

Charlie Garayt

Modélisation de domaines à l'aide d'intelligence artificielle guidée par des contraintes géologiques

Domain modeling using artificial intelligence guided by geological constraints

Résumé du projet de thèse: La modélisation géologique met en cohérence les données acquises sur le terrain. Elle permet une représentation spatialisée du sous-sol visant à comprendre, analyser ou tester différentes hypothèses sur ce dernier, e.g. estimer des ressources minérales. Deux catégories de modélisations géologiques existent : traditionnelle (ou explicite) et implicite. La modélisation traditionnelle consiste à définir les géométries explicitement, tirant ainsi parti des connaissances du modélisateur et s'appliquant aisément aux environnements géologiques les plus complexes. La modélisation implicite consiste à construire des fonctions volumétriques et à en extraire les géométries (e.g. à partir d'isovaleurs) ce qui permet d'obtenir un modèle ainsi que les incertitudes associées, rapidement et de façon reproductible, tout en prenant en compte les données dans leur ensemble. L'objectif est donc d'associer les avantages de ces deux approches. D'un point de vue mathématique, la modélisation de domaines consiste à prédire les valeurs d'une variable catégorielle, dont les catégories correspondent aux domaines, répartie dans l'espace. Cela semble s'apparenter à un problème de classification consistant à attribuer un domaine à chaque point de l'espace. Néanmoins, les méthodes de classification usuelles ne sont pas adaptées aux données géologiques. En effet ces dernières proviennent de phénomènes spatialisés, leur répartition spatiale étant donc importante. De plus il s'agit de données hétérogènes, incertaines, de sources diverses et à des échelles très différentes. Ce travail de recherche vise donc à tirer parti d'outils géostatistiques ainsi que de l'intégration d'expertise géologique afin de guider et enrichir les méthodes provenant du domaine de l'intelligence artificielle (telles que les réseaux de neurones convolutifs, les réseaux antagonistes génératifs et les techniques d'apprentissage par renforcement).

Thesis abstract: Geological modeling gives coherence to the data acquired in the field. It allows a spatial representation of the underground in order to understand, analyze or test different hypotheses about it, e.g. to estimate mineral resources. Two categories of geological modeling exist: traditional (or explicit) and implicit. Traditional modeling consists in defining geometries explicitly, thus taking advantage of the modeler's knowledge and easily applying to the most complex geological environments. Implicit modeling consists in constructing volumetric functions and extracting geometries (e.g. from isovalues), which allows to obtain a model and associated uncertainties, quickly and reproducibly, while taking into account the data globally. The objective is therefore to combine the advantages of these two approaches. From a mathematical point of view, domain modeling consists in predicting the values of a categorical variable, whose categories correspond to domains, distributed in space. This seems to be similar to a classification problem consisting in assigning a domain to each point of the space. Nevertheless, the usual classification methods are not adapted to geological data. Indeed, these data come from spatialized phenomena, their spatial distribution being therefore important. Moreover, the data are heterogeneous, uncertain, from various sources and at very different scales. This research work therefore aims to take advantage of geostatistical tools as well as the integration of geological expertise in order to guide and enrich methods coming from the field of artificial intelligence (such as convolutional neural networks, generative adversarial networks and reinforcement learning techniques).