

基于数字水印-二维码标签的黄茶追溯系统研究

龙陈锋^{1,2}, 雷坚¹, 杨鑫¹, 刘仲华^{2,3*}

(1.湖南农业大学信息科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128; 3.茶学教育部重点实验室, 湖南 长沙 410128)

摘要:改进了一种基于 Arnold 置乱及离散余弦变换的数字水印嵌入算法:先将水印信息进行 Arnold 置乱加密、二维码载体图像作离散余弦变换,再根据二维码灰度图像的二值性构造 Hash 函数,确定嵌入和控制系数以实现嵌入过程。在将企业防伪标识信息嵌入到含茶叶产品种植生产信息的二维码图像中作为追溯产品防伪标签的基础上,设计了基于数字水印-二维码标签的黄茶追溯系统。

关键词:数字水印;二维码;离散余弦变换;黄茶;追溯系统

中图分类号:G202 文献标志码:A 文章编号:1007-1032(2015)05-0565-04

Study on the yellow tea traceability system based on the digital watermarking-2D barcode label

Long Chenfeng^{1,2}, Lei Jian¹, Yang Xin¹, Liu Zhonghua^{2,3*}

(1.College of Information Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.National Research Center of Engineering & Technology for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Changsha 410128, China; 3.Key Laboratory of Tea Science of Ministry of Education, Changsha 410128, China)

Abstract: This paper improved the digital watermark embedding algorithm based on Arnold scrambling and discrete cosine transform(DCT) transform. Firstly, encrypt the watermarking message via Arnold transform, and then make DCT transform of the original carriers image and embed the watermark message in the transform coefficients of DCT. The embed coefficient and control coefficient are determined by the Hash function according to the watermarking and carriers signal. Finally, the Yellow tea traceability system is designed and constructed on the basis of that a QR code product label technology with authorization digital watermark.

Keywords: digital watermarking; 2D barcode; discrete cosine transform; yellow tea; traceability system

农产品追溯系统^[1-2]是一种有效的产品质量安全监督与保障机制,茶叶产品追溯系统相关研究已涵盖黑茶、白茶及龙井茶等茶类^[3-6]。这类追溯系统中常以二维码作为产品追溯标签,具备快速读写的优势,但存在标签易被复制、保密性不强的缺陷。近年来,将数字水印^[7]和二维码相结合,应用于农产品追溯系统,成为研究热点。这种追溯系统先对载体图像进行空间域算法运算,再将要嵌入的二维码水印信息分块隐藏于图像的变换域系数中,得到

嵌入水印的产品,通过提取嵌入的二维码水印来进行鉴权防伪。

结合产品溯源系统的特点,笔者改进了一种基于 Arnold 置乱和离散余弦变换(DCT, discrete cosine transform)的数字水印-二维码嵌入算法,提出将企业鉴权图像信息嵌入到含产品生产信息的二维码图像标签中,该标签既拥有二维码快速读取的特点,也具备水印技术的产品防伪鉴权能力。以数字水印-二维码标签为基础,串联黄茶的种植、制作

和销售溯源流程,设计了黄茶产品追溯系统,以期更好地满足消费者对黄茶产品的防伪追溯需求,促进黄茶品牌价值提升及可持续发展。

1 数字水印-二维码标签技术

1.1 嵌入数字水印的二维码标签的设计

以二维码标签作为唯一防伪溯源载体的追溯系统,写入的是加密后的内容,因而无法被开放编解码标准的二维码阅读器识读,只能被系统专用的二维码识读软件识读溯源,增加了生产成本和溯源成本^[8]。

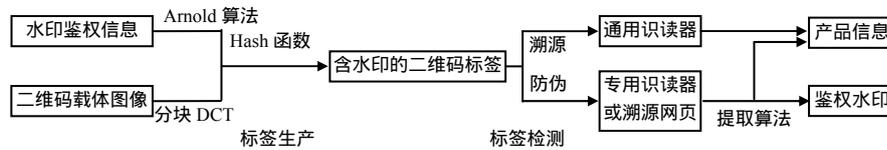


图1 标签生成与检测模型

Fig.1 Generated and detected mode of label

1.2 基于 Arnold 置乱和 DCT 的水印嵌入算法

1.2.1 算法模型

改进了一种将二值水印图像嵌入到二维码载体图像中的数字水印算法^[9-12],该算法在 DCT 变换的基础上,引入 Arnold 变换置乱技术以实现对水印图像的预处理加密,在将水印信息嵌入到 DCT 变换系数的过程中,其嵌入系数由根据水印及载体的信号值构造出 Hash 函数来确定,从而能有效减小水印嵌入对原始载体图像质量的影响。

