

新疆雾霾天气自动判识业务系统

姚作新¹ 秦荣茂² 任泉³ 吕鸣² 何芳²

(1 新疆气象信息中心, 2 新疆气象局, 3 乌鲁木齐市气象局, 乌鲁木齐 830002)

摘要 新疆气象局依据中国气象局发布的《霾的观测和预报等级》(QX/T113-2010)中霾观测等级标准,开发的“雾霾天气自动判识业务系统”软件,具备自动识别雾、霾、晴等天气现象的功能,能 24 h 连续在线、实时、自动显示气象监测站 PM_{2.5}、气溶胶吸收特性等表征大气洁净状况的监测值,能为气象站观测员提供一个辅助判识雾、霾等天气状况的依据,能为预报员提供一个检验雾、霾等天气状况预报质量的在线实况依据。该软件系统已经在乌鲁木齐国家基本气象站、自治区气象台等单位试运行,且运行情况良好。

关键词 雾 霾 自动识别

引言

霾是因大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中,使水平能见度小于 10 km 的空气普遍混浊现象^[1]。

随着我国城市化和工业化进程的加快,在空气污染地区霾天气频繁发生。目前,在我国有部分城市霾天气明显增多,并且开始影响和危及到人们的生活和健康。霾已成为社会关注度较高的气象要素之一,各级气象部门对霾的监测、预报也越来越重视,而且做好霾的监测、预报和服务对于掌握城市空气污染状况,保护人类赖以生存的环境具有重要的现实意义^[2]。

研究发现,一方面,周宁芳等国内学者在相关研究中使用霾天气人工观测资料的概率非常高;另一方面,在人工观测中霾与轻雾、浮尘和烟尘较难判识,在实测中往往会引起一些争议,比较一致的观点是,在霾人工观测记录中,观测员难免将个人主观判识偏差带入霾天气记录中。为了减少人为因素影响,必须确定一些量化指标来鉴别^[3-6]。2012 年新疆气象局面向全疆观测员、预报员和业务管理人员开展了“雾霾天气监测与预报现状问卷调查”(以下简称《雾霾天气监测与预报调查问卷》),统计数据显示:有 69.9% 的观测员认同“依据《地面气象观测规

范》(2003 版)中霾的定义,人工观测霾天气时,不同观测员会得出不同的结论”。

研究还发现,目前除少数气象站具备雾霾天气自动监测能力外,国内大多数气象站还在沿用传统的观测员目测方式,即采用定性判识雾、霾的人工观测方法。同样,2012 年新疆气象局《雾霾天气监测与预报调查问卷》统计数据显示:有 49.4% 的观测员认同“目前影响霾天气监测业务发展的主要问题是:霾天气观测技术(含软硬件)整体落后”。

虽然,气象行业标准《霾的观测和预报等级》^[7](QX/T113-2010)已经由中国气象局发布,且已于 2010 年 6 月 1 日正式实施^[8],但是,执行该标准的执行情况却很一般。例如,2012 年新疆气象局《雾霾天气监测与预报调查问卷》统计数据显示:68.7% 的被调查者认为自己所在气象台站执行《霾的观测与预报等级》标准(QX/T113-2010)的水平属于“一般”,只有 13.3% 的被调查者认为所在台站执行该标准的水平属于“很好”;有 65.1% 的观测员认为“影响气象台站严格执行《霾的观测与预报等级》标准(QX/T113-2010)的主要负面因素是:气象台站缺少能见度仪、PM_{2.5}、PM_{1.0}、浊度计、黑碳仪等自动监测设备”。

新疆气象局为有效推动《霾的观测和预报等级》标准在所属气象台站的执行,自 2011 年开始在乌鲁

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

中国沙漠气象科学研究基金(Sqj2008005)、新疆气象局业务新技术项目(yx201118)资助

作者简介:姚作新,男,1968 年生,硕士,高级工程师,主要从事综合气象观测与信息网络业务管理工作,Email:yzx9210xj168@sina.com

收稿日期:2012 年 7 月 21 日;定稿日期:2013 年 1 月 10 日

木齐国家基本气象站等气象站点开展了雾霾天气的自动观测试验,并自 2012 年 1 月 1 日起正式进入业务试运行。

本文主要介绍新疆气象局以《霾的观测和预报等级》标准为依据,在乌鲁木齐国家基本站利用能见度自动监测仪^[9]、大气气溶胶散射系数监测仪、大气气溶胶吸收系数监测仪、大气气溶胶质量浓度监测仪、大气相对湿度等在线式、自动、定量的监测仪器所采集的实时数据,使用新疆气象局自行开发的“雾霾天气自动判识业务系统”软件自动判识雾霾天气,同时结合气象站观测员的人工观测结论,最终综合判识雾霾天气的技术路线、实现方式和业务试运行的情况^[10]。

