

第五章 可视化数字水印系统的实现

5.1 界面布局

基于数字图像的可视化水印系统按照水印算法的不同主要分为空间域水印和变换域水印两大类。空间域水印以 LSB 算法——最低有效位算法为代表，变换域水印以 DCT 算法——离散余弦变换算法为代表^[10]。

5.1.1 空间域水印

空间域水印分为三个部分：LSB 基本算法、LSB 算法改进和图像降级算法及其改进。其中 LSB 图片水印和 LSB 算法改进均是基于 LSB 基本算法所进行的推广和改进。

（1）LSB 基本算法

LSB 基本算法就是基于经典 LSB 算法理论进行文本水印嵌入和提取。LSB 基本算法包括 LSB 基本算法水印嵌入和 LSB 基本算法水印提取，可以实现将信息隐藏在图片中和从隐藏信息的图片中提取信息的功能。

（2）LSB 算法改进

LSB 算法改进包括 LSB 随机间隔算法和 LSB 区域校验位算法，二者均能够减小水印嵌入对载体图片统计特性的影响。

① LSB 随机间隔算法

LSB 随机间隔算法包括随机间隔水印法嵌入和随机间隔法水印提取。LSB 随机间隔法算法水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行随机间隔的 LSB 隐写后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。随机间隔算法步长由用户输入。

LSB 随机间隔法水印提取由用户选择要从中提取信息的图片和提取信息的保存路径，读取图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。

② LSB 区域校验位算法

LSB 区域校验位算法包括区域校验位算法水印嵌入和区域校验位算法水印提取。

区域校验位算法水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行区域校验位的 LSB 隐写后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。区域校验位算法的区域大小由用户输入。

区域校验位算法水印提取由用户选择要从中提取信息的图片和提取信息的保存路径，读取图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。

（3）图像降级算法及其改进

① 图像降级算法

图像降级算法包括图像降级算法水印嵌入和图像降级算法水印提取，可以实

现将图片水印嵌入图片当中的功能。图像降级算法水印嵌入由用户选择载体图片和水印图片，对载体图像进行图像降级隐写，之后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。图像降级水印提取由用户选择要从中提取信息的图片和提取信息的保存路径，读取图片并提取出信息并保存到用户选择的路径当中。

由于图片的信息量一般要高于文本的信息量，所以图像降级的嵌入和提取耗时会长一些。

② 图像降级算法改进

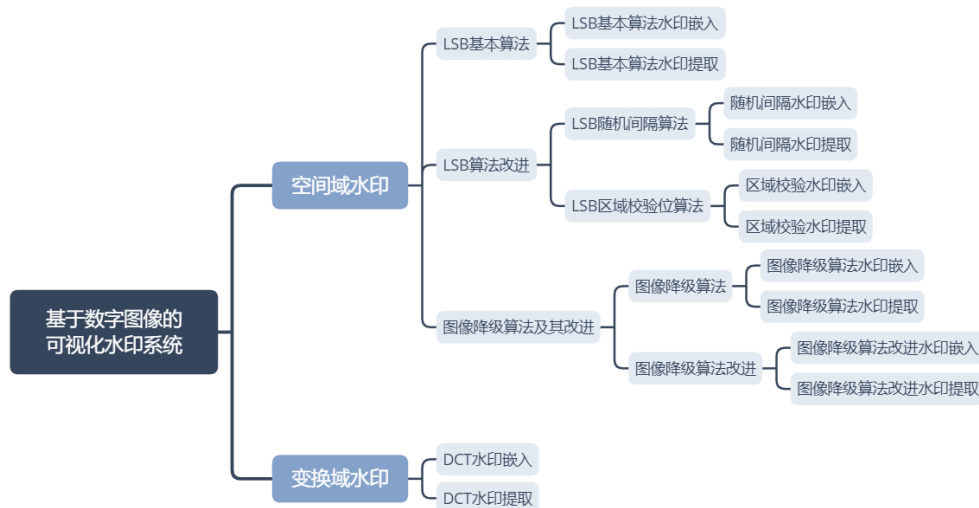
图像降级算法改进的界面布局和操作与图像降级算法完全相同，只是改进了对载体图像的画质的损伤，得到的嵌入水印的图像的效果要优于图像降级算法。

5.1.2 变换域水印

变换域水印包括 DCT 水印嵌入和 DCT 水印提取。

DCT 水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行离散余弦变换后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。

DCT 提取由用户选择提取信息的保存路径，程序将读取 DCT 隐写时保存的图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。



5.2 程序运行界面

5.2.1 主界面

主界面包括“空间域水印”和“变换域水印”按钮，在按钮下方是关于空间

域水印和变换域水印的组成的介绍。

空间域水印包含 LSB 水印嵌入和提取、LSB 算法改进、图像降级算法及其改进等功能。变换域水印包含 DCT 隐写和 DCT 提取。



图 5.2 可视化数字水印系统主界面

5.2.2 空间域水印界面

空间域水印界面包括 LSB 基本算法、LSB 算法改进和图像降级算法及其改进三个部分，点击按钮可以进行相应的功能，右侧分别是它们的介绍。

LSB 基本算法包括 LSB 基本算法水印嵌入和 LSB 基本算法水印提取，可以实现将信息隐藏在图片中和从隐藏信息的图片中提取信息的功能。

LSB 算法改进包括随机间隔法和区域校验位算法，在 LSB 算法的基础上，减小了水印嵌入对载体图片统计特性的影响。

图像降级算法及其改进包括图像降级算法和图像降级算法改进，可以实现将图片水印嵌入到图片当中的功能。



图 5.3 可视化数字水印系统空间域水印界面

（1）LSB 基本算法

LSB 基本算法包括 LSB 基本算法水印嵌入和 LSB 基本算法水印提取两个部分。点击按钮可以进行相应的功能，右侧分别是它们的介绍。

LSB 基本算法水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行最低有效位隐写后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。

