

空间评价预测建模工具 SDM 及其在矿产资源潜力评价中的应用研究

屈红刚¹, 李景朝¹, 李裕伟¹, 文辉¹

(1 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 2 国土资源部咨询研究中心, 北京 100035; 3 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

SDM (Spatial Data Modeller) 是一个集成了 ArcGIS 和多个空间评价预测模型的工具集。其实现的模型包括: ① 数据驱动模型: 证据权、罗吉斯斯蒂回归、径向基函数连接神经网络和概率神经网络; ② 知识驱动模型: 模糊逻辑、专家证据权; ③ 分类工具: 模糊聚类网络等; ④ 常用工具: 添加断层方向等。这些模型可使用数值型数据 (如砷的地球化学数据) 和类型数据 (如岩性分类数据)。

SDM 是一款已有 20 多年开发应用历史的开源软件, 历经 ArcWofE、ArcSDM、ArcSDM3、SDM (Sawatzky et al., 2009) 等多个版本。ArcGIS 是 ESRI 公司研制的一款被全球广泛使用的 GIS 平台软件。ESRI 公司已计划将 SDM 中的一些工具作为 ArcGIS 的标准工具。

SDM 具有以下特点: ① 包含了当前主流和最新的空间评价预测方法, 并提供了数据分类、评价结果检验等多个实用的工具集; ② 基于 ArcGIS 集成开发而成, 安装使用方便, 并带有完善的帮助功能, 便于学习普及; ③ 在全球得到广泛使用, 成熟度高, 稳定性强。

SDM 的输入数据包括: ① 研究区范围图层。要求为 ArcGIS 栅格图层, 并保证一个栅格图元中最多只出现一个训练点。② 训练点 (目标图层)。在矿产资源潜力评价中就是矿点图层, 要求为 shapefile 点文件。③ 证据图层。即进行评价预测时认为对目标图层会产生影响的图层数据, 如地质图、地球化学等值线、断层缓冲区。这些证据图层均要转换成整型栅格图层。根据证据图层和目标图层之间的关系, 证据图层可分为上升型 (Ascending)、下降型 (Descending)、类型 (Categorical) 和唯一值 (Unique) 四种类型。三类输入数据需要具有相同的投影参数, 并确保坐标单位为米。

SDM 软件包主要包括空间数据建模工具集 (Spatial Data Modeller Toolbox) 和空间数据建模示例集 (Spatial Data Modeller Demonstration)。在 ArcGIS 的 ArcToolbox 中添加这两个工具集, 并完成 ArcGIS 的相关环境设置。

下面以证据权法为例, 介绍 SDM 的模型计算和验证。证据权法是一种基于概率不确定性与贝叶斯定律的空间决策支持模型 (Bonham-Carter et al., 1989)。该方法具有以下优点: ① 权重可以客观赋值; ② 多个证据可以简单组合; ③ 重分类可以优化对比度, 从而可以更好的理解证据和目标之间的空间关系; ④ 可以处理缺少数据的情况; ⑤ 评价结果的不确定性可以度量。不足之处在于证据间的条件独立性假设, 以及需要足够多的训练点。

SDM 中证据权法的计算步骤包括: ① 研究区范围图层、训练点图层和证据图层准备。② 计算各证据图层的权系数表。选择“Weights of Evidence\Calculate Weights”工具进行计算, 对比度可以用来定义最优阈值, 司都顿对比度用来衡量对比度的稳定性。对于数字型数据, 选择具有可接受的司都顿对比度以及最大的对比度作为分割点; 对于类型数据, 每一个具有可接受的司都顿对比度可作为一个单独的类, 所有剩余的分为一类。对于类型数据, 正的对比度定义为对目标有利, 负值或零定义为对目标不利。司都顿对比度的可接受值由用户定义, 一般取 2。司都顿对比度取绝对值后参与比大小计算。③ 根据权系数表计算对目标的响应图层。选择“Weights of Evidence\Calculate Response”, 设置证据图层和权重表等信息。计算完成