1 系统设计思想

在乌鲁木齐国家基本站等国家级气象监测站点,以《霾的观测和预报等级》(QX/T113-2010)气象行业标准为依据,分别布设能见度监测仪、气溶胶散射系数监测仪、气溶胶吸收系数监测仪、气溶胶质量浓度监测仪、大气相对湿度等在线式、定量化和自动化的监测仪器,再辅以观测员的人工观测结论,最终来判识雾霾天气的设计思路,并通过构建“新疆雾霾天气自动判识系统”软件(本文以下简称“自动观测”系统)来实现雾霾天气的自动监测。

1.1 雾霾的观测标准

1.1.1 雾的观测标准

雾的观测依据中国气象局《地面气象观测规范》(2003 版)之规定:雾是大量微小水滴浮游空中,常呈乳白色,使水平能见度小于 1.0 km。高纬度地区出现冰晶雾也记为雾,并加记冰针。根据能见度将雾分为 3 个等级:雾(能见度 0.5 km 至小于 1.0 km)、浓雾(能见度 0.05 km 至小于 0.5 km)、强浓雾(能见度小于 0.05 km)。轻雾是微小水滴或已湿的吸湿性质粒所构成的灰白色的稀薄雾幕,使水平能见度大于等于 1.0 km 至小于 10.0 km。

1.1.2 霾的观测标准

《霾的观测和预报等级》(QX/T113-2010)由中国气象局在 2010 年发布,并于 2010 年 6 月 1 日正式实施。

该标准规定霾观测的判识条件为:

(1)当能见度小于 10.0 km,排除降水、沙尘暴、扬沙、浮尘、烟幕、吹雪、雪暴等天气现象造成的视程

障碍。相对湿度小于 80%,直接判识为霾;若相对湿度 80%~95%时,按照地面气象观测规范规定的描述或大气成分指标进一步判识。

(2)大气成分指标。当大气成分监测站以下 3 项指标中,至少有一项指标的观测值超过门限值时,可直接判识为霾,这 3 项指标是:直径小于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的气溶胶质量浓度大于 $75\ \mu\text{g}/\text{m}^3$;直径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的气溶胶质量浓度大于 $65\ \mu\text{g}/\text{m}^3$;气溶胶散射系数 K_s 与气溶胶吸收系数 K_a 之和 $(K_s + K_a)$ 大于 $480\ \text{Mm}^{-1}$ 。

1.2 硬件设备

能见度观测仪。由于在中国气象局《气象专用技术装备使用许可证名录》或经中国气象局考核定型设备中有能见度监测仪,且中国气象局相关文件要求必须是前向散射式,因此,新疆气象局在乌鲁木齐站等气象站点安装的能见度仪均是经中国气象局考核定型的、前向散射式、国产能见度观测仪。数据单位为“m”。

气溶胶质量浓度观测仪。由于,需要实时在线监测 PM2.5 和 PM1.0 的质量浓度,因此,新疆气象局选择了德国产“Grimm 180”空气颗粒物监测仪,该仪器能连续采集和分析 PM10、PM2.5、PM1.0 粒径的物质质量浓度,单位为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

气溶胶吸收特性观测仪。由于,中国气象局沙尘暴监测业务在新疆阿克达拉站、塔中站、哈密站布设的气溶胶吸收特性监测仪,是美国 Magee 科技公司生产的“AE 31”黑碳气溶胶监测仪。为保持数据的可比较性、一致性,因此,新疆气象局在乌鲁木齐站等霾天气监测站依然选择“AE 31”监测仪。该仪器可在 370~950 nm 范围内的多个波长上对大气气溶胶的吸收特性进行测量。需要说明的是,在霾天气监测中使用“AE 31”监测仪,需要将该仪器直接测得的数据进行转换,即将单位为 ng/m^3 的数据转换成 mm^{-1} 的数据。

