

## 第6章 RFID跟踪系统的机动目标轨迹模拟

### 6.1. RFID系统测量模型

首先介绍一下 RFID 系统的测量特点。其测量需要两部分，一是 RFID 阅读器，另一个是射频标签。阅读器和射频标签是通过射频来相互感应的。如果射频标签到达了阅读器能够测量的范围，阅读器会给出两个信息：一个是射频标签内的标签码，一个是标签到阅读器之间的距离。有一些低价位的 RFID 阅读器只能给出某某标签到了其范围之内，并不能给出具体的距离，但是一些高档的 RFID 阅读器是可以给出一个具体的距离数值的。RFID 系统的测量模型也包含上述两部分，阅读器的位置是已知的，测量模型的输出是目标运动到阅读器的距离值。

设  $d_n(t_i)$  是在  $t_i$  时刻目标到第  $n$  个阅读器的距离，则  $d_n(t_i)$  可以表示为

$$d_n(t_i) = \sqrt{(x(t_i) - x_n(0))^2 + (y(t_i) - y_n(0))^2} \quad (6-1)$$

其中  $x_n(0)$  和  $y_n(0)$  表示第  $n$  个 RFID 阅读器在 2D 空间横纵坐标的位置， $x(t_i)$  和  $y(t_i)$  是目标在 2D 空间横纵坐标的位置。 $d_n(t_i)$  的实际值其实是不知道的，而只能得到叠加噪声的测量输出数据

$$z_n(t_i) = d_n(t_i) + v_n(t_i) \quad (6-2)$$

其中  $v_n(t_i)$  是在  $t_i$  时刻第  $n$  个 RFID 阅读器的测量噪声，满足  $v_n(t_i)/d_n(t_i) \sim N(0, \left(\frac{0.2303\sigma_p}{\gamma}\right)^2)$ ,

$\sigma_p$  是标准偏差， $\gamma$  是系统误差参数， $d_n(t_i)$  是在  $t_i$  时刻目标到第  $n$  个阅读器的距离。

RFID 系统的测量误差随着目标到每一个阅读器距离的增加而改变，距离越大测量误差越大，距离与误差的比值是  $\frac{0.2303\sigma_p}{\gamma}$ 。实验表明，系统参数  $\gamma$  一般应取为 1.6 到 6.5 之间的数。

### 6.2. RFID室内跟踪系统仿真数据平台软件

根据 RFID 系统的测量模型的特点，我们编制了仿真数据模拟平台软件，该软件的功能包括两个部分，第一部分用于生成 RFID 室内跟踪系统仿真数据，即在坐标系中产生基于可设定测量半径和标注的跟踪系统仿真模型。第二部分用于完成仿真数据的显示、存储并以图像的形式对数据进行保存等功能。下面详细说明该平台软件的构成与实现。

