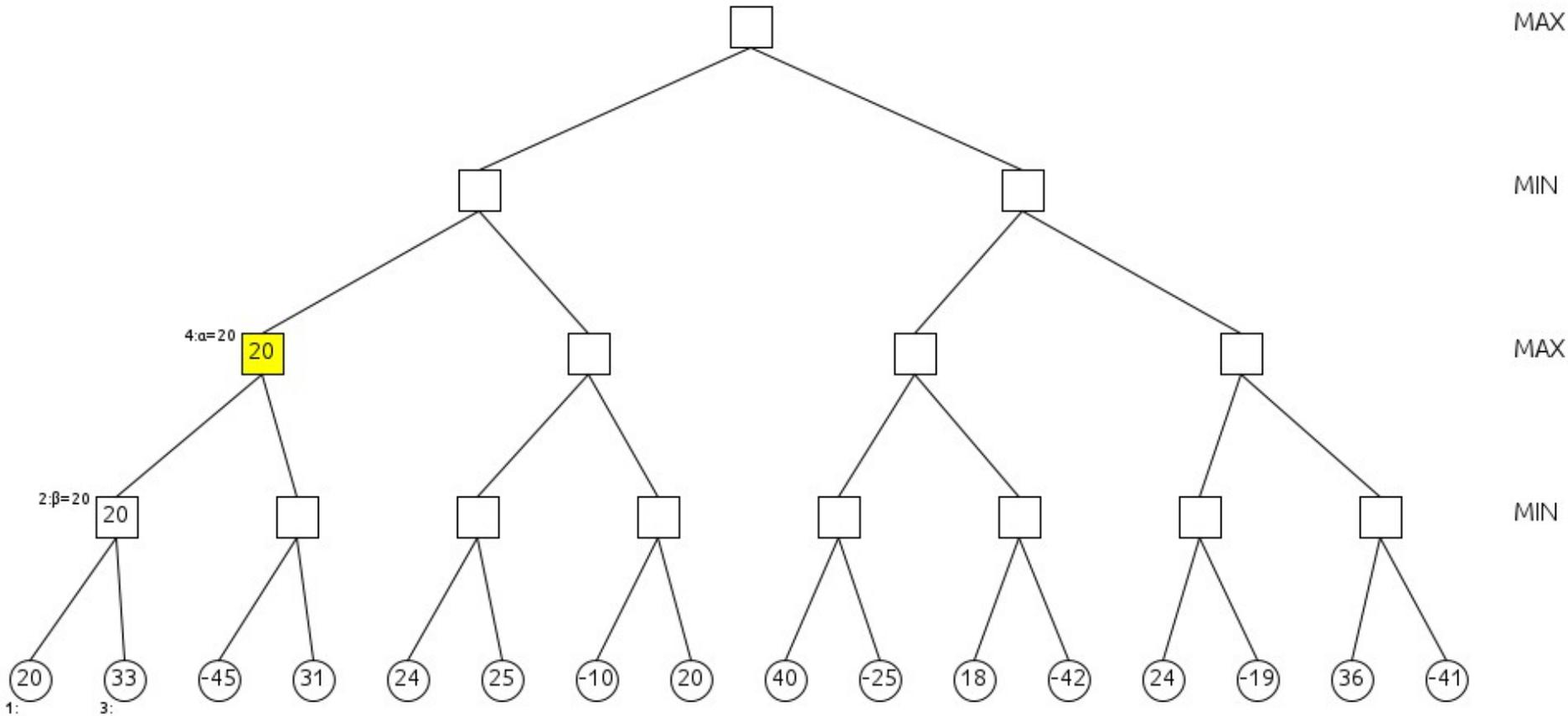
o	o	x
	x	
o	x	



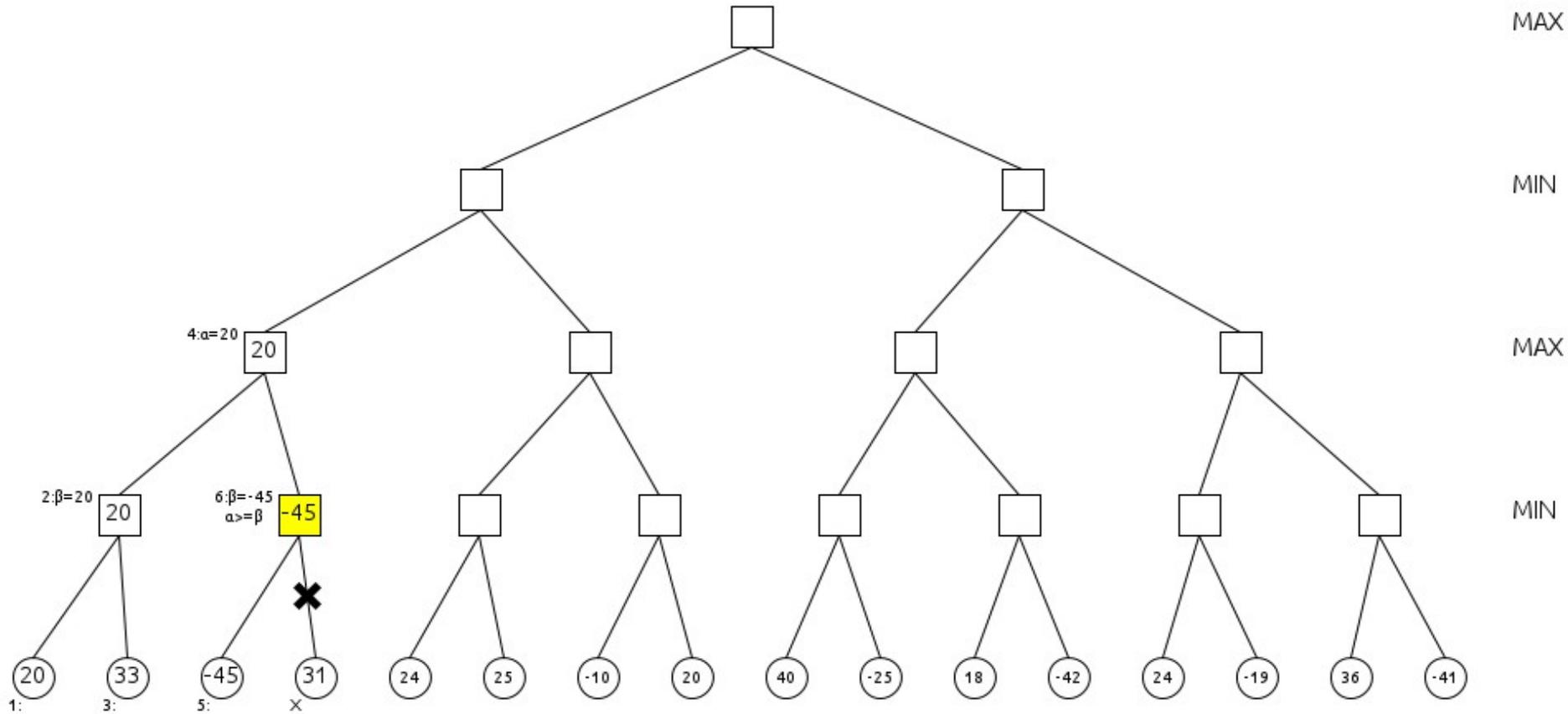
Minimax - Poda α - β



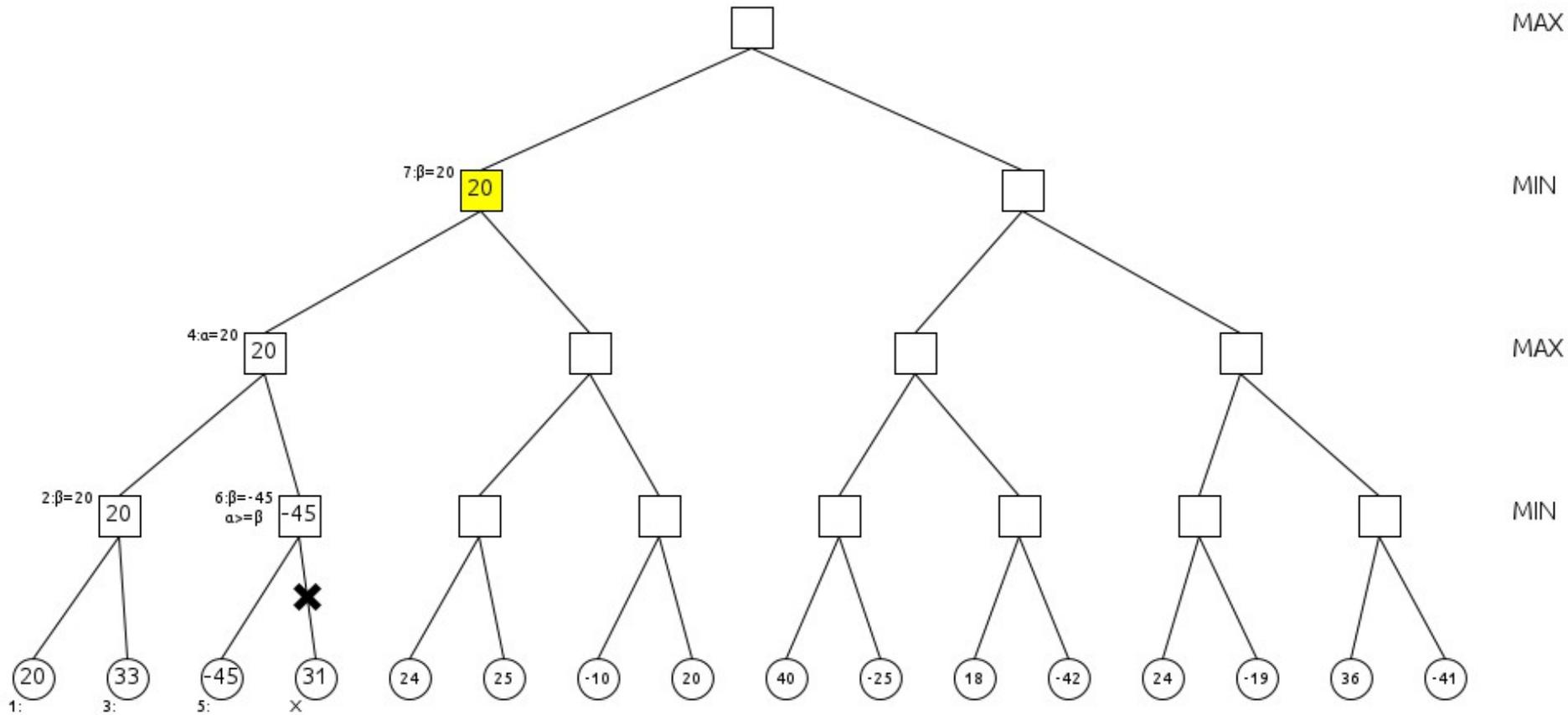
Minimax - Poda α - β



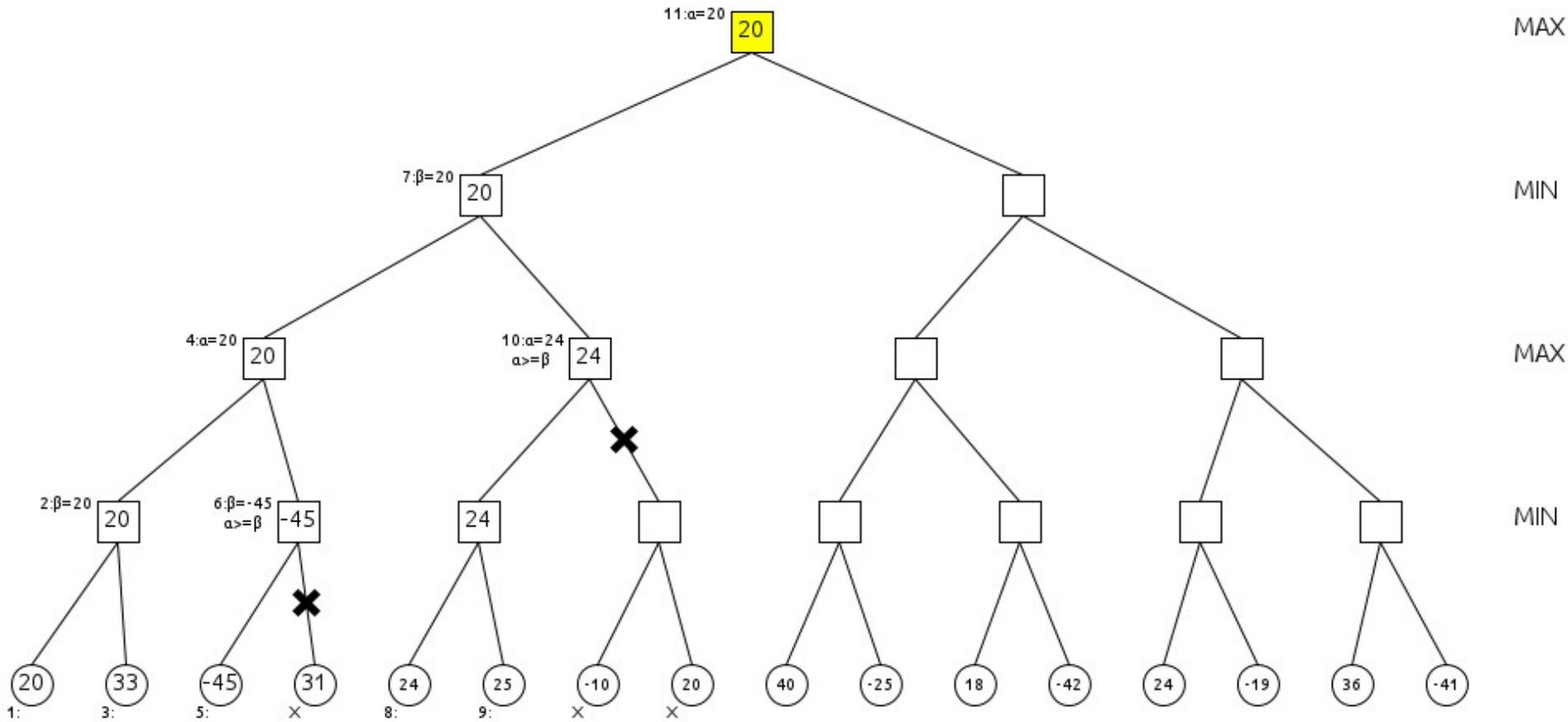
Minimax - Poda α - β



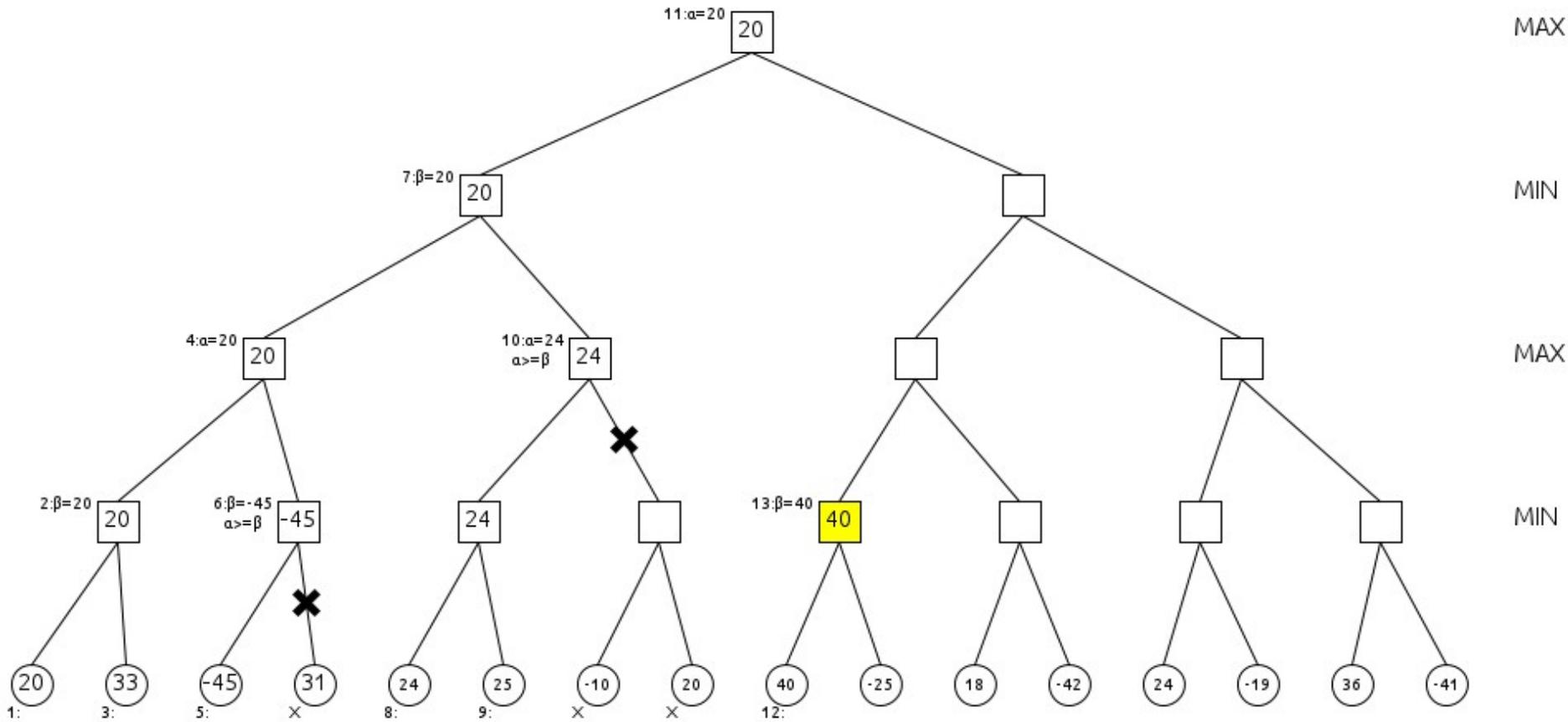
Minimax - Poda α - β



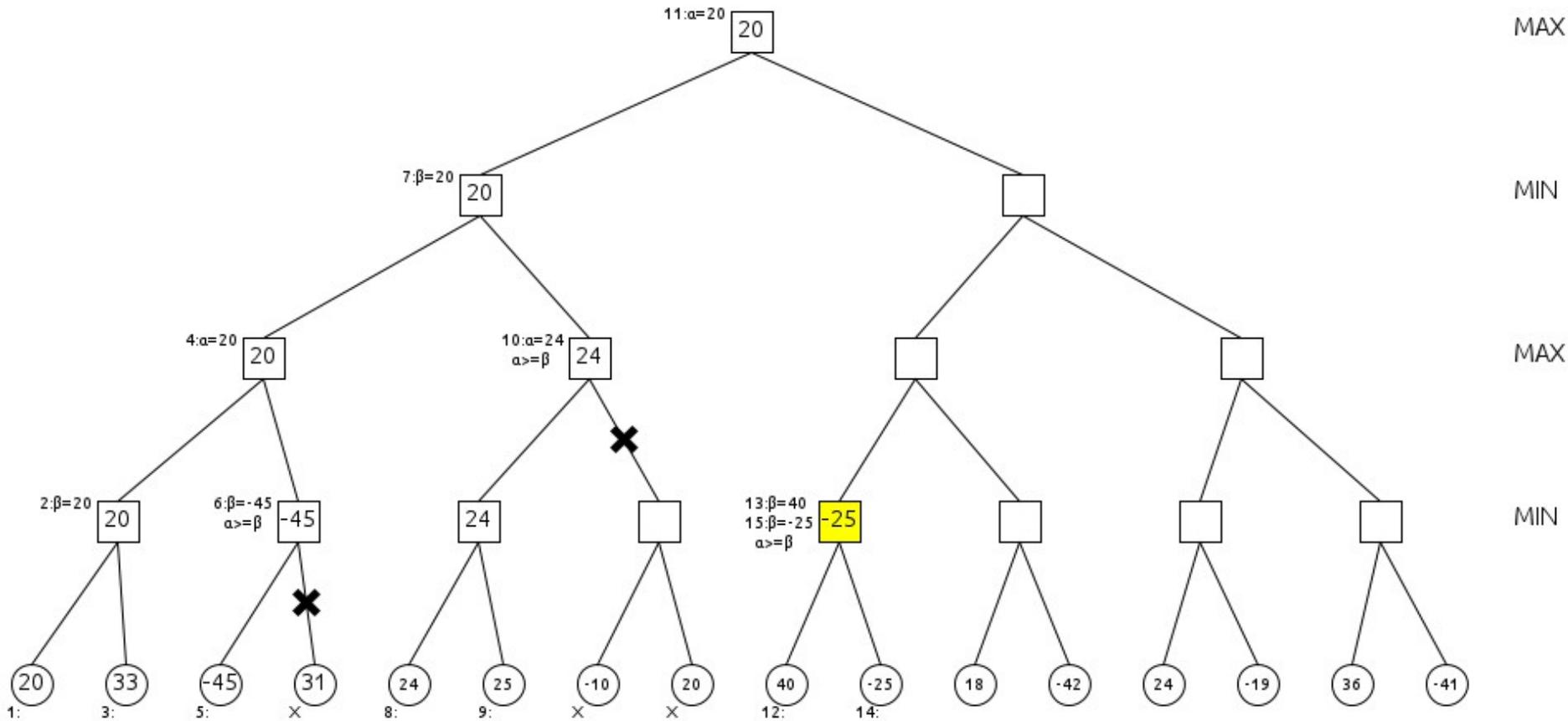
Minimax - Poda α - β



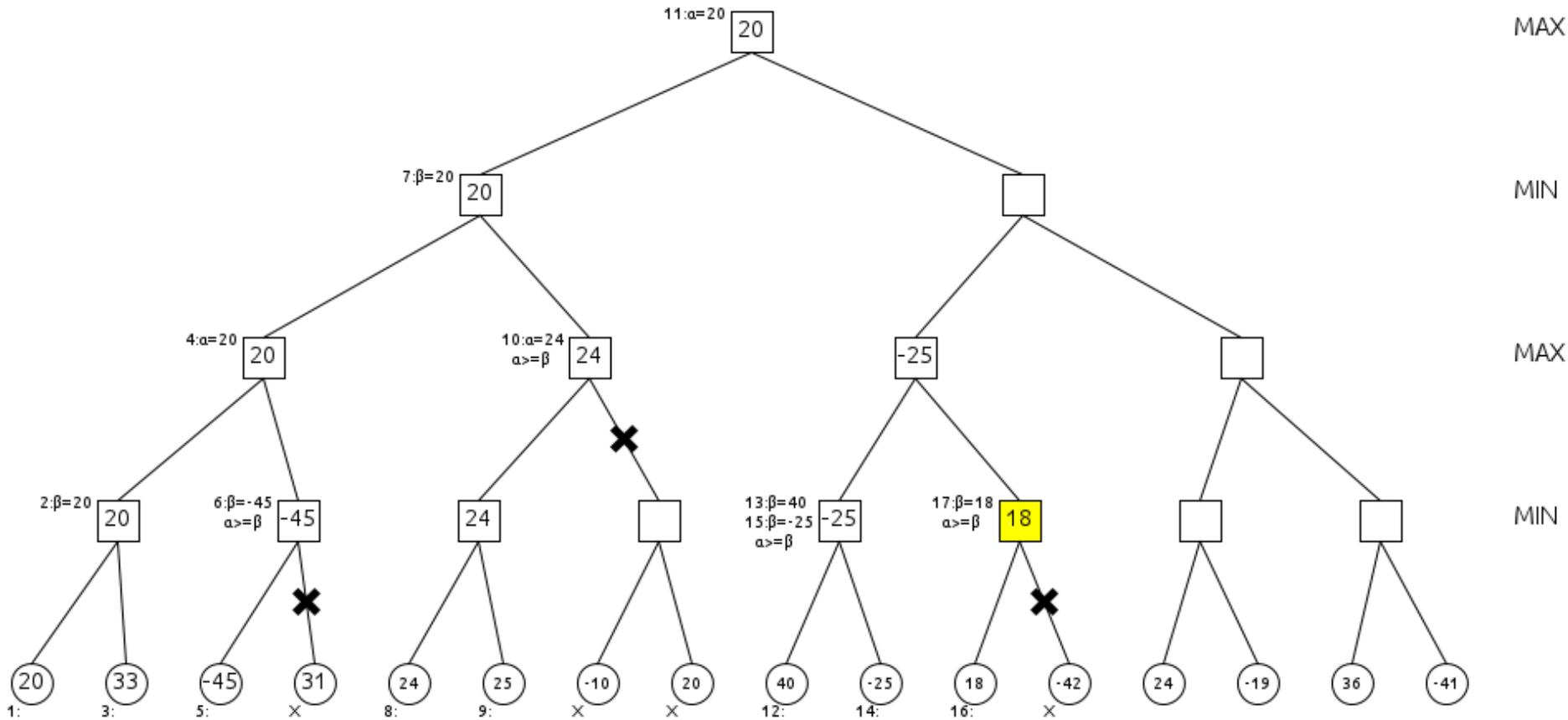
Minimax - Poda α - β



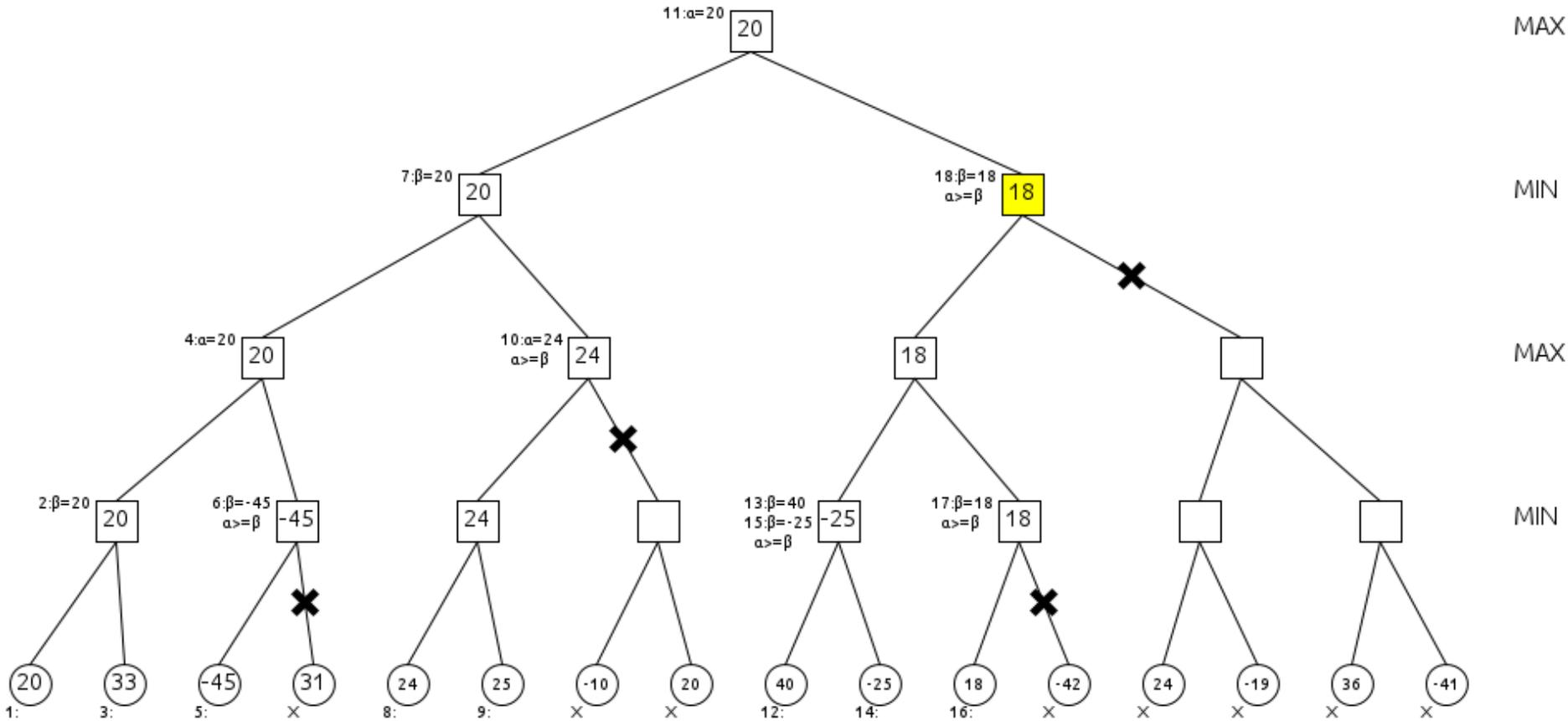