后, 生成三组文件, 其中, “_pprb”为目标响应图层, 即评价预测结果图层, “_conf”为置信图层, “_std”为司都顿对比度图层。④ 进行证据图层的条件独立性检验, 对评价预测结果进行分析。SDM 提供了“Agterberg-Cheng 检验”来确定图层是否独立, 该方法的输入是“_pprb”响应图层、“_std”司都顿对比度图层和训练点, 可进行总的条件独立性、条件独立性比率和条件独立性三方面的检验。如果证据间条件不独立, 虽不会导致评价单元分级的误判, 但会夸大单元格中目标出现的程度。此外, 可以通过面积频率工具 (Area-Frequency), 以及训练点和非训练点 (Not-Training Sites) 进行分类的有效性检验; 通过面积频率工具以及预测过程中没有使用的训练点, 进行预测的有效性检验。

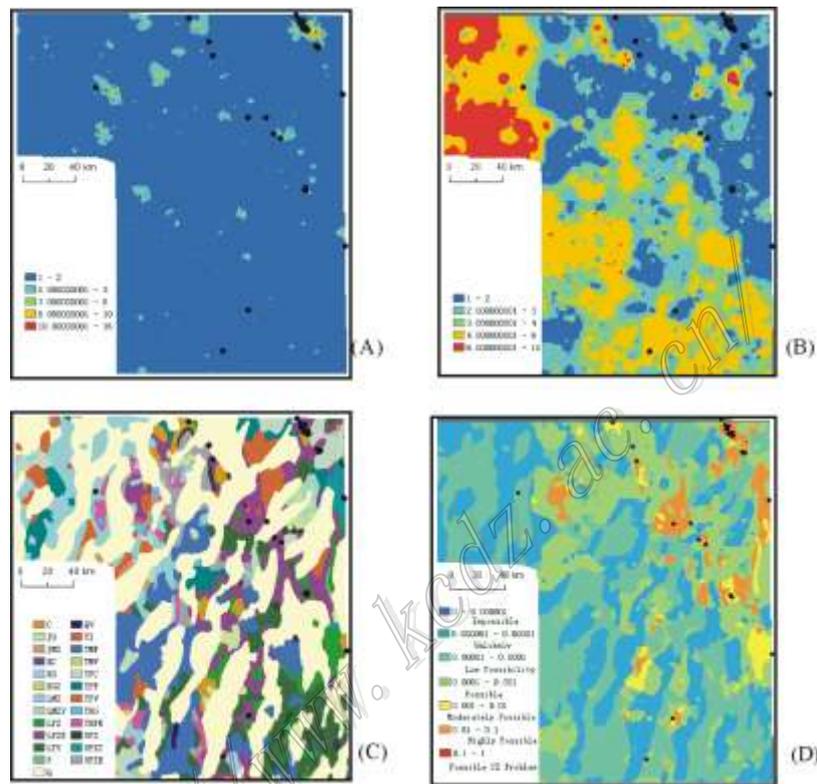


图 1 利用 SDM 进行美国卡林型金矿预测实例

A. K 地球化学图层; B. Sb 地球化学图层; C. 地质岩性图层; D. 利用证据权模型的预测结果

以美国卡林型金矿为例 (该数据在下载 SDM 软件包时, 可同时下载), 其是一种主要产于碳酸盐岩建造中的微细浸染型金矿床。使用的证据图层如下: ① 铋 (下降型, 高铋有利) (图 1A): 水系沉积物铋地球化学数据, 通过自然分段法进行了重分类。② 钾 (上升型, 低钾有利) (图 1B): 水系沉积物钾地球化学数据, 通过自然分段法进行了重分类。③ 古生代碳酸盐岩 (图 1C): 1:200 万地质图。图 1D 是利用 SDM 中证据权法的预测结果。

总之, SDM 是一款具有较强的空间对象识别、圈定、分类、评价、预测能力的工具集, 在矿产资源评价等领域有着广泛的应用潜力。

参考文献

- Sawatzky D L, Raines G L, Bonham-Carter G F and Looney C G. 2009. Spatial data modeller (SDM): ArcMAP 9.3 geoprocessing tools for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural networks[ED]. <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=15341>.
- Bonham-Carter G F, Agterberg F P and Wright D F. 1989. Weights of evidence modelling: A new approach to mapping mineral potential [C]//Agterberg F P and Bonham-Carter G F, eds. Statistical applications in the earth sciences: Geol. Survey Canada Paper. 89-9, 171-183.