LSB 基本算法水印提取由用户选择提取信息的保存路径，程序将读取 LSB 隐写时保存的图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。

在进行 LSB 基本算法水印提取之前，需要先在下方输入提取信息的长度。



图 5.4 可视化数字水印系统 LSB 基本算法界面

（2）LSB 算法改进

LSB 算法改进包括“LSB 随机间隔法”和“LSB 区域校验位算法”两个部分。点击按钮可以进行相应的功能，右侧分别是它们的介绍。

LSB 随机间隔法包括随机间隔法水印嵌入和随机间隔法水印提取。

LSB 区域校验位算法包括区域校验位算法水印嵌入和区域校验位算法水印提取。



图 5.5 可视化数字水印系统 LSB 算法改进界面

①LSB 随机间隔法

LSB 随机间隔法包括“LSB 随机间隔法水印嵌入”和“LSB 随机间隔法水印提取”两个功能。点击按钮可以进行相应的功能，下方分别是它们的介绍。

随机间隔法水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行随机间隔的 LSB 隐写后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。随机间隔的步长在上方由用户输入。

随机间隔法水印提取由用户选择提取信息的保存路径，程序将使用同样的随机种子，读取随机间隔法水印嵌入时保存的图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。

在用户进行随机间隔法嵌入和提取之前，需要首先在上方设置随机间隔的步长。如果用户不设置，步长默认为 2。如果步长设置得过长，以至于信息无法完整在图片中隐藏，程序会弹出消息框提示用户步长设置过长。

在用户进行随机间隔法提取之前，还需要在下方输入提取信息的长度。



图 5.6 可视化数字水印系统 LSB 随机间隔法界面

②LSB 区域校验位算法

LSB 区域校验位算法包括“LSB 区域校验位算法水印嵌入”和“LSB 区域校验位算法水印提取”。点击按钮可以进行相应的功能，下方是它们的介绍。

区域校验位算法水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行区域校验位的 LSB 隐写后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。区域校验位算法的区域大小由用户输入。

区域校验位算法水印提取由用户选择提取信息的保存路径，读取区域校验位算法水印嵌入时保存的图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。

在用户进行区域校验位算法嵌入和提取之前，需要首先在上方设置区域校验位的区域大小。如果用户不设置，区域大小默认为 4。如果区域大小设置得过长，以至于信息无法完整在图片中隐藏，程序会弹出消息框提示用户区域大小设置过长。

在用户进行区域校验位算法提取之前，还需要在下方输入提取信息的长度。



图 5.7 可视化数字水印系统 LSB 区域校验位算法界面

（3）图像降级算法及其改进

图像降级算法及其改进包括“图像降级算法”和“图像降级算法改进”两个部分。点击按钮可以进行相应的功能，右侧分别是它们的介绍。

图像降级算法包括图像降级算法水印嵌入和图像降级算法水印提取。

图像降级算法改进包括图像降级算法改进水印嵌入和图像降级算法改进水印提取。



图 5.8 可视化数字水印系统图像降级算法及其改进界面

①图像降级算法

图像降级算法包括“图像降级算法水印嵌入”和“图像降级算法水印提取”两个功能。点击按钮可以进行相应的功能，右侧分别是它们的介绍。

图像降级算法水印嵌入由用户选择载体图片和水印图片，将载体图片的四个最低为比特位替换成水印图片的四个最高比特位，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。

图像降级算法水印嵌入水印提取由用户选择要提取信息的图片和提取信息的保存位置，程序读取要提取信息的图片，提取出隐藏的图片并保存。



②图像降级算法改进

图像降级算法改进包括“图像降级算法改进水印嵌入”和“图像降级算法改进水印提取”两个功能。点击按钮可以进行相应的功能，右侧分别是它们的介绍。

图像降级算法改进水印嵌入由用户选择载体图片和水印图片，将水印图片的信息的八位的二进制数分成四块，每块分别加入到载体图片上去，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写后的图像。