系统设计的总体方案如图 6.1 所示。

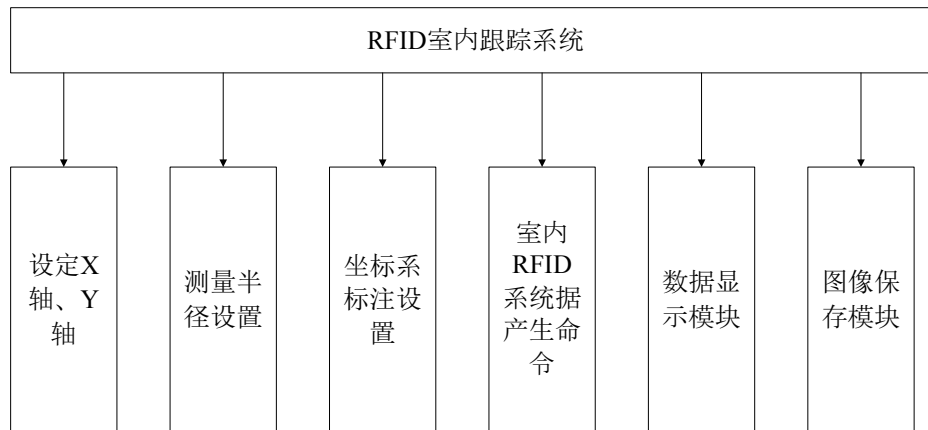


图 6.1 系统总体设计方案

图形对象包括 text、uicontrol 对象以及图形、坐标轴及其子对象，其对象层次结构如图 6.2 所示。

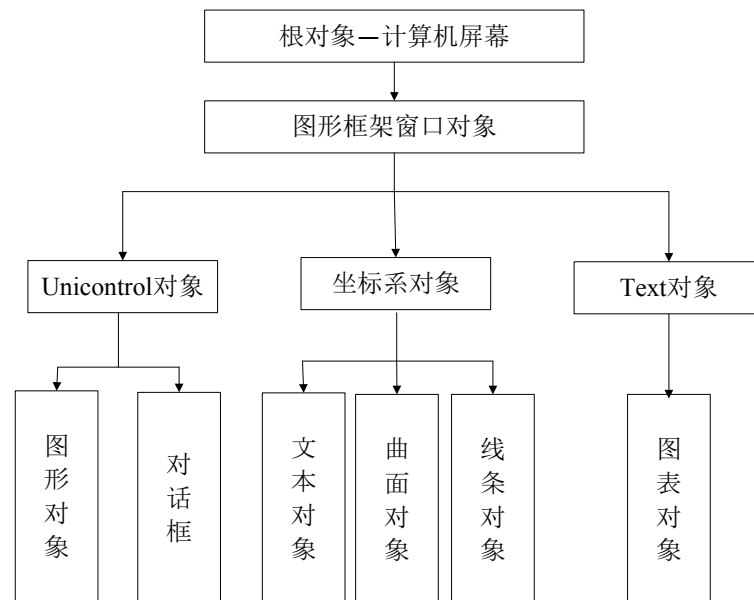


图 6.2 对象层次结构

软件系统使用的变量定义如下

- hFigure //创建的初始软件界面
- hAxes //RFID 室内跟踪系统仿真坐标系
- axes\_1//坐标系标注
- R\_Width //测量半径
- answer //设置半径对话框
- answer1//设置标注对话框
- d //真实轨迹数据
- dmm //阅读器与可测量实际估计间的距离
- readerlocation // RFID Reader 的位置
- readermc //设定测量范围
- f //数据显示窗口
- sel //提问对话框

软件系统包括以下自定义函数

- RFID室内跟踪系统仿真函数“开始”reader ( )
- 确定测量精度的“设置半径”函数range ( )
- 介绍软件功能的“使用说明”函数instructions ( )
- 保存参考图像savepic ( )
- 显示数据函数get\_data\_xls ( )
- 更改标注函数change\_tittle ( )
- 关闭软件函数close( )

#### a. 系统函数介绍

##### 窗口界面的实现

图形用户界面的启动方法有两种，一种是点选 MATLAB 工具中 GUIDE 按钮，另外一种是采用命令方式，在 MATLAB 的命令窗口中键入 GUIDE (或者 guide, 不区分大小写)，本系统采用第二种启动方式，在键入主程序 RFID\_GUI\_1 并回车后，在屏幕正中央弹出一个窗口如图 6.3 所示。

