

# Review on the spatial wind forecasting ---SVM

崔诗颖

(PS: 可直接从第 III 部分看起, 前面是在梳理之前的思路)

## I. 引言

现今预测风能的方法主要分为物理方法, 传统统计方法和机器学习方法, 它们各自有优缺点, 但由于物理方法和传统统计方法中随机性过大, 现在一般都采取机器学习算法。在机器学习算法预测天气的领域中, 近几年开始兴起 SVM, 因为它的均方误差较小, 但由于核函数和维度选择的困难, 使得 SVM 在天气预测领域没有很快的发展。

### 国内的研究现状:

国内对于风电功率预测的研究起步较晚, 第一套成型的风电功率预测系统是由中国电力科学研究院与东润环能(北京)科技有限公司联合研发的。该系统正式名称为 WPFS(Wind Power Forecasting System)。该系统于 2008 年 12 月 10 日试运行, 至今该系统已在全国的大部分区域电网中投入运行。该预测系统提前一天预测准确率可达 81% ~ 84%。该系统基于相似模型理论, 采用 BP 神经网络法对风电场局部天气要素与风电场输出有功功率之间的关系进行描述。

## II 天气预测方法概览

现如今, 天气预测领域大致有三种方法, 物理方法、传统统计方法和机器学习方法。

### 3.1 物理方法

物理方法中运用参数构造物理方程, 例如地形、气压、气温等去估计未来的风速值, 多用于没有直接风数据的情况下; 常用的方法有 NWP 模型, 该模型有其相应的软件包 WAsP, 可以在输入有限参数的情况下自行选择一种物理方程, 进而构建当地的风场, NWP 模型主要用于大范围内的风预测。

### 3.2 传统统计方法

传统统计方法大多是运用于随机时间序列模型上, 并与其他方法组合起来进行预测。一般组合方法是基于历史数据, 进行特征选取, 参数的最优选择和模型检测所构成的数学模型。其常用的方法有自回归模型(AR), 滑动平均模型(MA), 滑动平均自回归模型(ARMA), 和滑动平均回归生成模型(ARIMA)。

### 3.3 机器学习方法

随着人工智能和统计学习理论的发展, 新提出了包括 ANN, 混沌逻辑法, SVM 等机器学习上的算法。截止到 2014 年, ANN 在风能预测领域已经成为应用最为广泛的算法。但近两年有人提出运用 SVM 算法, 并将其与其他机器学习算法相比较, 发现 SVM 有更小的均方根误差, 不仅如此, SVM 还能运用于预测该实验的误差, 对 SVM 参数的不同选择形成了许多不同的 SVM 模型, SVM 的研究前景很广阔, 且不仅是天气领域,

在机器学习所应用到的其他领域中，SVM 都是近几年研究的大热话题。

### III . 加入空间因素

在研究无站点地区的风能预测问题时，做了该领域的 Literature review 后，我认为可以从空间相关性方面对 SVM 进行参数的改进，截止到目前为止，只有一篇论文是将空间相关性与 SVM 结合起来的，且其误差较大，因此该领域有可拓展性。

空间相关性模型是将不同地区的空间关系考虑进模型中的。目前大多数论文讲的都是如何运用两个站点间的空间相关性共同预测风速，鲜少有涉及用已有数据的站点去预测未知数据的站点，但实际上测共同风速的方法可以运用到预测上（即两个站点的共同风速是某待测站点的预测值）。

Damousis et al<sup>[1]</sup> 提出了一种混沌逻辑算法与空间相关性结合的方法，该模型中一片区域的半径为 30Km，并用风速和风向作为参数，但该模型的缺点是：1.只考虑了两个有数据的站点；2. 将这两个站点设成同一风向直线上的；3. 对复杂地形的预测效果极差，因此不符合中国国内大面积、远距离的需求，但其中构造空间相关性微分方程的方法可以参考；

Focken（德国气象局）<sup>[2]</sup> 提出了大范围内的风速预测，在做完预测后，用地理因素作为平滑因子对风速预测做改进。这里他将区域的大小（可以抽象成半径）和站点的数目作为因素放入 NWP 模型中对物理方程进行平滑，其巨大的优点是没有考虑站点是否在同一风向上，这样对于大面积的面积更具有参考性。其对 SVM 有很大的启示，可以将区域大小和站点数目作为因子求 SCCF（空间相关性）方程，并将其参数作为支持向量的某个维特征，即对 SVM 加一个特征维度，映射到更高维的空间中，完成对某个未知站点的预测，【个人想法】【这里可以带进 Voronoi 图，以划分 Voronoi 凸包，使得未知站点距离该凸包内的已知站点都是最近的。】

Barbounis<sup>[3]</sup> 的方法与 Damousis 的方法并无二致，同样都是在同一风向上的站点进行分析，只是它把其运用到 LF-DFNN 的方法中，作为参数加入，这对于 SVM 中如何加参有很大的参考意义。

Bilgili<sup>[4]</sup> 提出了基于 ANN 方法的空间相关性分析，该方法与 SVM 十分贴合，它选取了土耳其的 8 个风塔站点，并通过空间相关性分析，将其分成已知站点和未知站点，并用 ANN 方法将已知站点的值去预测未知站点。这里所提供的分类方法是可以加空间相关因子的 SVM 完成的，且其提供的方法可以用在当已知站点，逆向求解 45 个站点中哪个作为未知站点时可以用到。

### V. 总结

SVM 是一个理论全面，且有全局最优解和收敛性的机器学习算法，其在天气预测领域内的作用不容小觑。在具体研究中国风能预测问题时，我们可以不从核函数和惩罚因子的优化入手(因为它没有太多弄的必要性)，而是去加入空间相关性因子（如半径、站点数目等），加入 Voronoi 凸包进行 SVM 中天气数据的增维，并用 SVM 预测其误差（惩罚因子），从而达到 SVM 的优化，得到较好的天气预测结果。

## VI . 参考文献

[1] Ioannis G. Damousis, Minas C. Alexiadis, John B. Theocharis, Member. A fuzzy model for wind speed prediction and power generation in wind parks using spatial correlation[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion. 2004(19): 352-361.

[2] Ulrich Focken, Matthias Lange, Kai M'onnich, Hans-Peter Waldl. A statistical analysis of the reduction of the wind power prediction error by spatial smoothing effects[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2001.

[3] T.G.Barbounis, J.B.Theocharis. Locally recurrent neural networks for wind speed prediction using spatial correlation. Information Sciences, 2007(177): 5775-5797.

[4] Mehmet Bilgili, Abdulkadir Yasar. Application of Artificial neural networks for the wind speed prediction of target station using reference stations data[J]. Renewable Energy, 2007(32):2350-2360.

除参考文献外，还有两篇我觉得比较好的文章：

1. A Fuzzy Model for Wind Speed Prediction and Power Generation in Wind Parks Using Spatial Correlation Ioannis G. Damousis, Minas C. Alexiadis, John B. Theocharis, Member, IEEE, and Petros S. Dokopoulos, Member, IEEE
2. Correlation of Wind Speed Between Neighboring Measuring Stations Dimitrios A. Bechrakis and Panagiotis D. Sparis