在实现水印信息分块嵌入到载体信号中时,对每一分块,嵌入后的载体信号 S' 及嵌入前的信号值 S ,有: $S' = S \times (1 + \alpha c)$, 其中 α 为嵌入系数, c 为控制系数。根据载体分块信号值及水印分块信号值的二值特征,构造相应的 Hash 函数以保证原始载体图像质量,算法模型如图 2 所示。

算法嵌入:对水印内容进行 Arnold 变换,得到置乱后的加密水印内容 W 后,对二维码载体进行分块 DCT 变换,其嵌入系数是根据水印及载体分块的信号值所构造的 Hash 函数确定,最后对每分块进行 DCT 逆变换,合并后即得到含水印的载体图像。

基于水印的不可见性、不可复制性及二维码开放编码规则,笔者先对数字水印鉴权信息进行 Arnold 置乱加密,再对二维码标签进行分块 DCT,根据二维图像的二值性构造 Hash 函数来实现水印的嵌入,以期最大限度地保持载体图像原貌,得到更高的鲁棒性及不可见性。嵌入水印后的二维码标签,以明文形式写入的生产信息能被开放标准的阅读器读取,而密文形式的水印信息则只能通过系统专用阅读器或网页溯源方式进行提取鉴定,因而满足简单追溯及真伪鉴定的双重需求。标签的生成及检测模型如图 1 所示。

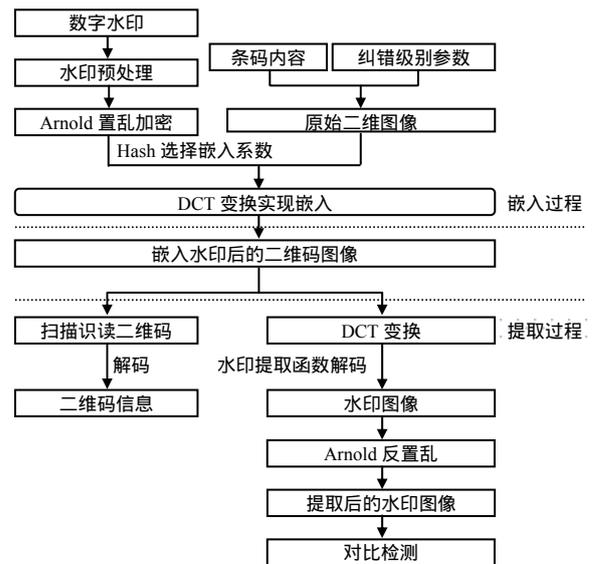


图2 水印算法模型

Fig.2 Watermark algorithm mode

算法提取:对含水印信息的载体图像进行分块 DCT 后,根据嵌入时所选的系数获得各分块的嵌入信号,将提取到的各分块信号进行合并,再经过 Arnold 反变换便可得到原始的水印图像。

1.2.2 算法实现过程

1) 利用Arnold变换对水印图像作预处理,先对经多次变换获得水印的Arnold置乱周期 C ,对水印图像作 $C/2$ 次Arnold变换,得到置乱后的图像 W' 。

2) 将载体图像 $Z(M \times N$ 像素大小)分解成 $(M/8) \times (N/8)$ 个 8×8 大小的方块 $BZ_{m,n}$; 同时将 W 分解成 $(M/8) \times (N/8)$ 个 $\frac{8 \times P}{M} \times \frac{8 \times Q}{N}$ 大小的方块 $BW'_{m,n}$, 其中: $1 \leq m \leq \frac{M}{8}, 1 \leq n \leq \frac{N}{8}$ 。