Minimax - Poda α - β



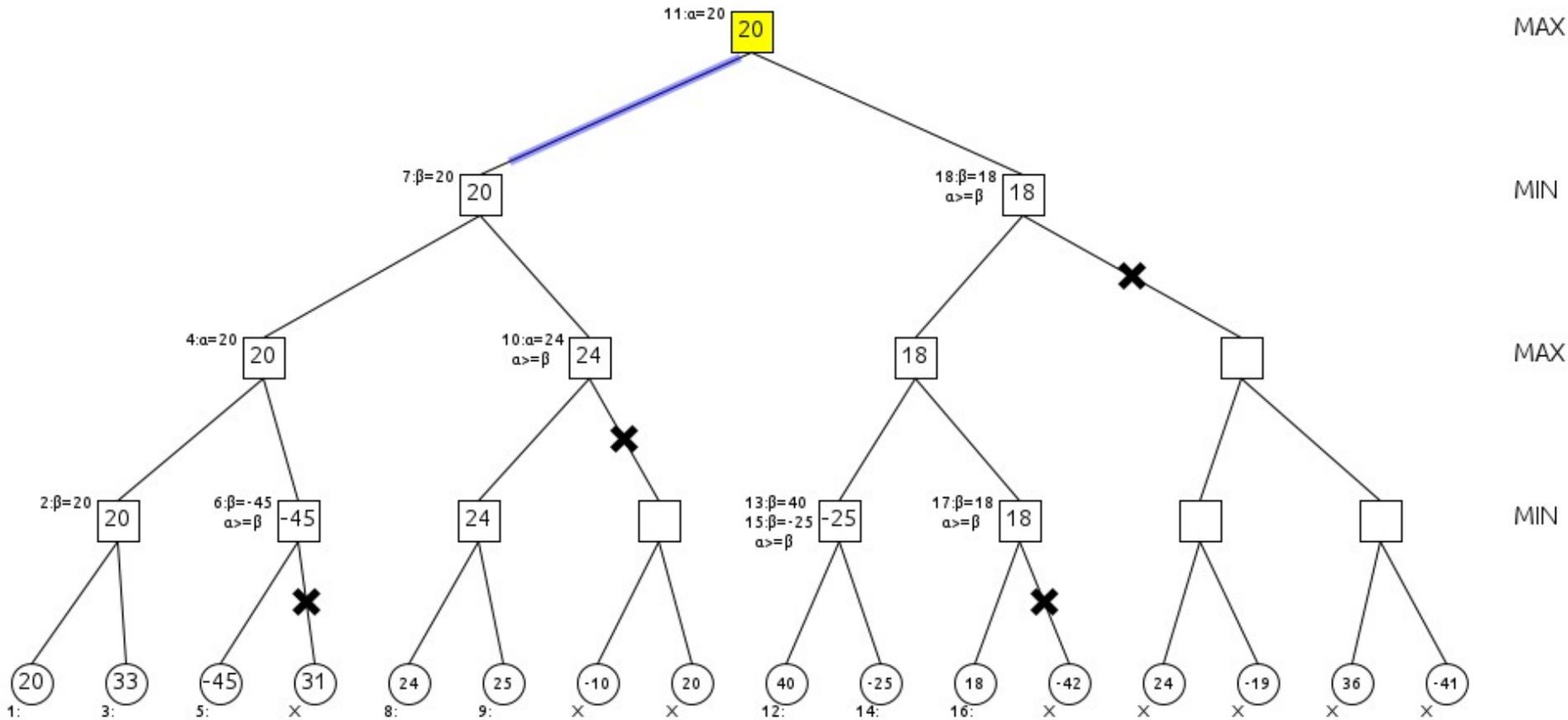
Minimax - Poda α - β



Minimax - Poda α - β

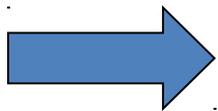


Minimax - Poda α - β



Decisões imperfeitas em tempo real

- Minimax gera o espaço de busca todo.
- Poda α - β ainda tem que chegar até os estados terminais.



São muito ineficientes para jogos com muitos passos até os estados terminais, isto é, quase todos os jogos interessantes!

Decisões imperfeitas em tempo real