气溶胶散射特性观测仪。同样,由于中国气象局沙尘暴监测业务在新疆和田站、塔中站、哈密站布设的气溶胶散射特性监测仪,是澳大利亚 ECOTECH 公司生产的“M9003”浊度计。为保持数据的可比较性、一致性,因此,新疆气象局在乌鲁木齐站等霾天气监测站依然选择“M9003”浊度计监测气溶胶散射特性。该仪器可直接对大气气溶胶的散射特性进行测量,且提供的监测数据就是单位为

Mm^{-1} 的数据。

相对湿度观测仪。直接使用具有中国气象局设备使用许可证的自动气象站所监测到的相对湿度数据。

1.3 软件架构

1.3.1 观测数据的采集与传输

在雾霾天气自动观测站点,大气气溶胶光学特性、大气能见度等监测数据由 Grimm 180 空气颗粒物监测仪、能见度监测仪、黑碳监测仪等多个在线式自动监测仪器采集,各类监测仪器实时生成文本格式的观测数据文件。

监测站点生成的监测数据分件有多个,分别是能见度数据文件、PM2.5 与 PM1.0 质量浓度数据文件、气溶胶吸收特性数据文件、气溶胶散射特性数据文件、自动气象站监测数据文件(该文件内含大气相对湿度监测数据)等。

监测站点将采集到的上述多个数据文件实时传输到自治区气象局信息中心,区局气象信息中心再对各类监测数据文件进行数据格式检查,并存入数据库供各类气象业务使用。

1.3.2 雾霾自动判识软件的设计思路

依据中国气象局在 2010 年发布的《霾的观测和预报等级》(QX/T113-2010)中规定霾观测的判识条件,新疆气象局开发了“霾天气自动判识业务系统”,该软件系统在“.NET 2.0”环境下采用 C# 语言编写完成,该软件的主要功能就是帮助观测员和预报判识和记录雾霾天气。

由于,“雾霾天气自动判识软件”需要 $7 \times 24 \text{ h}$ 连续运行,因此,在设计该软件程序时嵌入了“防止程序重复启动”和“防止程序误关闭”的功能,以避免在任务进程中多次启动该软件程序和占用过多的计算机系统资源。

新疆气象局开发的“雾霾天气自动判识业务系统”软件设计了日志文件自动记录功能,该功能可将每日的霾天气判识结果(含雾、霾、非雾霾、晴等多种天气状况),并可将判识结论和相关气象观测要素值自动写入日志文件,日志文件主要供用户查询、统计和分析雾霾天气的历史记录。

“雾霾天气自动判识软件”安装在气象站值班室,可为观测员提供一个自动判识雾霾天气的辅助手段,帮助观测员最终准确记录霾天气。气象站安装“雾霾天气自动判识软件”后,观测员判断霾天气

的过程就被调整为以下 3 步:①观测员先依据自身已经掌握的霾天气人工观测技能,作一个霾天气的初始判断;②观测员查询“雾霾天气自动判识软件”监控界面上显示的“自动观测”判识结论和 PM2.5、PM1.0、大气散射系数、能见度、湿度等详细监测数值;③观测员将“人工观测”和“自动观测”(含 PM2.5 能见度、湿度等详细监测数值)进行综合分析,并最终做出天空状况是否为雾或霾的判断。另外,“雾霾天气自动判识软件”还可安装在气象台,供预报员随时掌握霾天气。

1.4 雾霾的最终判识

(1)气象站观测员最终记录雾霾天气实况的步骤如下:①人工观测天空状况。气象站观测员依据中国气象局《地面气象观测规范》(2003 版)之规定,人工目测判识天空状况;②参考“自动观测”结论。气象站观测员查看“雾霾天气自动判识业务系统”软件用户界面,当自动观测结论与人工目测结论一致,则按人工观测结论作为最终判识结果记录;当“自动观测”结论与“人工观测”的目测结论不一致时,则仔细查看自动观测仪器记录的各气象要素值,并结合“人工观测”到的各种现象,再作最终的综合判识。

