

基于图像处理的垂测电离图 E 区描迹自动判读方法

姓名 孙晓庆
导师 郑海永
专业 电子与通信工程

中国海洋大学 信息科学与工程学院

2016 年 5 月 22 日



目录

① 选题背景及国内外研究现状

② 主要研究内容及总体流程图

③ 本文主要工作

- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

④ 实验结果与分析

⑤ 总结与展望

内容提要

1 选题背景及国内外研究现状

2 主要研究内容及总体流程图

3 本文主要工作

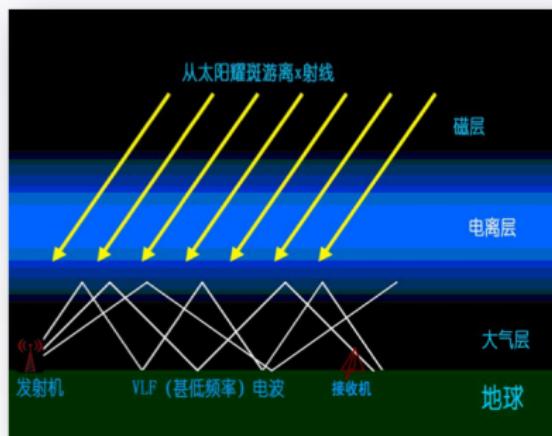
- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

4 实验结果与分析

5 总结与展望

选题背景

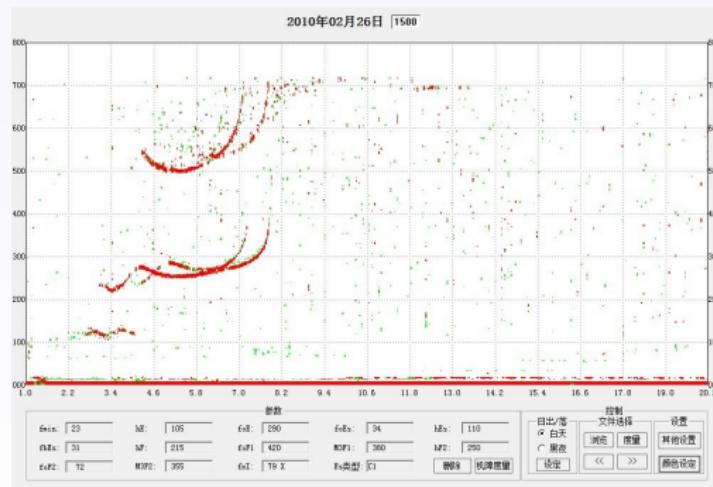
- 电离层是受太阳高能辐射和宇宙线的激励而电离的大气高层（离地面约 60km ~ 1000km）。
- 电离层影响广播电视通信、GPS 导航、国防雷达监测、地震预测。



选题背景

垂直探测原理：探测仪通过记录发射和接收脉冲之间的时间延迟，获取电离层的高度信息（虚高）。

垂测电离图：虚高随发射频率变化的曲线图。



选题背景

- 测高仪及其得到的电离图数量逐年增长；
- 电离图人工判读费时、费力且存在主观因素差异。

国内外研究现状

国外研究进展：

- 美国 UMLCAR 提出了 ARTIST 方法（曲线拟合、人工神经网络）
- 意大利 INGV 提出了 Autoscala 方法（相关技术）
- 美国 SEC 提出了 ERSI 方法（物理模型）

国内研究进展：

- 中科院的宁百齐、丁宗华等（经验正交分解）
- 中国电波传播研究所（模型反演、描述检索）

依赖于探测方式及探测仪，对电离图 E 区描述的自动判读研究较少。

内容提要

1 选题背景及国内外研究现状

2 主要研究内容及总体流程图

3 本文主要工作

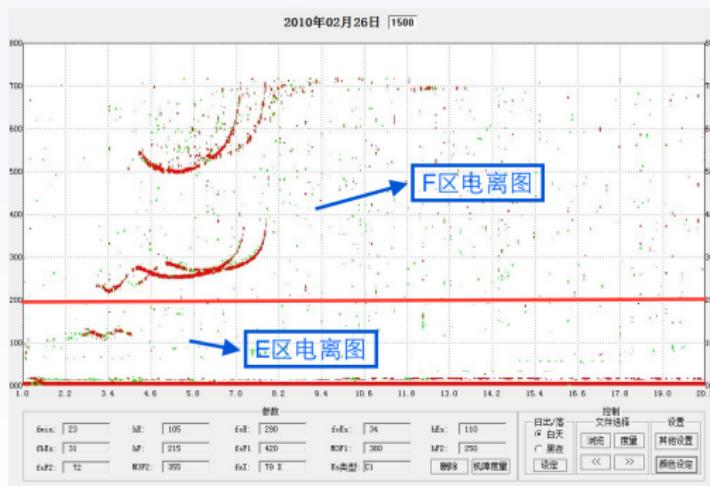
- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