图像降级算法水印嵌入水印提取由用户选择要提取信息的图片和提取信息的保存位置，程序读取要提取信息的图片，提取出隐藏的图片并保存。



5.2.3 变换域水印界面

变换域水印包括“DCT 水印嵌入”和“DCT 水印提取”两个功能。点击按钮可以进行相应的功能，下方是它们的介绍。

DCT 水印嵌入由用户选择图片和隐藏信息，对图像进行离散余弦变换后，将秘密信息写入，然后绘制原始图像和隐写后的图像的直方图对比，并保存隐写

后的图像。

DCT 提取由用户选择提取信息的保存路径，程序将读取 DCT 隐写时保存的图像并提取出信息并保存到用户选择的路径。



图 5.11 可视化数字水印系统变换域水印界面

5.3 系统功能展示

5.3.1 空间域水印

（一）LSB 基本算法

（1）LSB 基本算法水印嵌入

首先点击“LSB 基本算法水印嵌入”按钮，进行嵌入操作。



图 5.12 LSB 基本算法界面

下面会弹出提示,请用户选择要进行 LSB 隐写的图像。



图 5.13 提示用户选择 LSB 隐写图像界面

点击“确定”，进行选择要隐写的图像，点击“打开”。

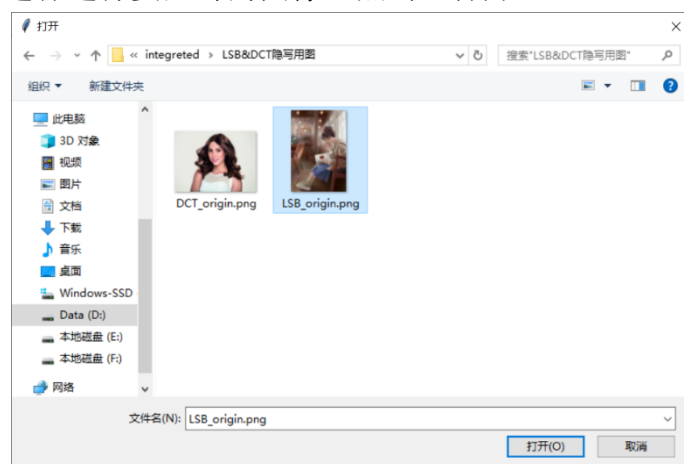


图 5.14 选择 LSB 隐写图像界面



图 5.15 载体图像

下面会提示用户选择要隐藏的信息，用户需要提前将要隐藏的信息放入一个 txt 文本文件中，然后选择这个文件，点击打开。

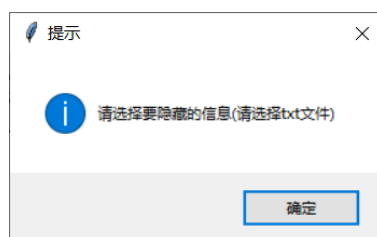


图 5.16 提示用户选择要隐藏的信息界面

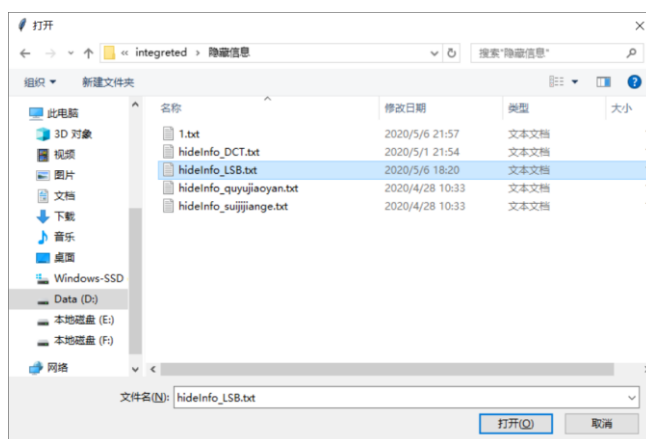


图 5.17 选择隐藏信息的界面

这是我们准备隐写入图像中的信息，

“Visual watermarking system based on digital image by hxx”



图 5.18 待隐写的秘密信息

下面程序就会将隐藏信息用 LSB 算法嵌入到用户选择的图片中。隐写成功后会弹出提示，告诉用户隐写已完成，并且将隐写后的图像保存在程序所在的目录下，命名为用户选择文件的文件名+_LSB-generate。

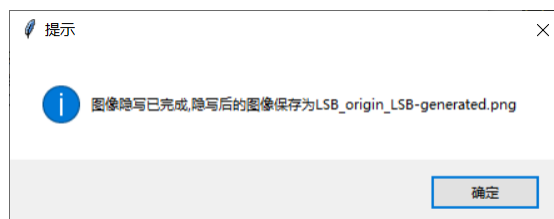


图 5.19 提示用户图像隐写已完成

点击确定后，会出现原始图像和隐藏信息的图像的对比图，并绘制它们的直方图。

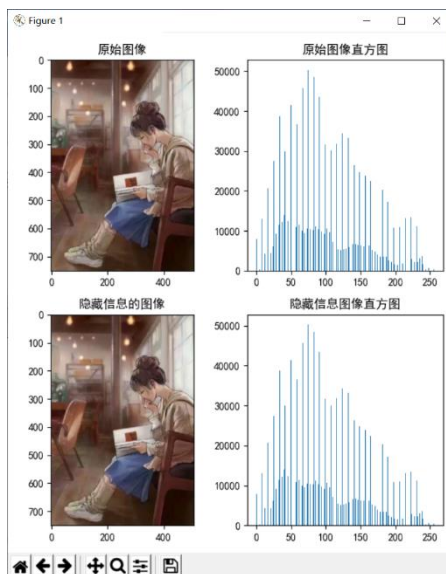


图 5.20 原始图像和隐藏信息的图像对比图以及直方图

(2) LSB 基本算法水印提取

首先预计要提取的信息的长度，输入提取信息的长度。注意这里的提取信息的长度是信息转换为二进制后的比特长度。

以我们嵌入的信息为例，“Visual watermarking system based on digital image by hxx”这段文本，转换为二进制后是

