

探索大雾演化规律，预测大雾变化趋势

能见度是气象、公路行车、飞机飞行中常见指标，单位通常是米。影响能见度的因素主要是雾和霾。众所周知，能见度对高速公路行车安全非常重要，当能见度很低时，为了行车安全，高速公路管理者通常的做法是封路。而在航空领域，习惯用跑道能见度反映机场附近雾和霾的大小，其定义为在跑道的一端沿跑道方向能辨认出跑道或接近跑道的目标物（夜间为跑道边灯）的最大距离。一般情况下，当机场能见度只有 400 米左右时，会禁止航班起降。当机场能见度只有 600-800 米左右时航班虽然可以正常起降。但出于安全考虑，机场会采取临时控制航班流量的措施，拉大航班起飞间隔，容易造成航班延误。因此，能见度预测是高速公路管理部门和航空公司十分关注的问题。

激光能见度仪是常用的检测能见度的仪器。目前，我国高速路网已逐步形成，若大量使用激光能见度仪对全国高速路网进行全覆盖将耗资巨大，同时激光能见度仪还存在对团雾检测精度不高，探测的范围很小，维护成本高等不足。近年来，基于视频的路况（跑道）能见度检测方法受到人们的关注，它某种程度上克服了激光能见度仪的不足。视频能见度检测方法是将大气光学分析与图像处理及人工智能技术结合，通过对视频图像的分析处理，建立视频图像与真实场景之间的关系，再根据图像特征的变化，间接计算出能见度数值。但现有的基于视频图像的能见度检测方法，由于是间接计算，很难准确地估算能见度。特别地，这些方法中大多数只选取少量视频、截取图像中的

某些固有特征【1,2】，基于 Koschmieder 定律【3,4】进行估计，并没有充分利用视频的连续信息，所以估计的精度不高，有较大的改进空间。

由于一般情况下，能见度究竟是 2000 米还是 3000 米对公路行车、飞机飞行几乎都没有影响，只是在恶劣天气，尤其是大雾情况下需要准确估计当前、特别是预测未来的能见度。所以本项目只关注大雾的演化规律。

事实上，大雾的形成和消散有其自身的规律，通常与近地层的气象因素有关。而视频资料包含了丰富的信息，特别是涵盖了大雾的变化过程信息。充分利用这些信息，不仅可以提高能见度估计精度，也可以对大雾的消散进行预测。

为了估计不同大雾情况下对应的能见度以及预测大雾的消散，请回答以下问题：

- 一． 众所周知，雾与近地面的气象因素有关。建立模型描述能见度与地面气象观测（温度、湿度和风速等）之间的关系，并针对题目所提供的数据（机场 AMOS 观测.zip）导出具体的关系式；
- 二． 根据题目提供的某机场视频数据（机场视频.zip）和能见度数据（机场 AMOS 观测.zip），建立基于视频数据的能见度估计深度学习模型，并对估计的能见度进行精度评估；
- 三． 高速公路某路段只有监控视频数据，建立不依赖能见度仪观测数据的能见度估计算法（提示：事实上，在有雾的情形可以估计视频中物体的景深【1】。反过来，理论上也可以利用视频中不同

景深的物体，在不同能见度下的亮度差异估计能见度)，讨论相关算法实现过程，并针对题目提供的一段视频（高速公路视频截图.zip）绘制该时间段这段高速公路能见度随时间变化曲线；

- 四. 利用问题三得到的能见度随时间变化规律，建立数学模型预测大雾变化趋势（加重或减弱）、何时散去（达到指定的能见度，比如 $MOR=150m$ ）？

相关名词解释

1. 能见度，是指视力正常的人能将目标物从背景中识别出来的最大距离。所谓“能见”，在白天是指能看到和辨认出目标物的轮廓和形体，在夜间是指能清楚看到目标灯的发光点。
2. 雾：在水汽充足、微风及大气稳定的情况下，相对湿度达到 100% 时，空气中的水汽便会凝结成细微的水滴悬浮于空中，使地面水平的能见度下降，这种天气现象称为雾。
3. 团雾：是受局部地区微气候环境的影响，在大雾中数十米到上百米的局部范围内，出现的更“浓”、能见度更低的雾。团雾外视线良好，团雾内一片朦胧。
4. 大气透明度是影响能见度的主要因子。大气中的气溶胶粒子通过反射、吸收、散射等机制削弱光通过大气的能量，导致目标物固有亮度减弱。
5. 目标物和背景的亮度对比。在大气中目标物能见与否，取决于本身亮度，又与它同背景的亮度差异有关。比如，亮度暗的目标物在亮的背景衬托下，清晰可见。或者亮的目标物在暗的背景下，

同样清晰可见。表示这种差异的指标是亮度的对比值 K 。设 B_0 为目标物的固有亮度， B'_0 为背景的固有亮度，则的定义为：

$$K = \frac{|B'_0 - B_0|}{B'_0}, \text{ if } B'_0 \geq B_0; \quad K = \frac{|B'_0 - B_0|}{B_0}, \text{ if } B'_0 < B_0.$$

6. 能见度测量基本方程：

$$F = F_0 e^{-\sigma z}$$

这里 F 和 F_0 分别表示观测和入射的光照强度，参数 σ 称为衰减系数，与雾的厚度有关： σ 越大表明雾越浓。气象光学视程(MOR)

$$\text{MOR} = \frac{\log(F/F_0)}{-\sigma} = \frac{\log(0.05)}{-\sigma}$$

7. 跑道视程(RVR)：是指在跑道中线上的航空器上的飞行员能看到跑道面上的标志或跑道边界灯或中线灯的距离。

参考文献

1. S. K. Nayar, S. G. Narasimhan, Vision in bad weather, ICCV'99
2. R. T. Tan, Visibility in bad weather from a single image, CVPR, 2008
3. N. Hautiere, J-P Tarel, J Lavenant D. Aubert, Automatic fog detection and estimation of visibility distance through use of onboard camera, Machine Vision and Application, 2006, 17 (1): 8-20
4. C. Sakaridis, D. Dai, L. V. Gool, Semantic foggy scene understanding with synthetic data, International J. Computer Vision, 2018, 3

有关数据及说明

1. 高速公路视频图像（为了减少数据量，我们将视频截取为 100 帧 BMP 图片：高速公路视频截图.zip）；
2. 某机场跑道监控视频（机场视频.zip）
3. 某机场对应于上述时间段的能见度仪观测数据、地面温度、湿度、

气压和风速等（机场 AMOS 观测.zip）。