4 实验结果与分析

5 总结与展望

主要研究内容

- 自动提取并识别电离图 E 区描述；
- 自动获取电离图 E 区参数 foE 、 $h'E$ 、 $foEs$ 、 $fbEs$ 、 $h'Es$ 、 Es 类型。



课题难点及思路

电离图 E 区描述主要特点：

类型多样性 (11 种 Es 层类型描述)

描述形态多样性

描述的扩散现象

出现没有规律性

课题难点及思路

电离图 E 区描述主要特点：

类型多样性 (11 种 Es 层类型描述)

描述形态多样性

描述的扩散现象

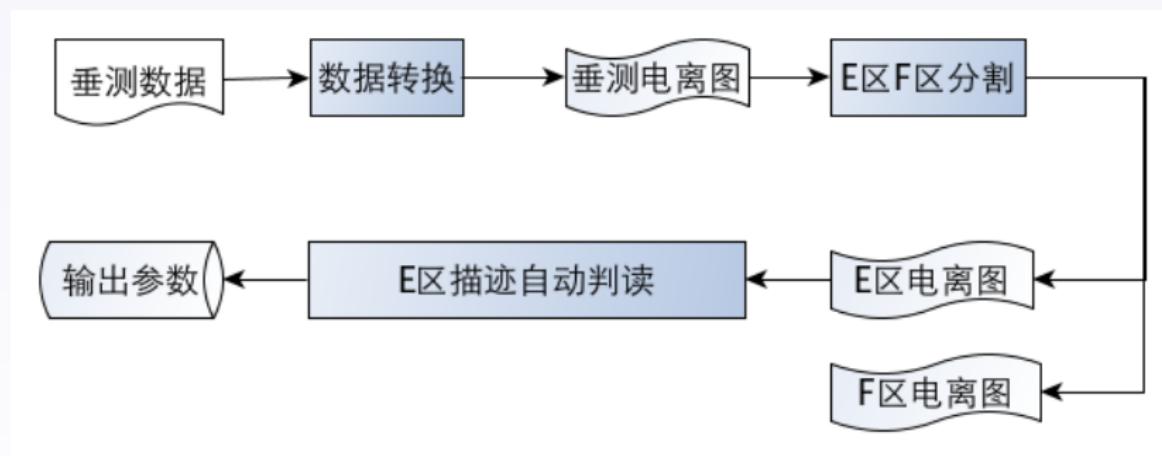
出现没有规律性

研究思路：人工度量经验 + 图像处理技术

人是如何度量电离图 \Rightarrow 系统架构

图像处理与图像分析 \Rightarrow 算法设计

总体算法流程图



内容提要

1 选题背景及国内外研究现状

2 主要研究内容及总体流程图

3 本文主要工作

- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

4 实验结果与分析

5 总结与展望



下一节内容

1 选题背景及国内外研究现状