- Sugestão (Shannon, 1950):
 - Substituir a função utilidade por uma **função de avaliação heurística** e substituir o teste de término por um teste de *corte*.
 - Função de avaliação retorna uma *estimativa* da utilidade esperada do jogo a partir de uma dada posição.
 - Isto é, nós não terminais se transformam em nós terminais para minimax ou poda α - β .

Decisões imperfeitas em tempo real

- ***Função de avaliação heurística***
 - Deve ordenar nós-terminais da mesma forma que a função utilidade;
 - A computação deve ser rápida;
 - Em estados não-terminais, a função de avaliação deve estar relacionada com as chances reais de vitória;
 - O algoritmo será necessariamente incerto com relação aos resultados finais pois a busca será cortada!

Decisões imperfeitas em tempo real

- Definição de função de avaliação heurística: ***características de estado***
 - Em conjunto definem *categorias* ou classes de *equivalência de estados* (ex: número de peões tomados);
 - Estados de cada categoria têm os mesmos valores para cada característica.
 - Calcula contribuições numéricas separadas de cada característica e as combina para gerar um resultado final.

Decisões imperfeitas em tempo real

- Exemplo de características de estado para **xadrez**:
 - valor material de cada peça: peão=1, cavalo ou bispo=3, torre=5, rainha=9
 - boa estrutura de peões, segurança do rei = 1/2 peão
- Função de avaliação: função linear ponderada das características

