

Comme le neurone, l'automate cellulaire possède plusieurs entrées et une seule sortie

Dans le cerveau, l'efficacité de la transmission d'un signal diffère d'une synapse à l'autre. Dans un réseau d'automates, on modifie le signal en pondérant chaque connexion

Les valeurs attribuées aux poids contiennent l'information dont le réseau a besoin pour effectuer une tâche donnée

Mardi 10 mai 1994 à 17 h

L'automate cellulaire : un modèle du neurone

Bernard Vuilleumier

Les réseaux d'automates, qui sont des procédés informatiques inspirés par le parallélisme du cerveau, reposent sur la notion d'automate cellulaire. Cette unité de base des réseaux d'automates (voir lettre du Club Math n° 28) partage certaines caractéristiques avec le neurone et constitue un modèle de celui-ci. Comme la cellule biologique, l'automate cellulaire possède plusieurs entrées et une seule sortie. Cette sortie peut être reliée à de nombreux autres automates, de même qu'un neurone possède plusieurs jonctions synaptiques qui le mettent en contact avec d'autres neurones.

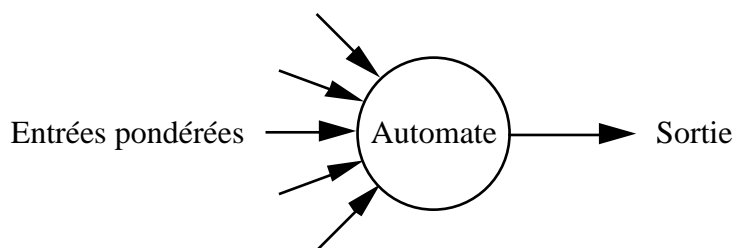


Fig. 1 : Unité de base du réseau d'automates, l'automate cellulaire possède en général plusieurs entrées pondérées et une seule sortie. Cette dernière peut toutefois être reliée à de nombreux autres automates, à l'instar de ce qui se passe pour le neurone.

Dans un réseau d'automates, on utilise des nombres réels pour représenter l'intensité du signal électrique envoyé d'un automate aux autres. Les jonctions entre automates sont appelées «connexions». Dans le cerveau, les signaux électriques passent d'un neurone aux autres via les synapses, et l'efficacité de la transmission diffère d'une synapse à l'autre. Dans un réseau d'automates, on pondère chaque connexion à l'aide d'un facteur multiplicatif qui modifie le signal d'entrée. Les entrées dont les connexions ont un poids positif (connexions excitatrices) contribuent à augmenter le signal total que reçoit l'automate. Celles dont les connexions ont un poids négatif (connexions inhibitrices) diminuent le signal. La somme des signaux reçus constitue l'entrée nette de l'automate. Le signal de sortie peut être égal à l'entrée nette, mais, en général, ce signal est modifié par une fonction de transfert. Les valeurs attribuées aux poids jouent un rôle fondamental pour le réseau d'automates: ce sont elles qui contiennent l'information dont le réseau a besoin pour effectuer une tâche donnée. Construire un réseau d'automates capable de réaliser une tâche spécifique revient souvent à trouver un jeu de poids codant de manière optimale l'algorithme de traitement des données.



Fig. 2 : Fonctions de transfert du signal d'entrée reçu par un automate cellulaire. A gauche, fonction identité: le signal de sortie (en ordonnée) est égal au signal d'entrée. A droite, fonction sigmoïde: le signal de sortie est compris entre 0 et 1. La fonction sigmoïde peut jouer le rôle d'une fonction seuil.

Travaux pratiques

Pour apprendre à modéliser facilement un automate cellulaire

Pour illustrer les relations entre automate cellulaire et système dynamique

Pour apprendre à construire un réseau comportant plusieurs couches d'automates

Pour comprendre le rôle des poids dans un réseau et savoir ce qu'est un diagramme de Hinton

Exercice 1

- Construire un modèle d'automate cellulaire comportant j entrées, chacune d'elles étant pondérée par un poids w_j . On supposera que les signaux d'entrée valent 0 ou 1 et que les poids sont compris entre -1 et 1.
- Choisir des signaux d'entrée et des poids, puis calculer l'entrée nette de l'automate.

Exercice 2

Comme dans le cas d'un neurone, la sortie d'un automate cellulaire peut être décrite par un système dynamique. En supposant que la sortie est égale à l'entrée nette, exprimer la valeur du signal de sortie à l'aide:

- d'une équation aux différences finies;
- d'une équation différentielle.
- Intégrer numériquement l'équation aux différences finies;
- trouver la fonction qui est solution de l'équation différentielle;
- représenter graphiquement la sortie en fonction du temps.

Exercice 3

La structure caractéristique d'un réseau d'automates est une structure en couches. Certaines couches peuvent ne posséder qu'un automate et certains automates peuvent appartenir à plus d'une couche. Néanmoins, les couches sont la règle.

- Construire un modèle de réseau d'automates comportant 2 couches, la première de 4 automates et la seconde de 8, en supposant que chaque unité de la première couche envoie sa sortie sur tous les automates de la deuxième, et que chaque unité de la deuxième possède son propre vecteur poids.
- Calculer l'entrée nette de chaque automate de la deuxième couche.

Exercice 4

Les poids jouent un rôle crucial dans les réseaux d'automates. Ce sont eux qui codent l'algorithme de traitement permettant au réseau de transformer ses entrées en sorties douées de signification. Il peut être intéressant de visualiser les valeurs des poids pour tenter de comprendre comment ils agissent. Considérons un réseau d'automates comportant 2 couches. La première est constituée d'un tableau de 5 par 7 unités dont les sorties sont données par: sorties = {1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1, 1}. La deuxième compte 2 unités qui reçoivent chacune les 35 sorties de la première couche. Les vecteurs poids de ces deux unités valent respectivement:

$$w_1 = \{0.8, -0.7, -0.4, -0.6, 0.7, 0.7, -0.9, -0.7, -0.5, 0.7, 0.9, -0.5, -0.7, -0.3, 0.8, 0.7, 0.6, 0.8, 0.5, 0.9, 0.6, -0.7, -0.6, -0.5, 0.7, 0.8, -0.4, -0.8, -0.2, 0.9, 1., 0.9, 0.6, 0.7, 0.8\}$$
$$w_2 = \{0.5, 0.1, -0.2, -0.1, -0.6, 0.8, -0.2, -0.1, -0.7, 0.7, 0.6, -0.4, -0.5, -0.3, 0.1, 0.4, 0.2, -0.3, 0.5, 0.9, 0.4, -0.6, -0.1, -0.6, 0.5, 0.4, -0.4, -0.5, -0.2, 0.4, 0.4, 0.5, 0.3, 0.2, 0.3\}.$$

- Calculer l'entrée nette de chaque automate de la deuxième couche;
- écrire le vecteur des entrées sous forme d'une matrice de 7 lignes par 5 colonnes et représenter graphiquement cette matrice à l'aide d'un tableau de densités;
- écrire chaque vecteur poids sous forme d'une matrice de 7 lignes par 5 colonnes et représenter graphiquement ces matrices «poids» à l'aide de tableaux de densités.

Prochaine réunion: mardi 13 septembre 1994 à 17h.