“01010110011010010111001101110101011000010110110000100000011101110110
0001011101000110010101110010011011010110000101110010011010110110100101
1011100110011100100000011100110111100101110011011101000110010101101101
0010000001100010011000010111001101100101011001000010000001101111011011
1000100000011001000110100101100111011010010111010001100001011011000010
0000011010010110110101100001011001110110010100100000011000100111100100
100000011010000111100001111000”

其信息长度为 448，在这里我们输入 448，点击“输入提取信息的长度”按钮。



图 5.21 输入提取信息的长度

会弹出提示，提取信息长度已经设置成功。

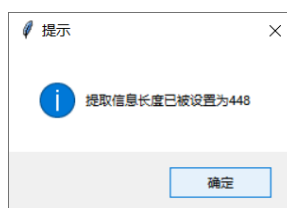


图 5.22 提取信息长度已设置的提示框

之后点击“LSB 基本算法水印提取”按钮。



图 5.23 点击“LSB 基本算法水印提取”按钮

按照弹出的提示，选择要提取隐藏信息的图像，选择后点击打开。

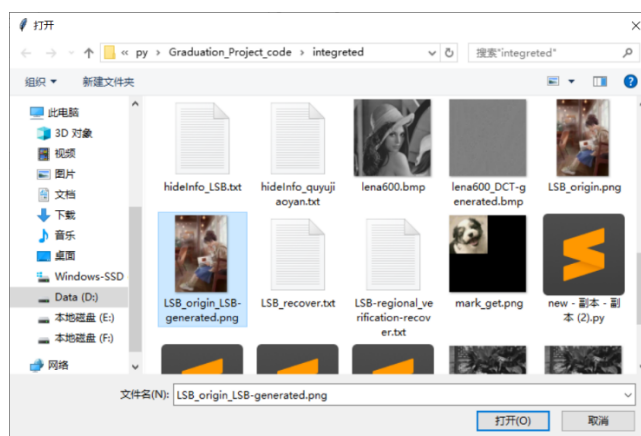


图 5.24 选择提取隐藏信息的图像

选择要将提取的信息保存的位置，点击确定。

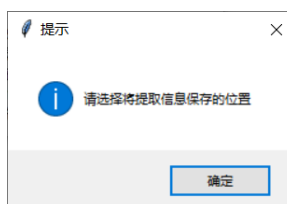


图 5.25 提示用户选择隐藏信息的保存位置

选择好保存的文件夹后点击“选择文件夹”。

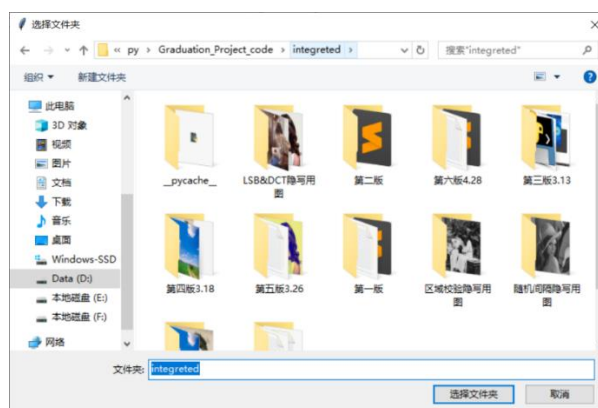


图 5.26 选择隐藏信息的保存位置

之后弹出提示，隐藏信息已提取，保存为 LSB_recover.txt。



图 5.27 隐藏信息已提取提示框

来到选择保存信息的文件夹，打开 LSB_recover.txt，可以看到信息已被正确提取。



图 5.28 提取的隐藏信息

当然，用户在提取信息的时候，可能并不知道信息的具体长度，这就需要用用户根据提取出来的内容进行尝试几次，就可以正确提取，例如，以上面的信息提取为例，当我们输入提取信息长度为 100 时，提取的信息为



图 5.29 提取信息的长度输入较小时的结果

可以看到此时有效的信息似乎还没有结束。

当输入提取信息长度为 600 时，提取的信息为



图 5.30 提取信息的长度输入较大时的结果

可以看到有效的信息到“hxx”就结束了，后面就是乱码了，所以我们可以确定隐藏的信息就是“Visual watermarking system based on digital image by hxx”。