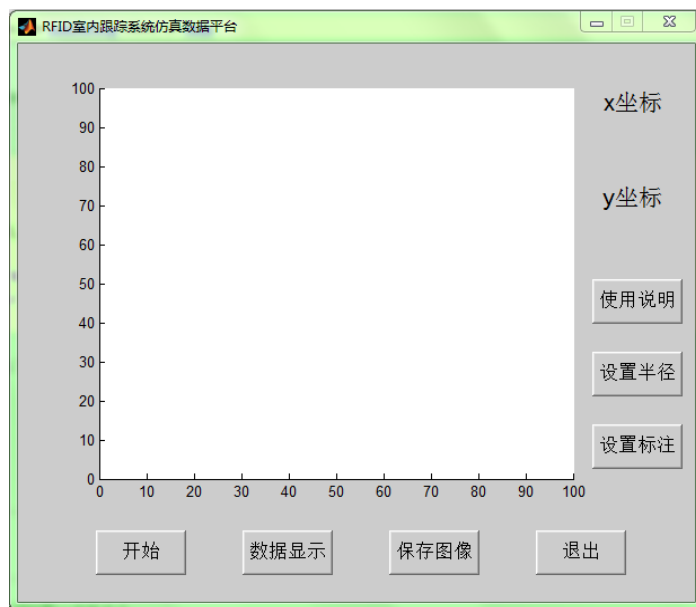


图 6.3 RFID 室内跟踪系统仿真数据初始软件

本系统由一系列子函数组成：主函数、reader 函数、rang 函数和 savePic 回调函数等，部分函数的实现与功能介绍如下。

##### instruction 函数

软件为方便初次使用者的操作，特意设置了使用说明向导，通过 text 函数实现“说明书”的功能，当用户点击该控件时，其运行结果如图 6.4 所示。

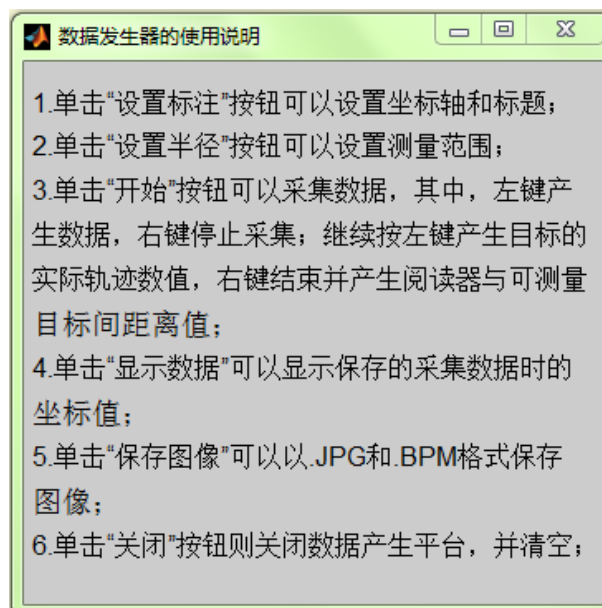


图 6.4 数据平台的使用说明

### change\_tittle 函数

该函数的功能是，用户可以在弹出的对话框中输入任意自定义的标注字符更改主题。该函数调用格式为

```
answer=inputdlg(prompt,name,numlines,defaultanswer);
```

其中, `answer` 为字符串单元数组, 用于储存用户输入的字符串, `prompt` 为提示字符串, `name` 为对话框的标题, `numlines` 为用户输入的最大数, `defaultanswer` 为默认的输入字符串, 维数与 `prompt` 相同。实现标注设置对话框的代码如下:

```
prompt={' 设置标题名称: ', ' 设置横坐标名称: ', ' 设置纵坐标名称: '};
name=' 设置标注';
numlines=1;
defaultanswer={' RFID', ' x', ' y' };
```

运行结果如图 6.5 所示。

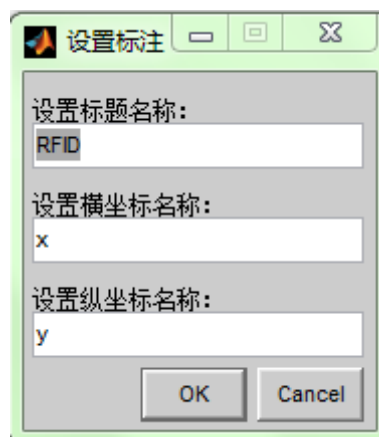


图 6.5 输入对话框

## rang 函数

与 change\_tittle 函数类似，设置半径的功能也是采用对话框的形式实现，其函数调用格式为

```
prompt=' 设置测量半径: ' ;  
name=' 半径设置' ;  
answer=inputdlg(prompt,name);
```

这里需要注意的是 answer 里存储的只能是字符串或者字符数，想要得到数字，需添加代码：

```
if ~isempty(answer)  
    R_Width = floor(str2double(answer));  
end
```

在上面的代码中，首先判断 answer 里存放的字符串或字符数是否为空，不为空则将 answer 里第一个位置的字符串或字符数转换为数字形式，然后赋值给 R\_Width，获取用户输入的半径值，并取整。运行结果如图 6.6 所示。

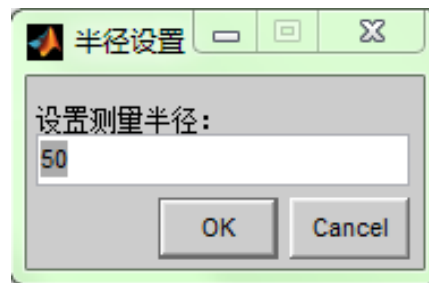


图 6.6 半径设置对话框

## reader 函数

本模块通过 ginput 函数实现数据采集，并将 GUI 界面与 m 函数交互，仿真出 RFID 室内跟踪系统，其在 RFID 阅读器的测量默认半径为 50 时的运行结果如图 6.7 所示：