(2)气象台预报员获知雾霾等天气实况的步骤如下:①气象台预报员依据“雾霾天气自动判识业务系统”软件提示的“自动观测”判识结论,获知初步的天气现象实况;②仔细查看自动观测仪器记录的各气象要素值,进一步检验“自动观测”所提示的天气现象实况;必要时,需电话咨询气象站观测员的意见后,再作最终的综合判识。

1.5 用户分布

由于该软件的用户主要为两类人员:观测员和预报员,另外,部分业务管理人员也使用该软件系统监控雾霾天气实况。因此,该软件系统主要安装在气象站观测值班室、气象台预报室和业务管理人员办公室。

自 2011 年冬季起,新疆气象局在乌鲁木齐国家基本站地面观测值班室、自治区气象台短期预报室、区局观测与网络处、部分地市气象台预报室等业务单位和管理办公室安装了该软件系统。

2 应用情况

自 2011 年冬季起,新疆气象局开发的“雾霾天气自动判识业务系统”软件在乌鲁木齐国家基本气

象站地面观测值班室、自治区气象台短期预报室、区局观测与网络处和部分地市级气象台预报室开始进入业务试运行。

图 1 为该软件系统在 2011 年 12 月 29 日 16:51 自动判识乌鲁木齐国家基本气象站天空状况为雾霾的监控界面。

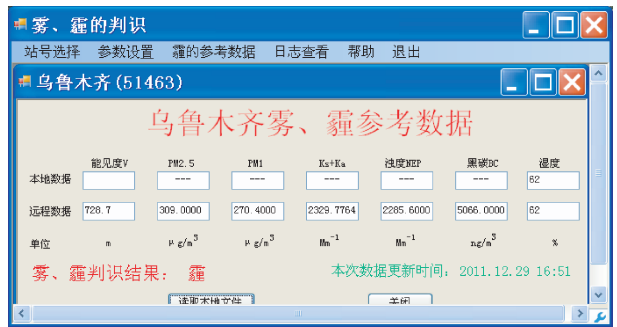


图 1 乌鲁木齐 2011 年 12 月 29 日 16:51 雾霾天气判识界面

图 2 为该软件系统在 2011 年 12 月 29 日 15:00—17:00 乌鲁木齐国家基本气象站每 6 min 一次的霾天气自动判识日志文件的部分记录,从中可以看出:该日乌鲁木齐市天空状况基本为霾。

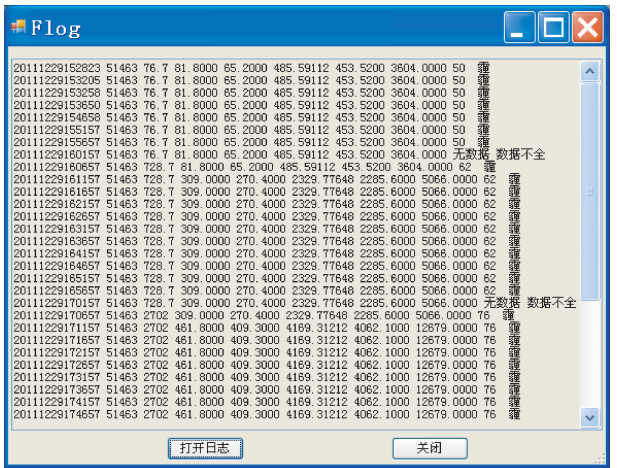


图 2 乌鲁木齐 2011 年 12 月 29 日 15:00—17:00 霾天气自动判识日志文件记录数据

表 1 是 2012 年 1—6 月乌鲁木齐国家基本气象站采用“人工观测”与“自动观测”两种观测方式,所记录的雾、霾、扬沙、雨、雪等天气的日数,以及研究人员兼顾这两种观测方式,最终综合判识的雾、霾等各种天气的统计数据。