（二）LSB 算法改进

（1）LSB 随机间隔法

①LSB 随机间隔法水印嵌入

首先设置随机间隔的步长（如果用户没有设置，那么默认为 2），我们假定设置为 5。



图 5.31 设置随机间隔的步长

程序会弹出提示，随机间隔步长已被设置为 5。

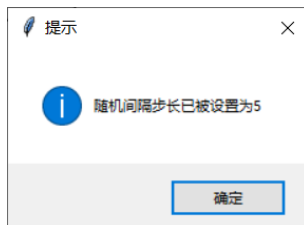


图 5.32 提示随机间隔步长已被设置

当然，随机间隔的步长不能无限大，必须要能保证隐藏信息能够被全部嵌入

到载体图片中。如果步长设置得过长，程序会弹出提示，不过要等用户给定载体图片和隐藏信息后才能判断出来。

点击“LSB 随机间隔法水印嵌入”按钮，进行嵌入操作。



图 5.33 点击“LSB 随机间隔法水印嵌入”按钮

下面会弹出提示,请用户选择要进行 LSB 随机间隔隐写的图像。点击“确定”进行选择要隐写的图像。选择图像后点击“打开”。



图 5.34 LSB 随机间隔法的载体图像

下面会提示用户选择要隐藏的信息，用户需要提前将要隐藏的信息放入一个 txt 文本文件中，然后选择这个文件。

这是我们准备隐写入图像中的信息，

“Visual watermarking system based on digital image by hxx” 选择好信息文件后，点击“打开”。

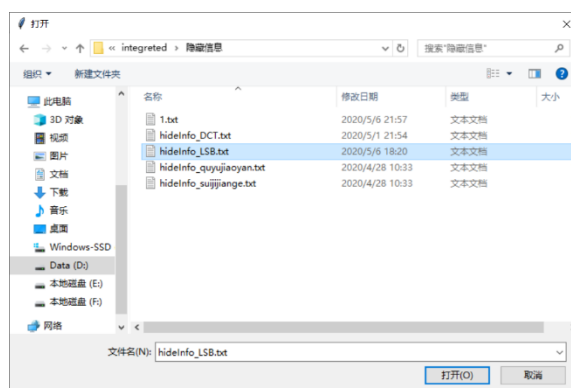


图 5.35 打开水印信息

此时，如果给定的步长设置不合适，程序就会弹出提示，告诉用户步长设置过大，请重新设置。

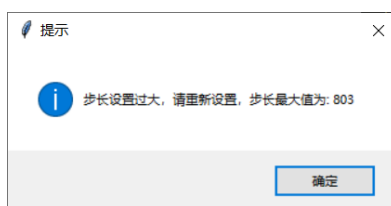


图 5.36 提示步长设置过大

下面程序就会将隐藏信息用随机间隔算法嵌入到用户选择的图片中。隐写成功后会弹出提示，告诉用户隐写已完成，并且将隐写后的图像保存在程序所在的目录下，命名为用户选择文件的文件名+_random_interval-generated。

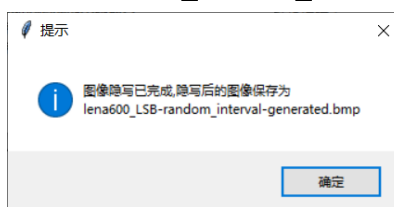


图 5.37 提示图像隐写完成

点击确定后，会出现原始图像和隐藏信息的图像的对比图，并绘制它们的直方图。

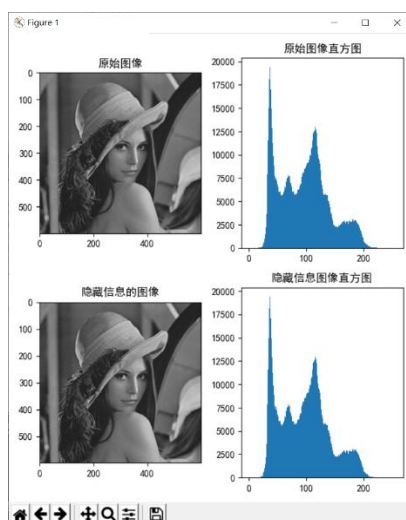


图 5.38 原始图像和隐藏信息图像的对比图以及直方图

②LSB 随机间隔法水印提取

首先也要设置随机间隔的步长，并且，要想正确提取信息，提取时设置的步长要和隐写时设置的步长相同。

然后在下方输入提取信息的长度。在这里我们输入 448，点击“输入提取信息的长度”按钮。之后会弹出提示，提取信息长度已经设置成功。

之后点击“LSB 随机间隔法水印提取”按钮。



图 5.39 点击“LSB 随机间隔法水印提取”按钮

按照弹出的提示，选择要提取隐藏信息的图像和选择要将提取的信息保存的位置。

之后弹出提示，隐藏信息已提取，保存为 LSB-random_interval-recover.txt 来到选择保存信息的文件夹，打开 LSB-random_interval-recover.txt，可以看到，信息已被正确提取。