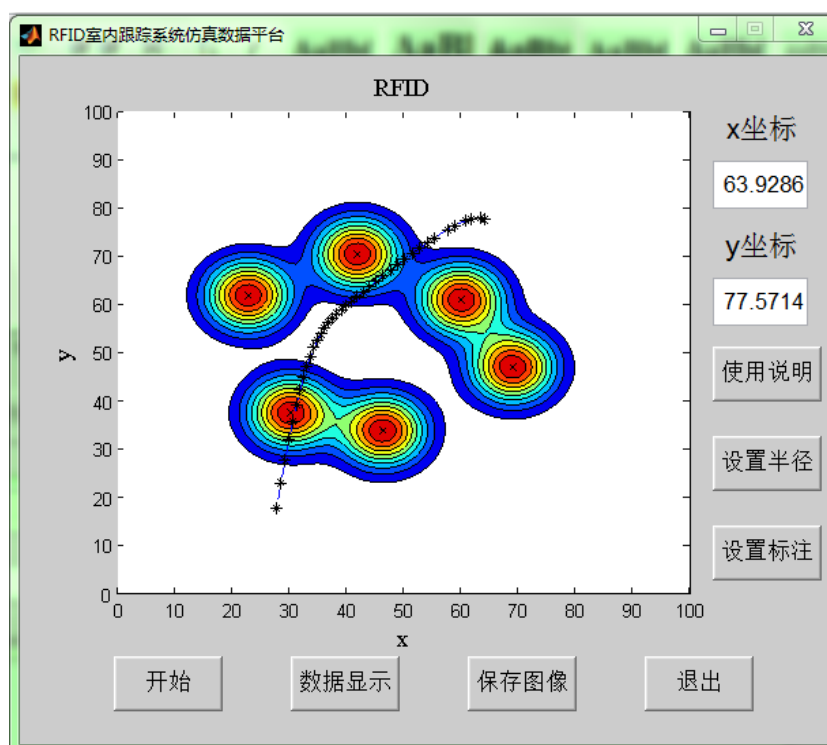


图 6.7 RFID 室内跟踪系统仿真数据软件

图 6.7 中，圆周的圆心位置模拟 RFID 阅读器在室内的位置，其测量半径用圆圈表示，每个阅读器的监视区域，从中心向外逐渐减弱，星形线为 RFID 室内跟踪系统产生的目标参考轨迹。本模块在运行中可以实时显示 RFID 阅读器及目标运动参考轨迹的坐标，并以表格的形式存储在 excel 文件中，方便后续调用数据。当 RFID 阅读器测量半径分别为 10、150 时，所得的仿真情况分别如图 6.8、6.9 所示。

