

基于对照区设置的结化霜曲线去除雾噪声的方法实现

谭泽汉

(珠海格力电器股份有限公司, 广东 珠海 519070)

摘要: 以空调结霜、化霜的视频为研究对象, 基于画面灰度特征变化, 获取结化霜过程的时序监控数据; 然后, 重点研究了含雾噪声时序数据的平滑问题; 提出一种通过设置同步采样的对照区的方法, 监测雾气出现与消退的动态变化, 用以识别定位雾气的存在区间; 再基于线性内插值方法, 对结化霜时序曲线的相关区间数据进行差值重构, 实现滤除雾气噪声同时不影响无噪声数据质量的目标; 最后给出本方法适用的一些条件; 实验表明, 基于对照区设置的方法能够对雾气干扰取得很好的曲线平滑效果; 且这个方法的实现原理简单, 对数据曲线的消噪平滑效果比较好, 在曲线平滑应用领域可以有一定的应用空间。

关键词: 对照设置; 时序数据平滑; 空调结化霜; 线性内插值

Fog Noise Removing Method of Defrost Curve Based on Contrast Area Setting

Tan Zehan

(Gree Electric Appliances, Inc. of Zhuhai, Zhuhai 519070, China)

Abstract: The object of this dissertation is the defrosting video of single air-conditioner. Based on the changes of image gray, frost-defrost process time series data is obtained. Then, fogging noise data smoothing is mainly studied. A method of setting synchronous sampling contrast area is proposed. Contrast region is used to monitor fog's appearance and dissipation, and then fog existence intervals are recognized and oriented. Based on linear interpolation method, inner data within the relevant intervals of frost curve can be adjusted through interpolated reconstruction. By above means, the fog noise of process data can be removed, and data without fog noise can be unaffected. At last, some applicable conditions are provided. Experiments show that the algorithms based on contrast area setting can obtain good curve smoothing results. The principle of this method is simple, and it has a good effect of filtering and smoothing of the data curve. In the field of curve smoothing, it has some application space.

Keywords: contrast setting; time series data smoothing; air-conditioner frost and defrost; linear interpolation

0 引言

图像识别和机器视觉在工业中应用比较广泛, 但在空调实验室中的应用案例较少。本文介绍实验室中自动记录观察空调化霜过程数据的思路, 并详细介绍了如何解决化霜过程中产生的雾气对实验曲线的方法。

1 研究意义与现状

针对空调结化霜过程分析问题, 传统方法依靠实验员的视频回放。这种方法强烈依赖实验员的个人经验, 而且不易获取支持分析结论的数据论据。此外, 人工回看视频的方法, 也会导致分析判断缺乏全局对照性。为解决上述问题, 同时便于进行结化霜的自动分析, 需要将监控的过程视频转换成二维时序数据。这在提高分析效率、减少可程式化处理的重复工作等方面, 具有重要的研究意义。

由图 1 可见, 空调外机结化霜过程的霜变化, 伴随着强烈的灰度变化。据此可依据监控目标区域的灰度变化, 形成二维时序监控数据; 通过二维曲线, 反映空调外机的结化霜过程。

但在高低温实验中, 为保证结化霜实验的顺利进行, 需要隔一段时间就进行一次水汽补充; 此外, 实验员还需要经常进出现场, 进行其它相关数据的采集与检测。因此, 由于温度的差异与突变, 水汽容易形成雾气(如图 2 所示)。雾气导致了图像的灰度异变^[1], 影响正常结化霜过程的视频呈像。



图 1 结化霜过程霜变化示例图

关于离散数据的平滑问题, 胡昌林等^[2]通过自适应移动平均, 进行数据的平滑。但是移动平均更适合对脉冲数据噪声进行平滑处理。刘咏梅等^[3]基于非线性最小二乘实现单峰曲线的平滑处理。最小二乘通过不同多项式组合达到不同的滤波效果。因此本方法只适合对数据进行拟合, 明显的区间噪声无法得到很好地处理。司祯祯^[4]通过极大极小值原则选择阈值, 基于傅里叶变换与小波变换, 实现高频含噪信号的去噪。