2 主要研究内容及总体流程图

3 本文主要工作

- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

4 实验结果与分析

5 总结与展望



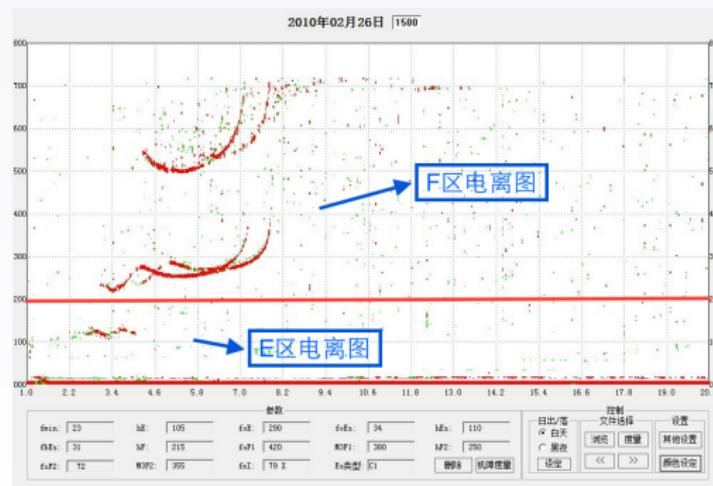
电离图 E 区 F 区分割

电离图 E 区 F 区分割

目的 方便于 E 区 F 区描述的定位、简化后期算法的复杂度

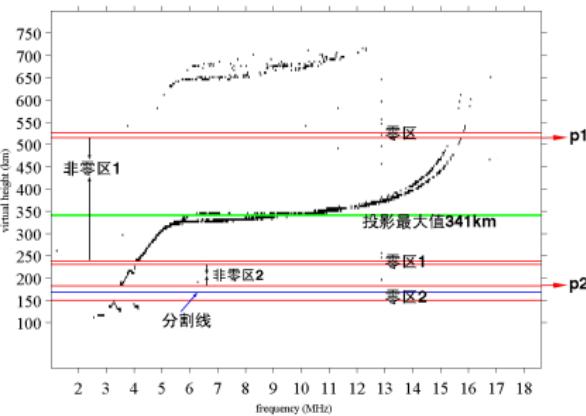
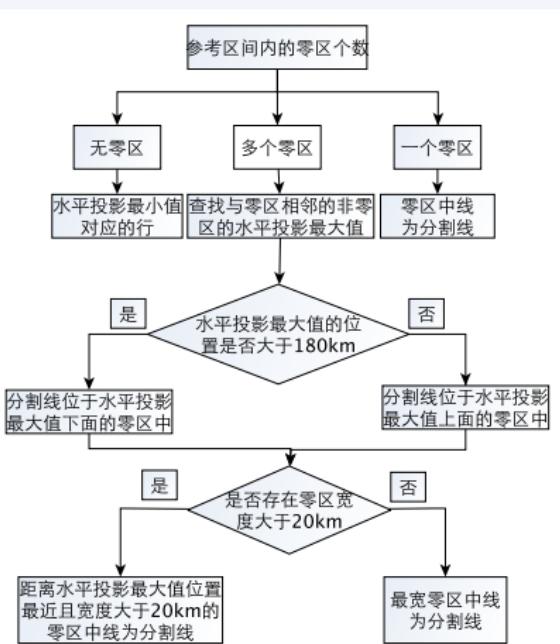
依据 E 区 F 区谷区、E 区 F 区描述的实际情况

算法 水平投影积分法+人工度量经验



电离图 E 区 E 区分割

电离图 E 区 F 区分割

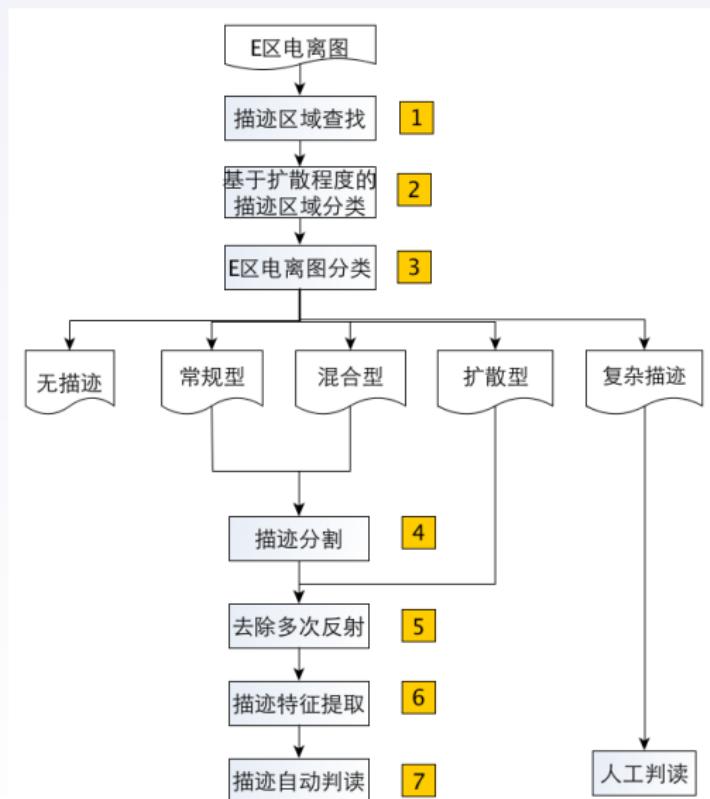


下一节内容

- ① 选题背景及国内外研究现状
 - ② 主要研究内容及总体流程图
 - ③ 本文主要工作
 - 电离图 E 区 F 区分割
 - E 区电离图类型识别与参数度量
 - ④ 实验结果与分析
 - ⑤ 总结与展望