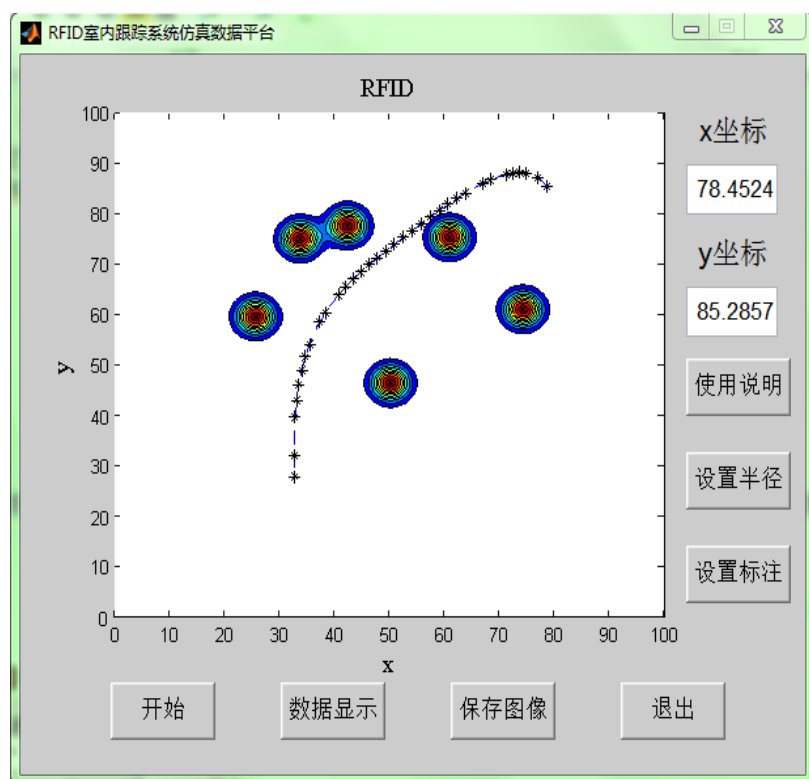


图 6.8 RFID 阅读器测量半径为 10 时平台的输出界面

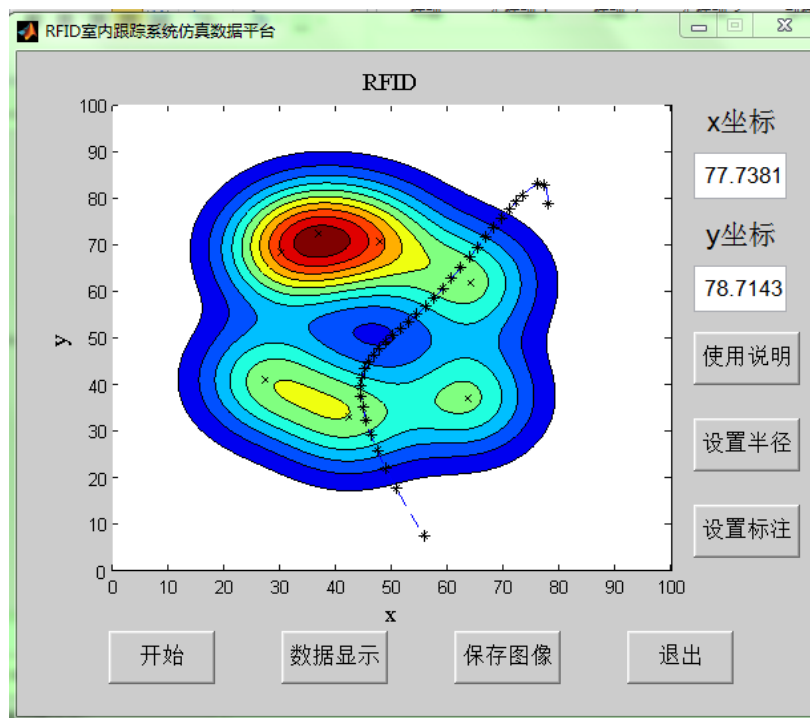


图 6.9 RFID 阅读器测量半径为 150 时平台的输出界面

对比图 6.8 和 6.9 可以看出，当测量半径为 10 时，设置同样数目的阅读器，跟踪系统所能监测到的范围不同，并且检测率也不相同，半径越大，监测范围越大，检测率也越高，本软件可以实现 0-5000 的半径值，其精度范围能达到普通室内跟踪系统的仿真要求。

#### get\_data\_xls 函数

本模块实现显示及存储第一部分所产生数据的功能。在数据生成器 RFID 室内跟踪系统的阅读器、目标真实轨迹以及 RFID 阅读器对轨迹的测量数据分别存储在 data.xls、truedata.xls、以及 RFIDdata.xls 的表格中，通过调用 MATLAB 中 xlsread 函数可以对 excel 文件数据进行读取，为达到简洁、快速的目的，创建了数据显示窗口，以表格形式同时显示三类数据，保留了 figure 窗口的工具栏，数据显示窗口可以实现保存、编辑、复制等功能。如图 6.10、图 6.11 所示，分别为在测量半径为 60 时 RFID 室内跟踪系统仿真图及对应的数据显示窗口。

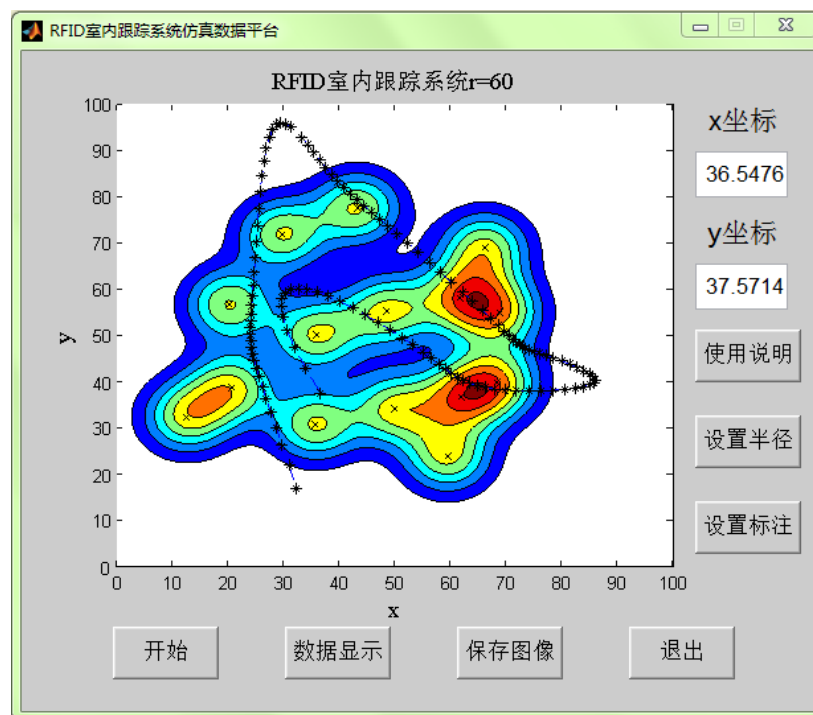


图 6.10 测量半径为 60 时 RFID 室内跟踪系统仿真图

数据显示窗口

FileEditViewInsertToolsDesktopWindowHelp

RFID阅读器的位置

|   |     | 11      | 12      | 13      | 14      | 15      |
|---|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| X | 952 | 35.8333 | 48.4524 | 61.5476 | 61.7857 | 59.4048 |
| Y | 143 | 50.1429 | 55.2857 | 58.1429 | 36.7143 | 23.8571 |