3) 对每一个分块进行 DCT 变换, 有 $DBZ'_{m,n} = DCT(BZ_{m,n})$ 。

4) 计算嵌入水印信息后的分块数据 $DBZ'_{m,n}$, 根据水印分块 $BW'_{m,n}$ 和载体分块 $DBZ'_{m,n}$ 信息构造 Hash 函数来确定嵌入系数 α 及控制系数 c , 分块嵌入公式

$$DBZ'_{m,n}(S_i) = DBZ_{m,n}(S_i) \times (1 + \alpha c) \quad (1)$$

式中, S_i 指 $DBZ'_{m,n}$ 中的位置坐标, $1 \leq i \leq \frac{8 \times P}{M} \times \frac{8 \times Q}{N}$ 。

嵌入系数 α 和控制系数 c 的取值分别由根据水印及载体图像相对应位置上的信号量构造的 Hash 函数(式 2 和式 3) 决定。此时, $DBZ'_{m,n}$ 即是嵌入水印信息后的分块数据。

$$\alpha = H(x) = \begin{cases} -1, BW'_{m,n}(t_i) = 0 \\ 1, BW'_{m,n}(t_i) \neq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$c = H(x) = \begin{cases} 0.1, DBZ'_{m,n}(S_i) = 1 \\ 0.01, DBZ'_{m,n}(S_i) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

5) 对上述的每一个 $DBZ'_{m,n}$ 进行逆 DCT 变换, 有: $IDBZ_{m,n} = IDCT(DBZ'_{m,n})$ 。

6) 将各子块的 $IDBZ_{m,n}$ 合并可得到整图 Z' , 即为嵌入水印信息后的新图像。

水印提取过程是嵌入过程的逆过程。

1.2.3 算法试验结果

水印算法的好坏由其鲁棒性及不可见性决定, 使用峰值信噪比 $PSNR$ 值及归一化参数 NC 值 2 个参数来衡量^[13]。 $PSNR$ 值表示原始图像和嵌入水印后图像之间的相似程度, 是评价水印不可见性的标准。 NC 值称为归一化相关系数, 用来度量原始水印与提取出来的水印图像之间的相似程度。

本算法采用 Matlab R2009a 作为仿真环境, 水印为 64×64 的二值图像, 载体图像则是 256×256 的二维码产品标签, 取多组不同图像进行试验仿真。 随机取 1 次试验结果如图 3 所示。



图 3 水印嵌入与提取结果

Fig.3 Result of the watermark embedded and extracted

使用识读设备对嵌入水印后的二维码图像进行读取, 其内容与嵌入前的内容保持一致, 且识读速度与原始图像无异, 说明水印的嵌入不影响二维码图像信息的识读及内容, 从嵌入水印的图像中提取的水印图像与原水印相比, 虽有个别噪声点, 但仍清晰可见, 不影响水印信息的鉴别。

对该组试验数据进行运算后, 得 $PSNR = 27.7815$, $NC = 0.9572$ 。当 $PSNR$ 值大于 30 时, 肉眼便很难察觉到 2 个相关图像之间的差异, 因此水印的不可见性也就越好; NC 值越是接近于 1, 表明所检测提取出的水印图像效果越好。因此, 该结果表明, 算法具备较好的不可见性及鲁棒性。

2 黄茶追溯系统设计

基于数字水印-二维码标签的黄茶追溯系统是以二维码为数据传递载体、数字水印为防伪信息载体, 结合网络通讯、信息系统及数据库应用等技术构建的综合化产品信息追踪平台, 通过记录黄茶从种植、制作到销售及溯源的整个产业链信息来实现对产品的全程跟踪与溯源。

系统采用 B/S(browser/server, 浏览器/服务器) 体系结构, 使用 Java 开发语言+Oracle 数据库服务器+Tomcat Web 服务器实现。系统分为数据采集层、平台应用层和用户访问层, 各应用层之间通过阶段性或最终的产品二维码标签实现信息传递, 完成对黄茶信息的采集、管理和决策共享, 供种植园、加工工厂、经销商、政府监管部门及消费者进行黄茶产品追踪、质量监督和产品溯源查询。系统总体架构设计如图 4 所示。

1) 数据采集层。通过各类传感器及识读设备采集黄茶各生产流通过程所产生的数据信息, 包括空气、土壤温湿度、茶事活动信息、加工工序、流通销售及溯源查询统计信息等。从种植园到加工厂阶段通过含种植采摘信息的临时二维码进行传递, 茶叶出厂包装上的数字水印-二维码永久标签则为之后各流通阶段的信息查询收集提供保证。