$$Aval(s) = w_1 f_1(s) + w_2 f_2(s) + \dots + w_n f_n(s)$$

Decisões imperfeitas em tempo real

- Ao somar os valores de características assumimos que as contribuições de cada característica são independentes das outras.
 - *Ex: ignora o fato de um bispo ser mais valioso no fim do jogo quando tem mais espaço de manobra*
- É possível usar combinações não-lineares.
 - *Par de bispos pode valer mais que o dobro do valor de dois bispos.*

Jogos Determinísticos na Prática

- Damas:
 - Chinook ganhou do campeão mundial Marion Tinsley in 1994.
 - Usa um banco de dados que define jogadas perfeitas para todas as configurações envolvendo 8 ou menos peças no tabuleiro, num total de 444 bilhões de posições.
- Xadrez:
 - Deep Blue ganhou do campeão mundial Garry Kasparov em 1997.
 - Busca 200 milhões de configurações por segundo, usa uma função de avaliação sofisticada, e métodos secretos para estender algumas linhas de busca até profundidade 40.
- Othello:
 - Campeões se recusam a jogar com computadores, porque eles são bons demais.
- Go:
 - Campeões se recusam a jogar com computadores, porque eles são ruins demais. No jogo Go, $b > 300$, então a maioria dos programas usa banco de dados de padrões para sugerir jogadas.

Referências

- Simulação de execução
 - <http://ksquared.de/gamevisual/launch.php>
- Exemplo do jogo da velha
 - Implementação:
 - <http://aleph0.info/cursos/ia/trab/luis/3/J2Velha.pdf>
 - Demonstração:
 - <http://henriquevianna.com/code/ia/jogo-da-velha.html>