E 区电离图类型识别与参数度量



① E 区描述区域查找

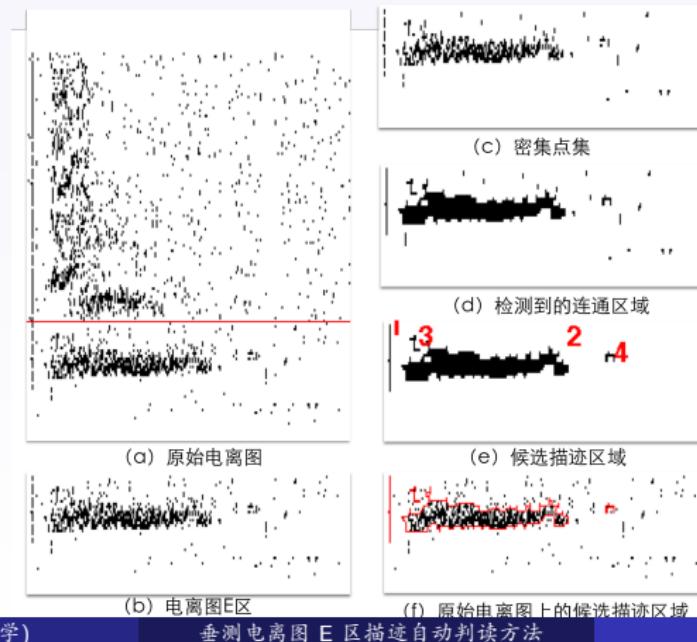
目的 描迹在哪里？

依据“描述区域”：电离图上有值像素点（回波信号）较密集的区域
算法

- ① 候选描述区域查找
 - ② 非描述区域排除

★ 候选描述区域查找

- 积分图法 \Rightarrow 密集点集
 - 数学形态学 \Rightarrow 候选描述区域

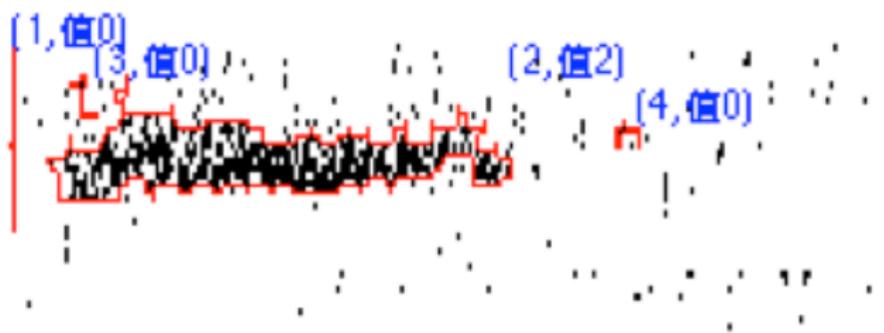


★ 非描述区域排除

思路 视觉特征 \Rightarrow 量化特征

视觉特征 描述区域的位置信息、描述区域的扩散情况、描述信息、描述区域的大小

量化特征 区域像素密度 ρ_{area} 、区域的位置 (x_{max}, y_{max}) 、长度 l_{area} 、宽度 w_{area} 、非零像素点个数 $N_{nonzero}$

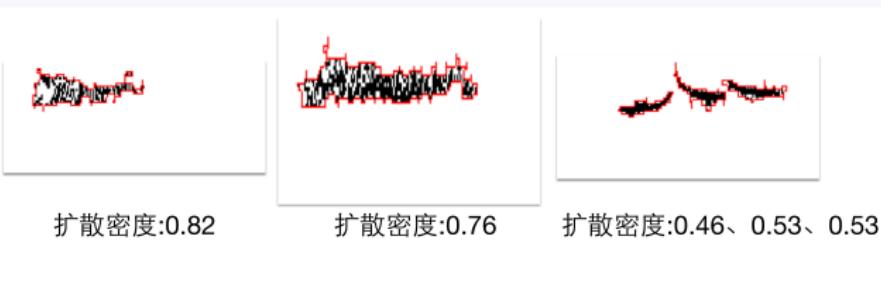


② 基于扩散程度的 E 区描述区域分类

目的 描述区域内是什么？

依据 区域内描述的像素分布特点

扩散密度 描述区域扩散密度 ρ_{spread} 衡量描述的扩散程度



每个描述区域划分三种（依据 ρ_{area} 、 ρ_{spread} 、 $\max(\rho_{row})$ 、 W_{col} 、 $N_{nonzero}$ ）