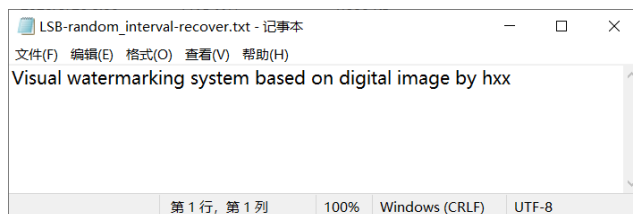


图 5.40 提取的隐藏信息

（2）LSB 区域校验位算法

①LSB 区域校验位算法水印嵌入

首先设置区域校验位算法的区域大小（如果用户没有设置，那么默认为 4），我们假定设置为 5。

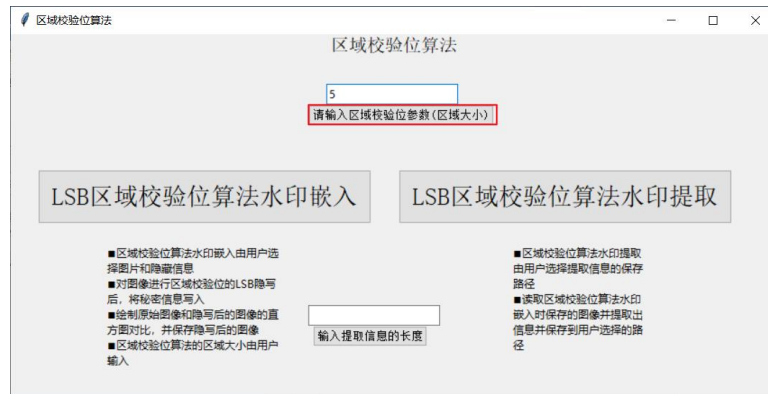


图 5.41 设置区域校验位的区域大小

程序会弹出提示，区域大小已被设置为 5。

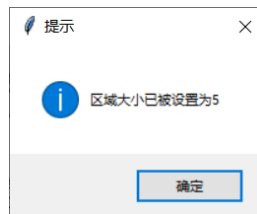


图 5.42 提示区域大小已被设置

当然，区域大小不能无限大，必须要能保证隐藏信息能够被全部嵌入到载体图片中。如果区域大小设置得过大，程序会弹出提示，不过要等用户给定载体图片和隐藏信息后才能判断出来。

点击“LSB 随机间隔法水印嵌入”按钮，进行嵌入操作。



图 5.43 点击“LSB 区域校验位算法水印嵌入”按钮

下面会弹出提示,请用户选择要进行 LSB 区域校验位隐写的图像。



图 5.44 LSB 区域校验位算法载体图像

下面会提示用户选择要隐藏的信息。用户需要提前将要隐藏的信息放入一个 txt 文本文件中，然后选择这个文件。

这是我们准备隐写入图像中的信息

“Visual watermarking system based on digital image by hxx”，选择好信息文件后，点击“打开”。

此时，如果给定的区域大小设置不合适，程序就会弹出提示，告诉用户区域大小设置过大，请重新设置。

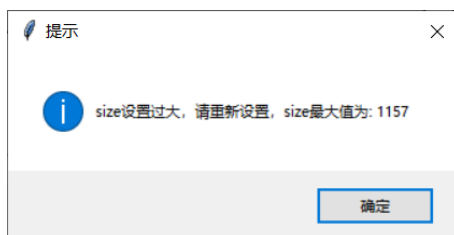


图 5.45 提示区域设置过大

下面程序就会将隐藏信息用区域校验位算法，嵌入到用户选择的图片中。隐写成功后会弹出提示，告诉用户隐写已完成，并且将隐写后的图像保存在程序所在的目录下，命名为用户选择文件的文件名+_LSB-regional_verification-generated。

点击确定后，会出现原始图像和隐藏信息的图像的对比图，并绘制它们的直方图。

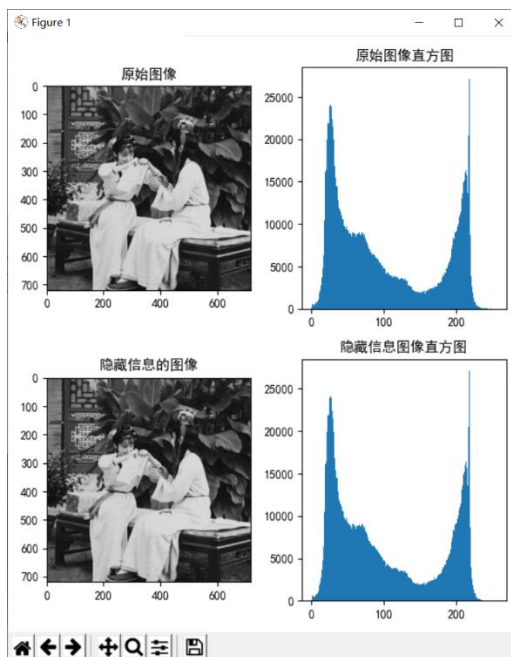


图 5.46 原始图像和隐藏信息图像的对比图以及直方图

②LSB 区域校验位算法水印提取

首先也要设置区域校验位算法的区域大小，并且，要想正确提取信息，提取时设置的区域大小要和隐写时设置的区域大小相同。

然后在下方输入提取信息的长度。在这里我们输入 448，点击“输入提取信息的长度”按钮。

之后点击“LSB 区域校验位算法水印提取”按钮。



图 5.47 点击“LSB 区域校验位算法水印提取”按钮

按照弹出的提示，选择要提取隐藏信息的图像和要将提取的信息保存的位置，之后弹出提示，隐藏信息已提取，保存为 LSB-regional_verification-recover.txt。来到选择保存信息的文件夹，打开 LSB-regional_verification-recover.txt，可以看到