收稿日期: 2017-02-21; 修回日期: 2017-03-14。

作者简介: 谭泽汉(1975-), 男, 山西晋城人, 工程硕士, 机电工程师, 主要从事数据挖掘, 机器学习, 深度学习方向的研究。



图 2 有雾气噪声干扰的图像

插值操作具有良好的保形特性^[5]、收敛性、稳定性^[6]，常用于离散数据及缺损数据的近似估计与推断。

2 二维时序数据去除雾噪声的实现

2.1 需求分析

环境雾气的特征有两点：(1) 雾气从出现到消散，会持续一定时长；(2) 实验过程中，各雾气段的浓度峰值一定有较大值，而不是人眼难辨的薄雾。对二维时序数据的生成而言，环境雾气引入了不必要、但又不可避免的数据干扰噪声。图 3 展示的二维监控数据，是从一结化霜过程视频直接转换而来的。可以容易看出，图像曲线中存在着系列尖峰状的雾气突变噪声，红线圈标示。此外，在不同监控视频形成的二维时序曲线中，这种噪声有时会表现得非常剧烈，如图 4 所示。对基于二维时序数据的相关自动分析而言，这些数据噪声的存在是不利的，需要考虑对噪声曲线的合理平滑实现。

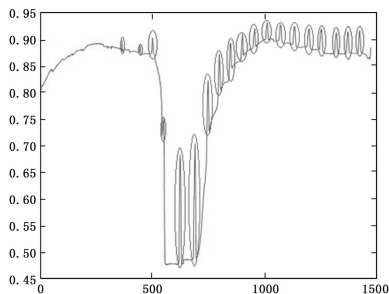


图 3 二维时序监控数据曲线

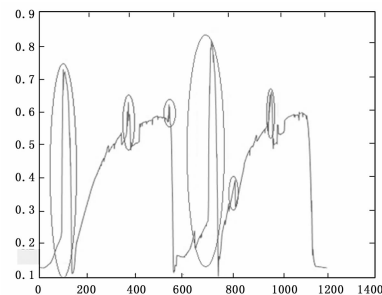


图 4 剧烈噪声的二维时序数据曲线

正常情况下，化霜阶段与结霜阶段的灰度变化，都是比较剧烈的。雾气噪声在升降阶段的变化，可能与正常的二维时序曲线具有较大的易混淆性；不同实验视频的雾气状况，有较大的差异；雾气的出现及分布，不具备可循的周期性。通过傅里叶变换或者经验模态分解^[7]去除高频噪声，在二维时序数据平滑去噪的同时，会影响到正常的结化霜过程（尤其是化霜过程）。因此这两种处理方法，在本问题上并不适用。此外，工

程上要求数据去噪平滑处理，不可改变结化霜过程起止点的采样位置及高度位置。

设置对照的思想，实现原理简单、在实验与工程实践中应用广泛。由于视频画面本身具备同步对照的条件，因此可通过设置对照区域，用以对雾气的出现区间进行识别与定位。然后返回到主监控曲线，对相关区段的二维时序数据进行去雾平滑处理。图 5 中的边框为已确定的主监控区域，深色边框为人工选定的对照监控区域。



图 5 主监控区域与对照区域设置

对照区域应选择色差对比明显的、平稳的环境区域。即在监控过程的视频当中，对照区域应当只受雾气噪声影响，而且其灰度变化能够对雾气波动敏感。

2.2 功能实现算法与功能伪代码

2.2.1 算法流程图

本文的算法实现如图 6 所示。

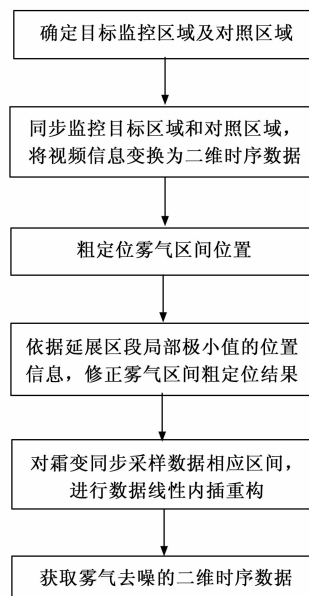


图 6 实现流程图

2.2.2 主要功能的实现伪代码

(1) 雾噪声区间粗定位与精定位的实现伪代码如下：

```

输入: 对照区域同步监控数据 ctlData;
调整: 将 ctlData 在 0~100 范围内缩放;
计算: 算得 ctlData 的一阶差分 ctlFod;
IF : ctlFod 的方差 < 平稳性判断阈值
    认为无雾, 跳出函数;
Else:

```

计算雾气存在判定阈值 $\text{fogTh} = 0.99 * \max(\text{ctlFod})$,

计算粗定位结果 $\text{coastPos} = (\text{ctlData} \geq \text{fogTh})$;

依据 $0 \rightarrow 1$ 的跳变, 确定雾区间粗定位的位置起点 cstSap ; 依据 $1 \rightarrow 0$ 的跳变, 确定雾区间粗定位的位置止点 cstSpp ,

以 cstSap 为起点, 向左查找最近邻的局部极小值点, 作为对应雾区间精定位的位置起点 finSap ; 以 cstSpp 为起点, 向右侧查找最近邻的局部极小值点, 作为对应雾区间精定位的位置止点 finSpp 。

说明: 本研究设定的“平稳性判断阈值”为 2.0, 统计得到。

(2) 雾区间数据线性内插重构的实现伪代码如下:

定位: 依据 finSap 和 finSpp , 定位主监控曲线的相关区间, 获取区间边界对点 (bgp , spp);

插值: 针对每个点对 (bgp , spp) 的各采样位置, 进行线性内插的数据重构, 得到监控数据的去雾平滑结果 mntDar 。

2.3 雾噪声区间识别与定位实现与分析

本功能基于对照区设置及同步采样进行实现。其中, 目标监控区域主要用以检测记录机箱区域的结化霜状况, 但不可避免含有雾气等噪声的干扰; 对照区域应当选择相对平稳的区域, 因此可通过对照监控区域检测记录雾气的出现和消退。

2.3.1 同步监控主监控区域与对照监控区域

通过同步监控采样对照区域与主监控区域, 可实现对照曲线与主监控曲线雾气出现区间的准确对位, 便于对主监控曲线相应雾区间的平滑去噪。得到的监控结果如图 7 所示。为突出雾噪声分布情况, 图中已对直接监控数据进行 $[0, 100]$ 范围内的数据放大处理。可以看出, 雾气噪声会呈现出显著的抬升变化。

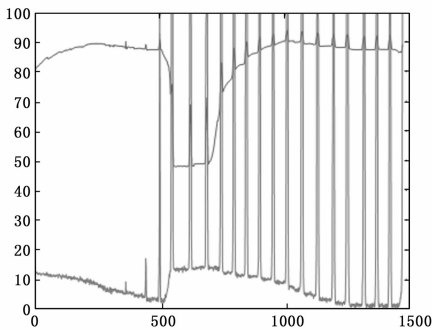


图 7 对照区域同步监控曲线

2.3.2 雾区间的粗定位与精定位

以对照曲线为研究对象, 进行雾区间的粗、精定位操作。粗定位用以实现对突变区间的粗略定位; 精定位用以对粗定位的结果进行恰当的延拓调整。通过精定位处理, 可避免雾区间宽度识别的不充分问题, 进而提高曲线去除雾气噪声的有效性。

以最大值 (这里为 100) 的 99% 作为阈值, 对雾气噪声区间进行筛选, 可对雾区间出现位置实现粗定位。粗定位结果如图 8 所示。

不难理解, 由于筛选阈值设定的原因, 雾气出现区间的粗定位结果, 一定是比实际持续区间更狭窄。即实际区间的开始位置应当比粗定位结果提前, 结束位置应当比粗定位结果