- ① 常规描述区域 (E 层, E2 层, Es 层 l、f、c、h、r、k、n 型)
- ② 扩散描述区域 (Es 层 a、s、q 型)
- ③ 直线型 (Es 层 l 或 f 型) 与 s 型混合描述区域

③ E 区电离图分类

根据 E 区所有描述区域种类再将 E 区电离图分为五类

- 0 无描述电离图 \Rightarrow 无需度量
- 1 常规型电离图 (只包含常规型描述区域)
- 2 扩散型电离图 (只包含扩散型描述区域)
- 3 混合型电离图 (只包含混合型描述区域)
- 4 复杂描述电离图 (包含两种及以上描述区域) \Rightarrow 人工度量

④ 描述分割

目的 让分割后的描述区域内只包含一个 E 层或 Es 层描述。

依据 区域内描述的像素分布特点。

第 1 类 常规型

- ① 基于虚高的描述一次分割
- ② 基于最高点的描述二次分割
- ③ 基于 OX 波分离的描述三次分割

第 2 类 扩散型

无需进行分割

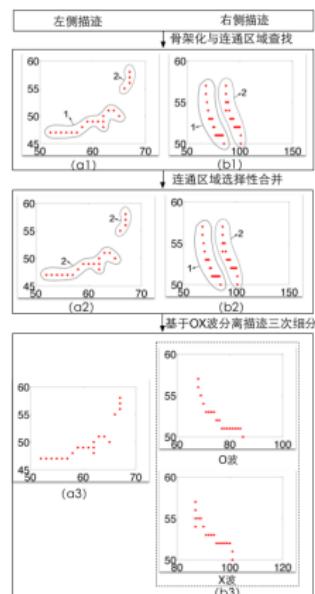
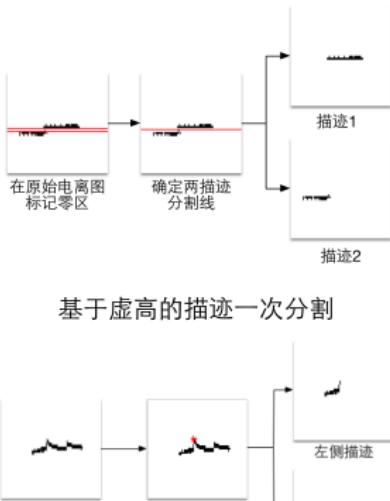
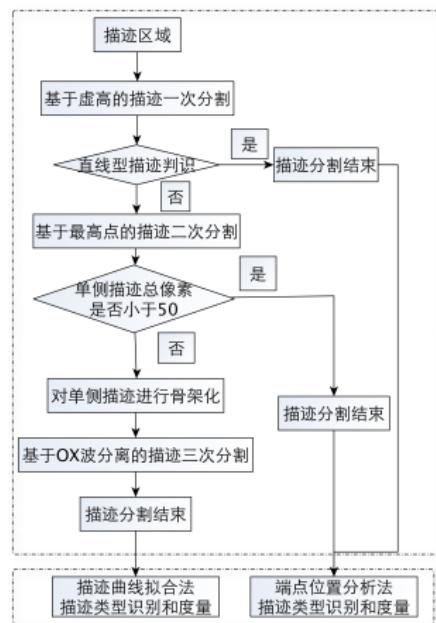
第 3 类 混合型