信息已被正确提取。



图 5.48 提取的隐藏信息

（三）图像降级算法及其改进

（1）图像降级算法

①图像降级算法水印嵌入

首先点击“图像降级算法水印嵌入”按钮，进行嵌入操作。

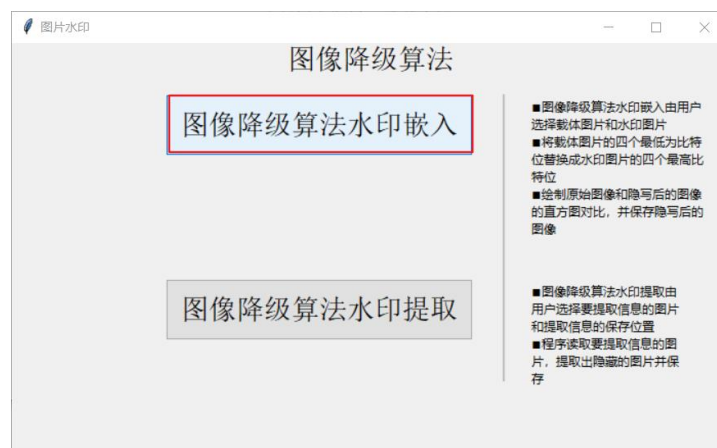


图 5.49 点击“图像降级算法水印嵌入”按钮

下面会弹出提示,请用户选择被嵌入水印的载体图像。向图片中添加图片水印,对嵌入图片的大小有限制,嵌入的图片的大小不能大于隐藏信息的图片。

这是我们准备的载体图片和嵌入载体图片的水印图片。

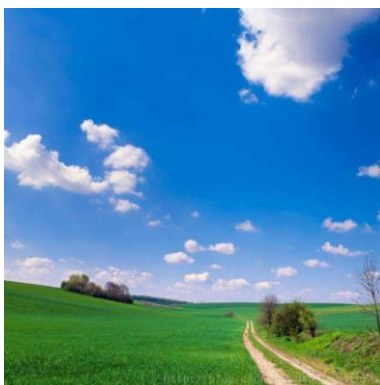


图 5.50 载体图片



图 5.51 水印图片

选择载体图片后点击“打开”。之后会提示用户选择要隐写的图片，选择好隐写图片后，点击“打开”。

下面程序就会将要隐写的图片，用 LSB 算法，嵌入到用户选择的图片中。隐写成功后会弹出提示，告诉用户隐写已完成，并且将隐写后的图像保存在程序所在的目录下，命名为用户选择文件的文件名+_image_with_mark。