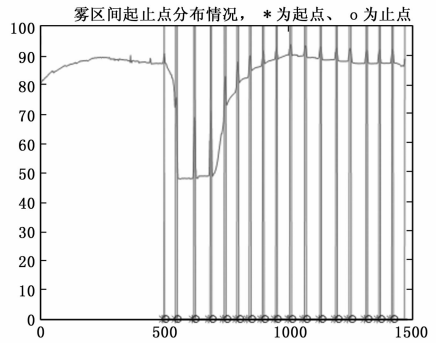


图 8 雾区间粗定位结果

滞后。

结化霜实验中, 单个雾气过程的出现及消退是单调变化的。在同一雾气区间, 不会出现变浓变淡的反复; 换言之, 在每个雾气过程的峰值两侧, 是相对单调下降的。因此, 基于雾气变化具有单调性的物理特点, 可考虑通过识别局部极小值点, 对雾气出现区间粗定位结果的精定位拓展。

本算法依次以粗定位区间的左右端点为延拓起点, 向粗定位区间的外侧进行延拓。延拓终止位置的判断依据: 是否出现局部极小值, 将遇到的第一个局部极小值点作为精定位后的区间端点。本研究中, 通过一个大小为 3 的向量模板, 确定局部极小值。确定判据为: 当满足 $G_m < G_l$ 且 $G_m < G_r$ 时, 则认定模板中位对应的点为局部极小值点; 其中 G_r 、 G_m 、 G_l 依次为模板右值、中值、左值。以其中一个雾气出现区间为例, 其精定位拓展的结果如图 9 所示。

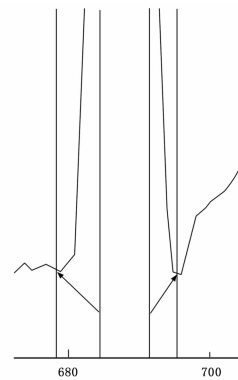


图 9 基于局部极小值的精定位拓展示意

关于向量模板尺寸的设置, 需要依据数据本身的平稳性进行选择。如果数据平稳性比较好, 则大小可以设置为 3; 但如果数据的平稳性较差, 则应适度拓宽模板尺寸大小, 比如选择 5, 11 等。为方便锁定判断邻域的中心, 模板尺寸一定要选择奇数。

经过区间延拓后得到的雾区间识别结果, 如图 10 所示。其中, 蓝线反映的是雾区间的精定位结果, 橙线反映的是雾区间的粗定位结果。

对应的粗、精定位区间边界值数据如表 1 所示, 其中起止点的左、右端点为实际采样点位置。

结合图 10 和表 1 数据可以看出, 通过基于最近邻局部极小值的精定位处理, 外展拓展雾区间的定位边界。即相对合理地校准了雾区间的识别定位效果。

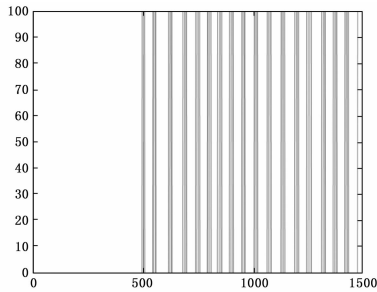


图 10 雾气区间的精定位与粗定位结果比较

表 1 粗精定位前后雾气区间端点变化

雾区间序号	粗定位起止点	精定位起止点
1	(500,500)	(494,505)
2	(546,552)	(543,555)
3	(620,626)	(614,629)
4	(685,691)	(679,695)
5	(743,749)	(739,753)
6	(794,800)	(788,805)
7	(843,850)	(840,855)
8	(897,902)	(890,906)
9	(951,956)	(946,960)
10	(1007,1013)	(1002,1017)
11	(1066,1073)	(1058,1079)
12	(1128,1135)	(1122,1141)
13	(1193,1198)	(1184,1203)
14	(1247,1254)	(1240,1259)
15	(1315,1320)	(1308,1326)
16	(1366,1372)	(1359,1376)
17	(1419,1424)	(1412,1428)