运动目标实际轨迹

|   |     | 15      | 16      | 17      | 18      | 19      |
|---|-----|---------|---------|---------|---------|---------|
| X | 571 | 43.6905 | 30.8333 | 21.0714 | 11.7857 | 5.3571  |
| Y | 714 | 50.1429 | 43.2857 | 33.2857 | 24.4286 | 18.1429 |

阅读器与可测量实际目标间的距离

|    |  | 70      | 71 | 72      | 73      | 74 |
|----|--|---------|----|---------|---------|----|
| 12 |  |         |    |         |         |    |
| 13 |  | 24.6873 |    |         |         |    |
| 14 |  |         |    | 16.2901 | 20.4888 |    |
| 15 |  |         |    | 14.0741 |         |    |

图 6.11 数据显示窗口

如图 6.11 所示，“RFID 阅读器的位置”表格中保存了本次在 RFID 室内跟踪系统中仿真得到的 15 个 RFID 阅读器的位置（x 坐标，y 坐标）；“运动目标实际轨迹”表示在系统中存储的目标运动轨迹坐标，本次仿真放置的实际目标个数为 19 个；“阅读器与可测量实际估计间的距离”表示系统测得的阅读器与目标间的距离，行表示第  $i$  个实际目标，列表示第  $j$  个阅读器，如第 70 个实际目标到第 13 个阅读器间的距离为 24.6873，而到第 12、14、15 个阅读器的距离为 0。



## savePic 函数

完整的 RFID 室内跟踪系统仿真图往往需要在其他文档中被引用，为方便获取图像，本软件设计了图像保存功能，可以实现 fig 及 bmp 的常用图像保存格式，运行后出现的图片保存地址选择对话框如图 6.12 所示。保存为 jpg、bmp 格式的图像分别如图 6.13、图 6.14 所示。