点击确定后，会出现原始图像和隐藏信息的图像的对比图，并绘制它们的直方图。

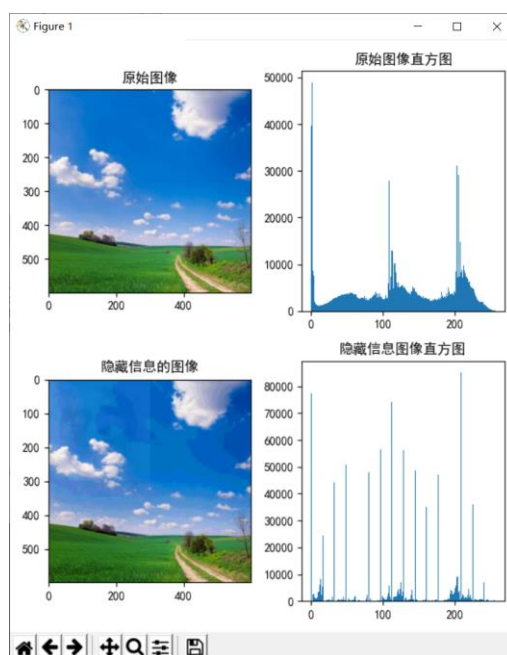


图 5.52 原始图像和隐藏信息的图像对比图以及直方图

③ 图像降级算法水印提取

点击“图像降级算法水印提取”按钮。

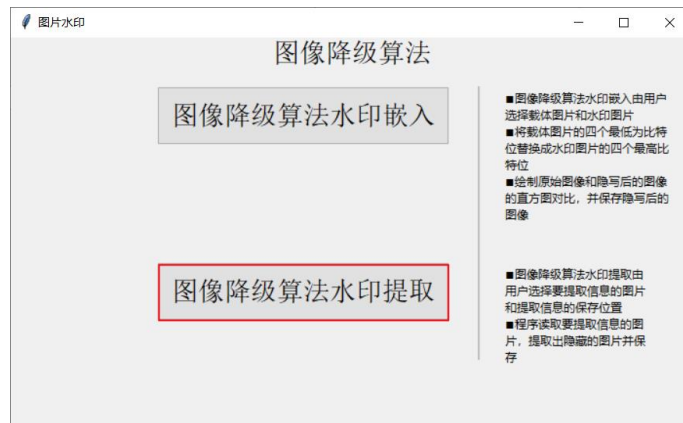


图 5.53 点击“图像降级算法水印提取”按钮

按照弹出的提示，选择要提取隐藏信息的图像和要将提取的信息保存的位置。之后弹出提示，水印图片已提取，保存为 mark_get.png。

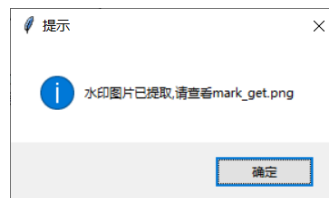


图 5.54 提示水印图片已提取

来到选择保存信息的文件夹，打开 mark_get.png，可以看到隐藏的图片已被正确提取。

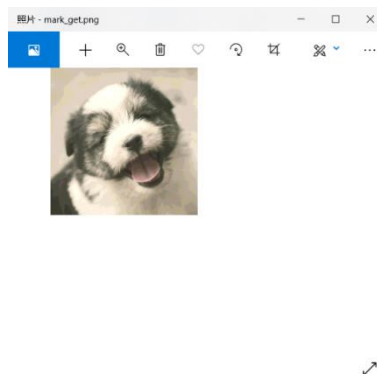


图 5.55 提示的水印图片

（2）图像降级算法改进

图像降级算法改进的水印嵌入和提取的操作过程与图像降级算法的水印嵌入和提取完全相同，最终的区别在于得到的隐写信息的图像的画质会有所提升，

而水印图像的长和宽需要分别小于等于载体图片长和宽的 $1/4$ 。

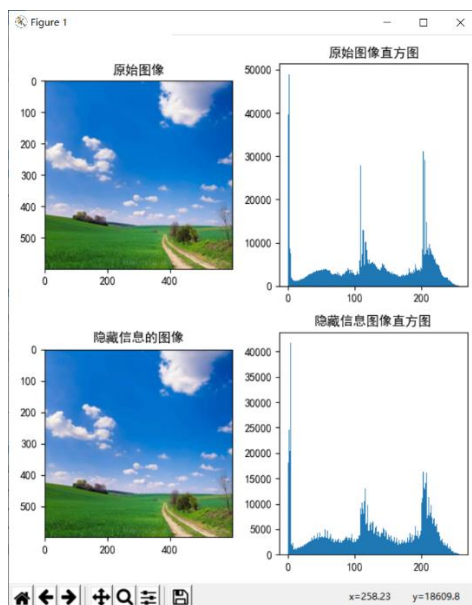


图 5.56 图像降级算法改进的原始图像和隐藏信息的图像对比图以及直方图

5.3.2 变换域水印

（一）DCT 水印嵌入

首先点击“DCT 算法水印嵌入”按钮，进行嵌入操作。



图 5.57 点击“DCT 算法水印嵌入”按钮

下面会弹出提示，请用户选择载体图像，选择图像后点击“打开”。



图 5.58 载体图像

下面会提示用户选择要隐藏的信息，用户需要提前将要隐藏的信息放入一个 txt 文本文件中，然后选择这个文件。

这是我们准备隐写入图像中的信息，

“Visual watermarking system based on digital image by hxx” 选择好信息文件后点击“打开”。

下面程序就会将隐藏信息用 DCT 算法，嵌入到用户选择的图片中。隐写成功后会弹出提示，告诉用户隐写已完成，并且将隐写后的图像保存在程序所在的目录下，命名为用户选择文件的文件名+_DCT-generated

点击确定后，会出现原始图像和隐藏信息的图像的对比图，并绘制它们的直方图。

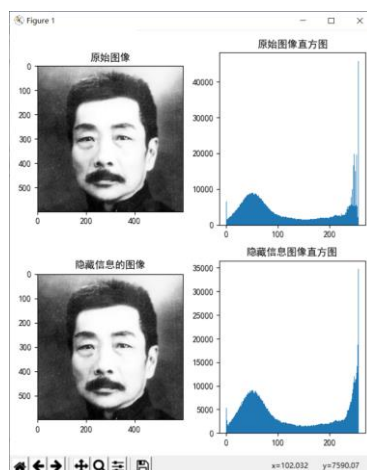


图 5.59 原始图像和隐藏信息图像的对比图以及直方图

2、DCT 水印提取

DCT 水印提取和 LSB 水印提取不同的一点是，DCT 水印提取输入的信息长度必须是正确的信息长度，否则将会是乱码，不能提取出正确的信息。

首先设置提取信息的长度，然后点击“DCT 水印提取”按钮。



图 5.60 点击“DCT 水印提取”按钮

按照弹出的提示，选择要提取隐藏信息的图像和要将提取的信息保存的位置，选择好保存的文件夹后点击“选择文件夹”。

之后弹出提示，隐藏信息已提取，保存为 DCT_hidden_text.txt。然后来到选择保存信息的文件夹，打开 DCT_hidden_text.txt，可以看到信息已被正确提取。

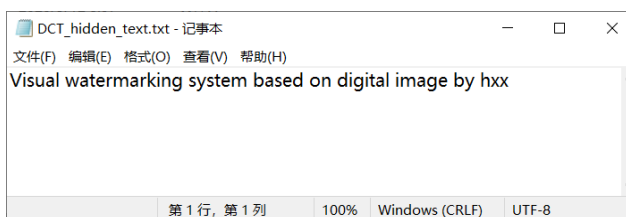


图 5.61 提取的隐藏信息

附录

表 1 系统运行程序和源代码

文件名	文件说明
main.exe	系统运行程序
main.py	系统源代码

表 2 系统运行使用的图片和文本文件

文件名	文件说明
隐写用图	
• LSB_origin.png	LSB 基本算法 用图
• DCT_origin.bmp	DCT 算法 用图
• random_interval_origin.bmp	随机间隔算法 用图
• regional_verification_origin.bmp	区域校验位算法 用图
• image.png	图像降级算法及其改进 载体图片
• mark.png	图像降级算法及其改进 水印图片
隐藏信息	
• hideInfo_LSB.txt	LSB 基本算法 水印文本
• hideInfo_DCT.txt	DCT 算法 水印文本
• hideInfo_random_interval.txt	随机间隔算法 水印文本
• hideInfo_regional_verification.txt	区域校验位算法 水印文本