描述区域的密度

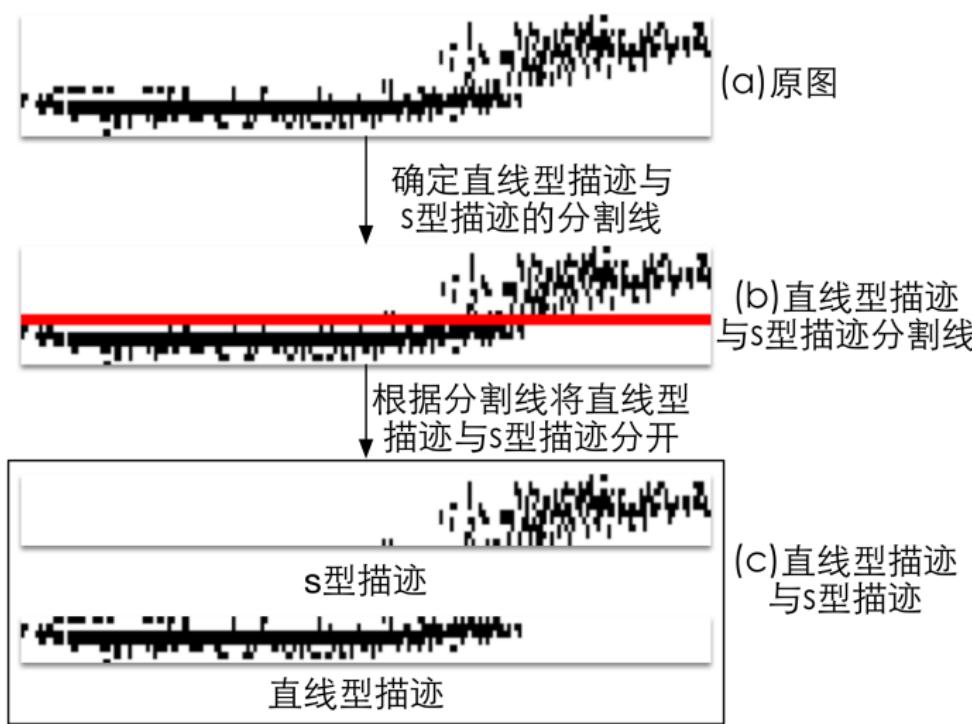


E 区电离图类型识别与参数度量

★ 第 1 类常规型描述分割

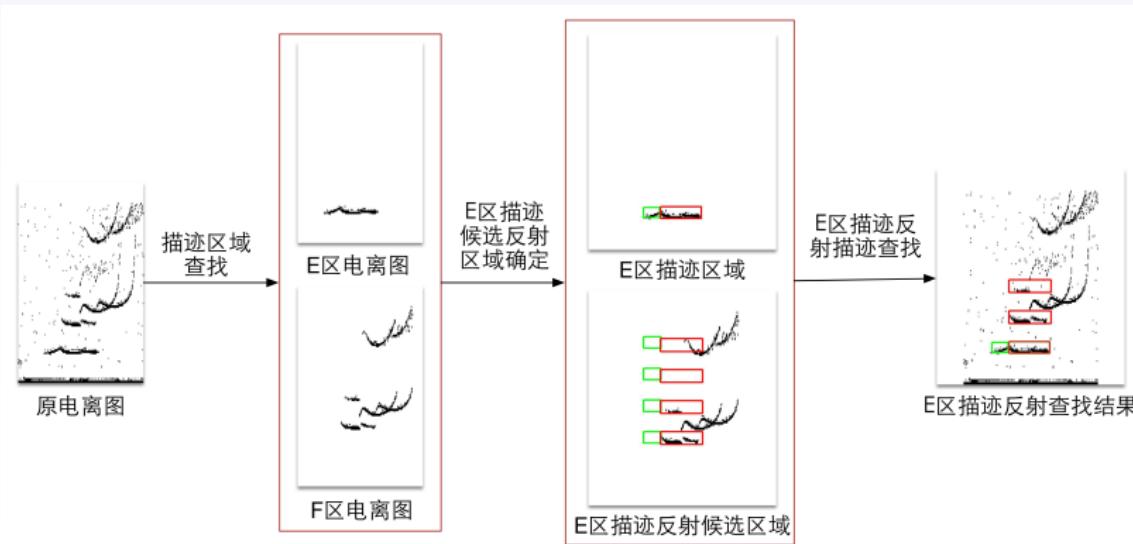


★ 第 3 类混合型描述分割



⑤ 去除 Es 层多次反射

目的 确定描述反射次数，有利于准确查找 F 层描述
依据 Es 层多次反射描述形成原理。



⑥ E 区描述特征提取

目的 识别描述

依据 描述的多样性+人工度量电离图的依据

常规型描述

特征：电离图的采集时间、虚高、**描述形状**（上升型、下降型、直线型）、最小频率、最大频率

提取特征方法：端点位置分析法、描述曲线拟合法

扩散型描述

特征：电离图的采集时间、虚高、描述区域（长度、宽度）、描述形状、最小频率、最大频率

提取特征方法：直接提取

⑦ E 区描述参数自动判读

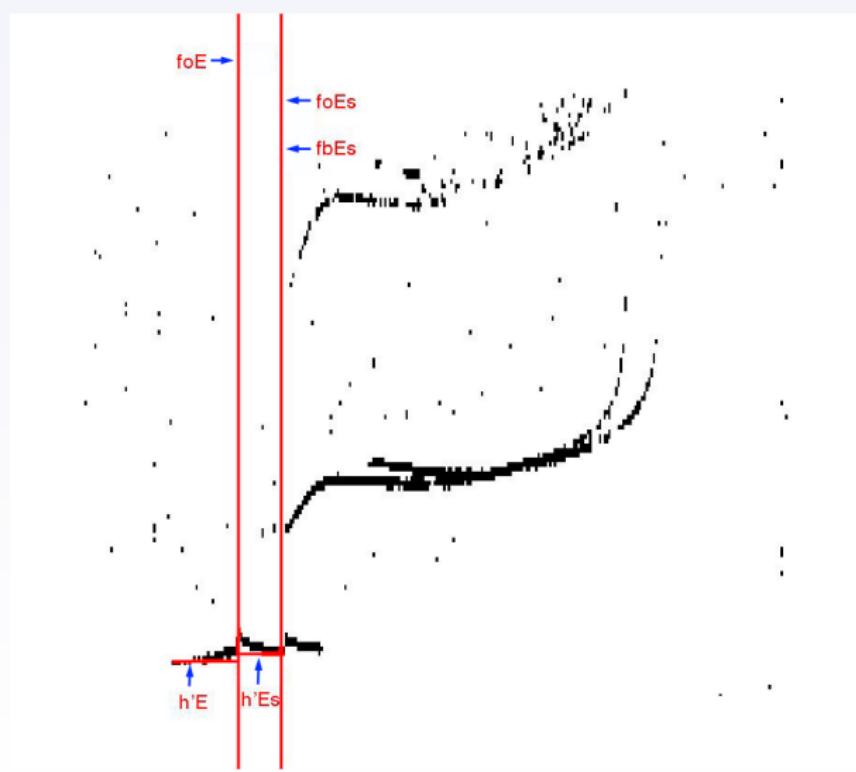
目的 电离层特征参数

依据 人工度量规则

参数判读

- 根据描述特征识别出每个描述所属的类型。
- 获取 $f_{min}F$ 。
- 参数 foE 、 $foEs$ 、 hE 、 hEs 、 $fbEs$ 、 Es 层描述类型及反射次数。

⑦ E 区描述参数自动判读



内容提要

1 选题背景及国内外研究现状

2 主要研究内容及总体流程图

3 本文主要工作

- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

4 实验结果与分析

5 总结与展望

实验结果

测试数据集

北京（2013年6月）、新乡（2011年4月）、满洲里（2014年2月）、广州（2013年9月）、昆明（2011年12月）五个地区 3576 张电离图

度量参数 (<1MHz)	foE	foEs	fbEs
判读准确率	86.3%	81.0%	77.7%

度量参数 (<10km)	h'Es	h'E
判读准确率	74.3%	78.4%

Es 层描述类型识别准确率为 55.7%

结果分析

- ① 本文算法在描述检测和参数度量方面取得了较好的效果；
- ② 由于人工度量对 Es 层描述类型识别存在主观差异，这是导致 Es 层类型描述识别准确率低的主要原因。

内容提要

1 选题背景及国内外研究现状

2 主要研究内容及总体流程图

3 本文主要工作

- 电离图 E 区 F 区分割
- E 区电离图类型识别与参数度量

4 实验结果与分析

5 总结与展望

总结

- ① 总结了电离图 E 区描述人工度量经验；
- ② 提出了电离图 E 区 F 区分割算法；
- ③ 提出了电离图 E 区描述自动判读算法。



展望

- ① 对人工度量流程进一步细化；
- ② 将电离层物理模型和物理意义，融入到算法中。

谢谢!

Xiaoqing Sun
Ocean University of China

2016.05.22