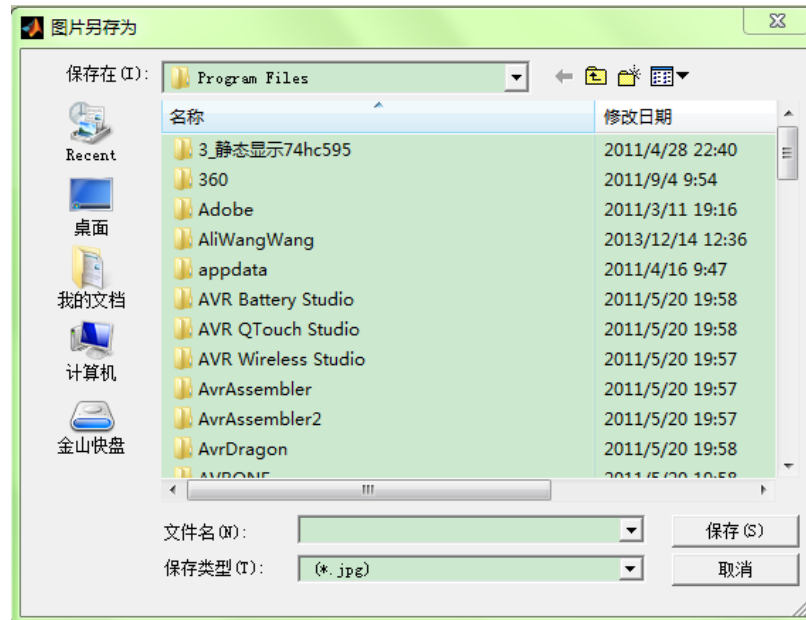


图 6.12 图片保存地址选择对话框

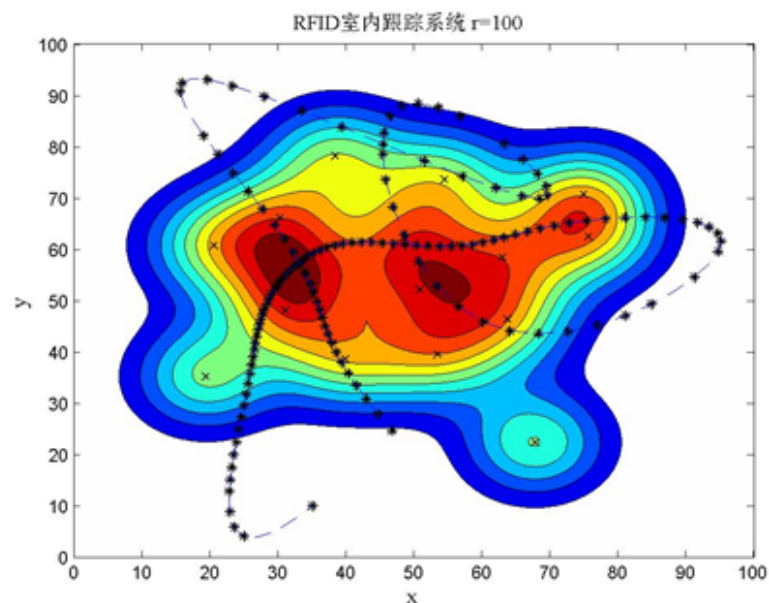


图 6.13 fig 格式保存的图像

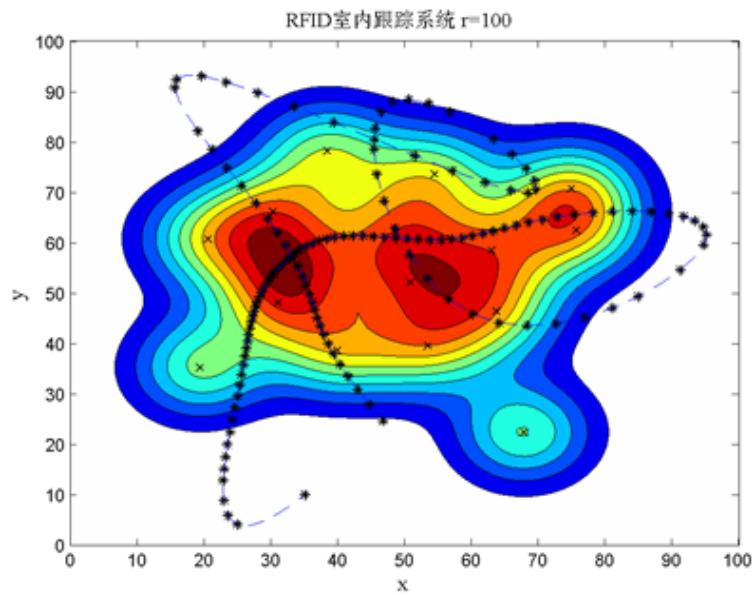


图 6.14 bmp 格式保存的图像

### closeQuest 函数

本模块创建了一个提问对话框，进一步确认是否要关闭窗口，通过调用函数`questdlg('确认退出当前窗口?', '退出确认', 'Yes', 'No', 'No')`；实现关闭GUI的对话框。运行结果如图6.15所示。

