

Processus décisionnels markoviens pour l'ascension de la colline

Le but de ce projet est de réaliser un système capable de planifier une suite d'actions pour permettre à une voiture de faible puissance d'atteindre néanmoins le sommet d'une colline.

1 Présentation du problème

Considérons la tâche qui consiste à amener un véhicule relativement peu puissant en haut d'une colline comme suggéré figure 1.

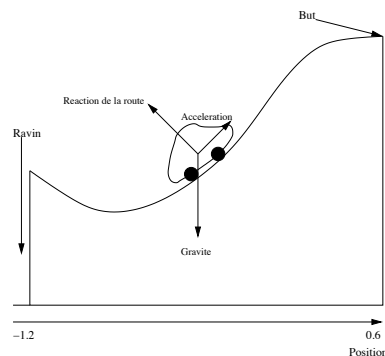


FIGURE 1 – Illustration du problème de l'ascension.

La difficulté principale de ce problème est que la gravité est plus forte que le moteur de la voiture : même si la voiture est à pleine puissance, elle ne peut monter directement la pente. La seule solution consiste à osciller dans la cuvette (et donc à l'éloigner du but), de sorte à gagner assez d'énergie cinétique pour atteindre le but. Cette énergie doit cependant rester raisonnable : la voiture ne doit pas trop accélérer sinon elle tombe dans le ravin.

Ce problème peut être décrit à l'aide d'un processus décisionnel markovien de taille infini.

Etats

L'espace d'états est l'ensemble des couple (x, v) correspondant respectivement à la position et à la vitesse de la voiture. Ces deux variables sont bornées : $x \in [-1, 2; 0, 6]$ et $v \in [-0, 07; 0, 07]$ (voir figure 2). Nous approximerons ce problème en considérant un espace d'états discrétisé 32 positions x 32 vitesses qui découpe régulièrement l'espace continu.

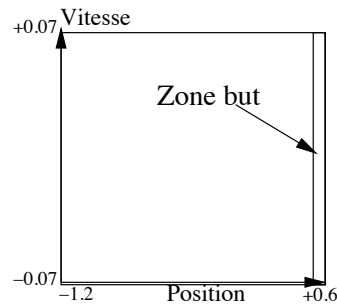


FIGURE 2 – Espace d'états continu à discrétiser.

Actions

On considère que la voiture ne peut effectuer que deux actions : accélérer vers la droite ($a = +1$) ou vers la gauche ($a = -1$).

Probabilité de transition

La dynamique de ce système peut alors être décrite par les équations de la physique simplifiées suivantes :

$$x_{t+1} = x_t + v_t$$

$$v_{t+1} = v_t + 0,001 * a_t - 0,0025 * \cos(3 * x_t)$$

La première équation est une version intégrée de la relation entre la position et la vitesse pour $dt = 1s$; la deuxième correspond à l'équation fondamentale de la dynamique. Nous ajoutons une contrainte supplémentaire à cette dynamique : lorsque la voiture est tombée dans le ravin (si x_t se retrouve dans l'intervalle $[-1, 2; -1, 15]$, elle ne peut plus en sortir.

Ces équations interviennent dans un espace continu. Les valeurs obtenues doivent être arrondies à la valeur la plus proche dans l'espace discrétisé considéré. Si la discrétisation est trop grossière, les nouvelles valeurs (x, v) peuvent être identiques aux précédentes. Dans ce cas l'état du système restera toujours le même et la solution ne pourra être trouvée. Pour éviter ce problème il faut que la discrétisation soit suffisamment fine. Comprenez que le nombre d'états doit être suffisamment important. Le calcul des valeurs $x(t+1)$ et $v(t+1)$ du système se fait à partir des valeurs $x(t)$ et $v(t)$ correspondant à un état du système. Il s'agit donc de valeurs arrondies.

Dans ces conditions, une seule transition à une probabilité de 1, les autres sont nulles.

Récompenses

Pour motiver la voiture à gravir la colline et à s'arrêter en haut, on donne une récompense positive et linéairement décroissante selon la vitesse lorsque la position est dans l'intervalle $[0, 55; 0, 6]$. La récompense vaut en effet $0,07 - |v|$. Pour dissuader

la voiture de tomber dans le ravin, on donne une récompense négative (-1) pour tous les $x \in [-1, 2; -1, 15]$. Pour tous les autres états, on donne une récompense nulle.

2 Travail à réaliser

2.1 Réalisation

Calculez l'enchaînement d'actions optimal à effectuer pour atteindre le sommet de la colline ($x \geq 1, 1$) partant de la position ($x = 0$) avec une vitesse nulle ($v = 0$). Pour cela, appliquez l'algorithme d'itération sur les valeurs. Initialement de taille 32x32, la discrétisation de l'espace (x,v) doit être facilement paramétrable. Les paramètres du problèmes (bornes, pente...) doivent être eux aussi facilement modifiables. Représentez la solution sur un graphique position x vitesse (voir figure 2).

2.2 Présentation

Les soutenances auront lieu le lundi 11 janvier entre 8h et 12h30 et le mercredi 13 janvier entre 14h et 18h en fonction de vos disponibilités aux uns et aux autres. Une présentation d'une dizaine de minutes suivie d'une discussion d'un quart d'heure, vous permettront d'une part d'exposer vos résultats en précisant leurs points forts, leurs points faibles, et les améliorations possibles et d'autre part d'effectuer une démonstration de l'implantation de cette stratégie. Le support de la présentation et les sources doivent être déposées sur le site arche dédié au module Intelligence Artificielle au plus tard le vendredi 8 janvier à 16h. Merci de nommer votre archive avec le nom du projet et les vôtres (ex. carclimbing-Nom1-Nom2-Nom3.zip).