表 1 2012 年 1—6 月乌鲁木齐站各种天气的判识情况

人工观测	自动观测	天数	能见度	相对湿度	PM2.5	PM1.0	$K_s + K_a$	综合判识
			km	%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mm^{-1}	结果
晴	晴	32	>10	<80%	<75	<65	<480	晴
晴	非雾霾	11	6.3~10	<80%	<75	<65	<480	非雾霾
晴	霾	12	>10	<80%	11~166	71~144	500~900	霾
雾	霾	5	<0.4	<77%	121~816	100~712	800~7867	霾
轻雾	霾	19	<1.1	<80%	75~677	65~590	480~6696	霾
烟	霾	3	<4.2	<77%	125~679	105~428	819~5510	霾
扬沙	霾	1	3.8~6.2	38%~40%	16.3~76.5	20.8	455	扬沙
雪	非雾霾	1	2.0	82%	<75	<65	<480	雪
雪	雾	8	2.9~5.9	80%~81%	<75	<65	<480	雪
雪	霾	27	0.4~2.5	70%~81%	80~429	72~341	500~3557	雪
雨	晴	18	15~21	80%~88%	<75	<65	<480	雨
各种天气	数据不全	45						
合计		182						

表 1 数据显示,在 2012 年 1—6 月的 182 天中,共有 137 天的数据样本可供对比分析;其余 45 天的数据样本,因监测仪器故障或通信网络设备故障而

导致“数据不全”,而没有获取记录天气现象的完整数据。研究人员将“人工观测”与“自动观测”两种观测方式结合起来,综合判识结果为:2012 年 1—6 月

乌鲁木齐有32天为晴、11天为能见度较低的非雾霾、39天霾、1天为扬沙、36天为雪、18天为雨,另有45天数据样本不全。

在认真分析“表1”数据后,本项目研究人员认为2012年1—6月乌鲁木齐站的试运行情况反映出以下几个共性问题。

(1)“自动观测”记录的霾天气次数明显比“人工观测”记录的多。因使用的监测仪器种类较多,且仪器的识别精度较高,相比较而言,“自动观测”因能够实时、在线地捕捉到大气能见度、散射特性、吸收特性、颗粒物浓度、相对湿度等的细微变化,因此,当“人工观测”判识天气现象为雾、轻雾、烟、扬沙时,“自动观测”因能更深入地探测到大气的散射特性、吸收特性、颗粒物浓度、相对湿度等的细节,而为“综合判识”提供较为准确地判识依据。例如:2012年1—6月乌鲁木齐站有3天的“人工观测”记录为烟,同期“自动观测”却判识为霾($PM_{2.5}$:125~679; $PM_{1.0}$:105~428; K_s+K_a :819~5510),最终综合判识结果为霾。

(2)在霾的识别方面,增加“自动观测”判识环节,有助于提升霾天气的监测能力。在霾的判识方面,人工观测所记录的霾日数为零,而使用“雾霾自动判识业务系统”软件的“自动观测”系统所记录的霾日数为67天,研究人员将“人工观测”与“自动观测”两种观测方式结合起来,综合判识2012年1—6月乌鲁木齐站的霾日数为39天。

(3)“自动观测”误将雨判识为晴、将雪误判为霾的频率较高。在雨、雪判识方面,人工观测记录雪日数为36天、雨日数18天,而使用“雾霾自动判识业务系统”软件的“自动观测”系统所记录的雪日数为零、雨日数也为零,研究人员将“人工观测”与“自动观测”两种观测方式结合起来,在除去数据不全的45日后,最终判识2012年1—6月乌鲁木齐站的雪日数为36天、雨日数为18天。可见,在本项研究目前配置的“自动观测”仪器中,因不具备自动识别雨、雪粒子的能力,故当空气中充满雪花、雨滴等微粒时,“自动观测”误将雨判识为晴、将雪误判为霾的频率较高。为修正自动判识软件将“降水”误判为“霾”或“晴”的缺点,2012年秋季,新疆气象局将“雾霾天气自动判识业务系统”软件进行了修改,在软件程序自动判识雾霾前,增加了一个“降水判断”的环节,即