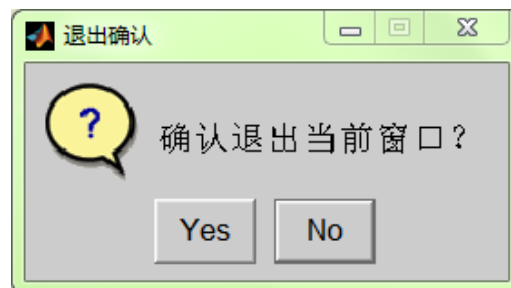


图 6.15 关闭窗口对话框

清除所有数据的函数为下：

```
clear all;
close all;
clc;
```

点击“**Yes**”则软件关闭，否则，本软件可继续工作。

### b. 软件主要功能

软件的主要功能及其关系如图 6.16 所示，下面简单说一下各部分的作用。

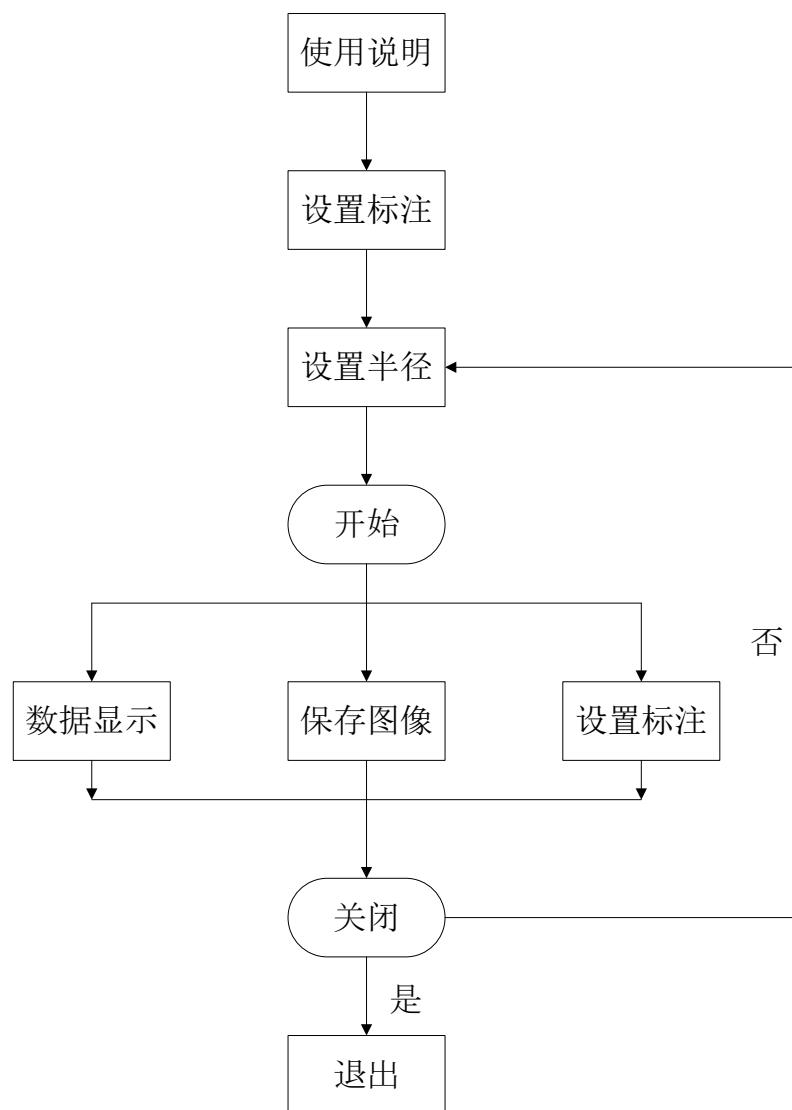


图 6.16 软件主要功能及其关系

- **使用说明**

软件在 matlab 软件上运行后即可使用，对于初次使用者，本软件人性化的设计了使用向导，点击“使用说明”按钮，用户即可通过弹出的文本图形对本软件的使用方法进行学习。

- **设置半径**

用户可以对室内 RFID 跟踪系统的测量精度进行设置，本软件提供的可设置半径范围为 0~5000（默认半径为 50），并且在半径为 2400 时测量范围已覆盖整个坐标系，即室内目标均能跟踪，此时只需要在室内正中央设置一个跟踪器即可，同理，半径越小，测量范围越小，欲达到同样的跟踪效果，需要设置的跟踪器相对较多。

- **设置标注**

本控件可以实现对坐标系的横、纵坐标及标题的更改，用户可设定参数进行相关技术的使用，默认的横坐标为 x，纵坐标为 y，标题为 RFID。

- **开始**

点击“开始”控件，产生室内数据，并对位置信息进行实时显示，同时保存到 excel 文档中。在坐标系内单击左键，仿真安装室内 RFID 跟踪系统的阅读器位置，右键结束放置，每一个阅读器的高检测率的测量空间，只显示颜色（从红到蓝的等高线图）来表示产生的测量范围，继续单击左键产生目标的实际轨迹，单击右键得到阅读器与所能测量轨迹间的距离

数据。

● **显示数据**

本控件显示软件最新存储的二维空间数据，以 RFID 系统为例，包括阅读器、目标的实际轨迹、阅读器与所能测量到的轨迹间的距离数据。本模块保留了 MATLAB 传统图形的工具栏，可以实现对数据表格的保存、编辑、复制图像等功能。

● **保存图像**

本控件主要生成室内 RFID 跟踪系统仿真图像，存储格式设置为 jpg 和 bmp 两种格式，二者特点见下表：

表 6.1 jpg 和 bmp 格式图像的特点

| 图像文件格式 | 特点                       |
|--------|--------------------------|
| BMP    | 无压缩、占用空间大，不合适网络传输及低速设备传输 |
| JPG    | 文件大、传输快、流行、有损压缩、感兴趣区域    |

● **关闭**

本控件实现对 GUI 界面的关闭，点击该按钮，关闭软件的所有图像，并清除所有数据。若不关闭界面，则可跟据需要继续使用本软件。

RFID 室内跟踪系统仿真数据软件源代码见本章附录。

6.3 小结

本章给出了系统仿真需要的一些数据，并给出两种典型系统，GPS 和 RFID 系统的测量模型及数据。在跟踪系统仿真研究中，这些数据是非常有用的。这些数据可以作为系统的实际测量值和目标的真实轨迹参考数据，来定量评估估计方法的性能。除了给出这些数据之外，本章更重要的内容是给出产生这些数据的 MATLAB 程序，熟悉这些程序的读者可以根据自己的需要设计参数、甚至修改程序产生不同的轨迹数据，这些都为目标跟踪仿真研究者提供了大大的便利。