2.4 时序数据的插值平滑实现与分析

理想情况下，主监控曲线数据应当为空调外机实际结霜过程的监控数据。但实际实验工况中，不含雾气的曲线段数据为真实结霜数据，需要完整保留且不应参与数据平滑，这有助于保证后续数据分析的数据真实性需求。雾气出现区段的数据，则受到雾气噪声的干扰而严重失真，因此需要对相应区段的数据进行平滑处理。

考虑到过程曲线变动应当具有连续性，本文依据雾气区间位置对应关系，对同步采样的结霜时序数据，进行数据的插值重构，实现曲线平滑的目标。需要注意，插值重构只对相关区间端点间的曲线数据进行。由于本研究对象的数据相对简单，这里采用线性内插值的方案进行实现。线性内插值的原理如式 (1) 和式 (2) 所示：

$$k = \frac{y_R - y_L}{x_R - x_L} \quad (1)$$

$$y_C = k \cdot (x_C - x_L) + y_L \quad (2)$$

其中：在当前区间内， k 为区间的线性内插斜率， x_L, y_L 分别为区间左边界横纵坐标值， x_R, y_R 分别为区间右边界横纵坐标值， x_C, y_C 为当前待差值重构点的横纵坐标值。实际得到的曲线平滑结果，如图 11~12 所示。

从图 11~12 可以看出，主监控区域的雾气噪声得到较好

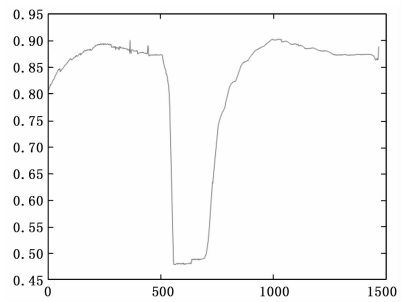


图 11 图 3 的二维时序数据去雾噪声结果

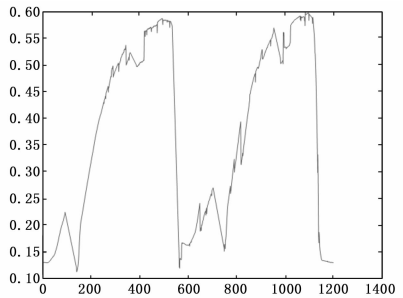


图 12 图 4 的二维时序数据去雾噪声结果

的平滑滤除，同时能够保证无噪数据的完整性与真实性。对于雾噪声相对不剧烈、且单调性较好的监控曲线，如图 3 所示，其平滑效果就会很理想。

3 结论

本算法基于设置对照区和线性内插方法进行实现。通过分析对照区的时序数据，获取目标区域噪声区间的识别与定位；通过线性内插值的方法，对雾噪声区间的数据重构，实现雾曲线平滑与去噪。本方法的实现原理简单，对数据曲线的消噪平滑效果比较好。

如果一个问题满足如下特征，可考虑采用本算法，进行数据噪声的监测定位与数据曲线的平滑。(1) 各段噪声出现后，都会持续一定的时长，且出现位置不规律、无周期；(2) 噪声数据与目标数据，具有一定的易混淆性（如升降斜率、波动幅度等）；(3) 待平滑区间的数据，可通过插值进行平滑重构；(4) 数据分析对时间特性要求很高，不允许出现时间特性方面的处理偏差；(5) 噪声的出现与否，可通过参照域进行对位识别与定位。

从测试结果可以看出，对于部分小的雾噪声，本算法尚无法充分去除。原因在于本算法需要通过设定阈值，来筛选雾气噪声的存在区间；阈值设定的大小，会直接影响噪声容忍度。对该问题，可进行深入研究加以改善。

参考文献：

[1] 胡昌林, 王 蕾. 一种基础模糊理论的自适应数据平滑方法 [J]. 现代雷达, 2016, 38 (7): 49-51.
 [2] 刘咏梅, 钱 真, 申丽然, 等. 一种新的非线性曲线平滑方法及在测井曲线识别中的应用 [J]. 模式识别与人工智能, 2005, 18 (4): 447-452.
 [3] 司祯祯. 傅里叶变换与小波变换在信号去噪中的应用 [J]. 电子设计工程, 2011, 19 (4): 155-157.