如果自动站监测有降水(含固态降水),则在后续的雾霾自动判断时,优先记录降水。

(4)在试运行阶段中的1—4月,正好与乌鲁木齐市冬季采暖季重合,利用该软件系统的用户界面,研究人员能够在线、动态地监控气象站的 $PM_{2.5}$ 、 $PM_{1.0}$ 、 K_s+K_a 、能见度等大气实况,可随时掌握乌鲁木齐市的大气洁净状况。因此,在实际应用中发现,该软件系统不但具有自动判识雾霾天气的功能,还具有自动监测和反馈城市大气洁净状况的功能。例如:研究人员利用该软件系统的自动监测功能,发现2012年1—6月乌鲁木齐市出现的39天霾天气,主要集中在1—4月的冬季采暖季, $PM_{2.5}$ 监测值在 $120\sim 800\mu g/m^3$ 、 $PM_{1.0}$ 数值在 $100\sim 600\mu g/m^3$ 范围内变化;而在夏季等非采暖季,乌鲁木齐市的大气洁净状况明显改善,一般情况下 $PM_{2.5}$ 监测值在 $35\mu g/m^3$ 以下、 $PM_{1.0}$ 数值在 $25\mu g/m^3$ 以下。

3 结语

目前,雾霾天气是国内外十分关注的天气现象,预报业务系统和综合观测系统迫切需要能自动监测和判识雾霾天气的业务应用系统。

新疆气象局依据《霾的观测和预报等级》(QX/T113-2010)中规定的霾观测判识条件,开发的“雾霾天气自动判识业务系统”软件,综合使用了能见度监测仪、气溶胶散射系数监测仪、气溶胶吸收系数监测仪、气溶胶质量浓度监测仪、大气相对湿度等在线式、自动化、量化监测仪器采集的实时数据,该软件系统在自动判识雾霾等天气现象方面具有一定的参考价值。

新疆气象局开发的“雾霾天气自动判识业务系统”,经过在乌鲁木齐国家基本气象站半年多的业务试运行后,积累了十分宝贵的应用经验,2012年秋季在原软件系统的基础上又对部分内容进行了修改和完善,应用该软件的气象台站又新增了一些。新疆气象局在雾霾天气的自动观测方面作的积极尝试,对于推动全国雾霾天气的自动监测有一定作用。今后,还需要结合实际运行情况,不断优化和完善系统,进一步推动雾霾等天气的观测业务向自动、定量、在线的方向发展。

参考文献

[1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003: 21-27.

[2] 周宁芳,李峰,饶晓琴,等. 2006 年冬半年我国霾天气特征分析[J]. 气象,2008,34(6):81-88.

[3] 杨兆明. 福建三都的霾[J]. 气象,1981,7(4):35.

[4] 阎海庆,王新斌,吴子玉,等. 关于几种视程障碍现象的讨论[J]. 气象,1982,8(10):18-21.

[5] 易仕明. 略谈轻雾、霾、浮尘、烟幕[J]. 气象,1982,8(11): 25-27.

[6] 吴兑. 关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论[J]. 气象, 2005,31(4):3-7.

[7] 中国气象局. 霾的观测和预报等级(QXT113—2010)[M]. 北 京:气象出版社,2010:1.

[8] 梁海河,孟昭林,张春晖,等. 综合气象观测运行监控系统[J]. 气象,2011,37(10):1292-1300.

[9] 姚作新. 基于北斗卫星短信通信方式的无人值守自动气象站 网[J]. 气象科技,2012,40(3):340-343.

[10] 张峰,刘煜,李维亮. 近年平流层气溶胶模式研究综述[J]. 气象 科技,2012,40(3):456-463.

Operational Automatic Identification System of
Fog/Haze for Xinjiang

Yao Zuoxin¹ Qin Rongmao² Ren Quan³ Lyu Ming² He Fang²

(1 Xinjiang Meteorological Information Cenfer, Urumqi 830002; 2 Xinjiang Meteorological Service, Urumqi 830002;
3 Urumqi Meteorological Service, Urumqi 830002)

Abstract: According to Observation and Forecasting Levels of Haze (QX/T113-2010) issued by the China Meteorological Administration, the Xinjiang meteorological Service developed the Operational Automatic Identification System of Fog/Haze for Xinjiang, which has the capabilities of automatically identifying fog, haze, and sunny weather phenomenon and displaying such parameters of atmospheric status as PM2. 5 and aerosol absorption properties of automatic meteorological stations in real time on line over 24 hours. The system provides an auxiliary fog/haze identification tool for meteorological observers and an on-line verification tool of fog/haze weather forecast quality for weather forecasters, which has been put to use in weather stations in Urumqi and performs satisfactorily.

Key words: fog, haze, automatic recognition