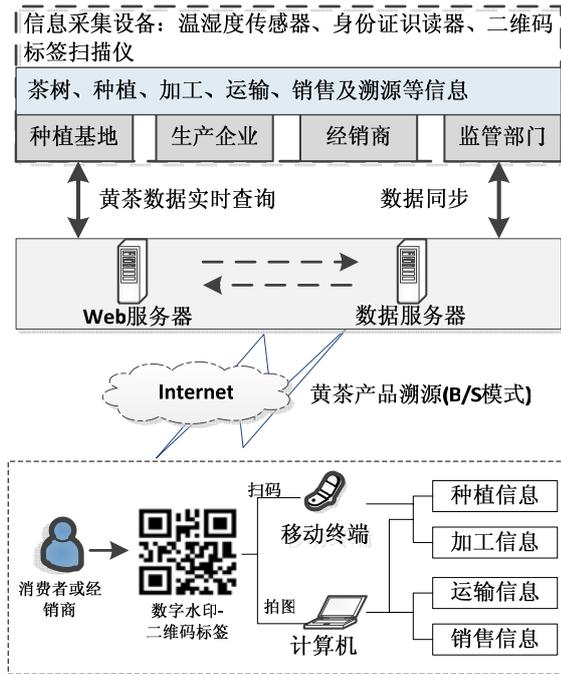


图4 黄茶追溯系统架构

Fig.4 Architecture of the tracing system for yellow tea

2) 平台应用层。黄茶追溯系统中的种植园、加工厂及销售溯源子系统能够分别满足茶叶种植园、加工厂、经销商和消费者的多重需求。加工子系统 中的数字水印-二维码标签生成模块, 根据当前茶 叶信息流生成嵌入防伪水印的标签, 作为下一步流 通的信息载体; 在销售溯源子系统中, 通过相关软 硬件手段识读二维码标签, 完成对产品的运输销售 追踪和标签解密防伪查询。该应用层中的数字水印 -二维码标签嵌入生成及密文水印提取鉴定模块, 是整个追溯系统的核心技术。

3) 用户访问层。提供移动终端 APP 和计算机 终端黄茶产品标签查询接口。移动终端使用普通扫 码软件可查询产品生产信息, 而真伪信息则需要使 用系统配套 APP 提取标签中的水印进行比对鉴定。 在计算机查询接口端, 只需将标签拍照上传到系统 查询页面, 便能返回包含该产品真伪及生产信息的 详情。

3 结语

运用 Arnold 置乱及 Hash 函数与 DCT 结合改进

后的数字水印-二维码嵌入算法, 结合二维码图像 二值性特点, 实现对水印信息的嵌入, 可保证嵌入 后图像的鲁棒性和不可见性。以嵌入数字水印的二 维码图像作为追溯标签, 在溯源标志技术上结合数 字水印的隐藏性与 QR 码快速读取特性, 弥补二维 码作为单独溯源载体在防伪方面的不足, 保证在鉴 别产品真伪的同时实现快速溯源。

参考文献:

- [1] 白红武, 孙传恒, 丁维荣, 等. 农产品溯源系统研究 进展[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4): 1-4.
- [2] 付骁, 傅泽田, 张领先. 基于 Web 的蔬菜质量安全可 追溯系统[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(1): 85-87.
- [3] 朱燕妮, 雷坚, 龙陈锋. 基于双向追溯模式的黑茶防 伪溯源系统的构建[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学 版, 2014, 40(5): 552-555.
- [4] 栾汝朋, 张峻峰, 于峰, 等. 白茶质量安全可追溯网 络管理系统的实现[J]. 中国农学通报, 2011, 27(20): 137-140.
- [5] 詹英, 陆德彪, 商建农. 基于地理标志(GI)的龙井茶资 源信息整合研究[J]. 中国茶叶, 2012 (10): 5-7.
- [6] 周智修, 段文华, 吴海燕, 等. 我国名优茶发展现状 与趋势[J]. 茶叶科学, 2013, 33(2): 171-178.
- [7] 尹浩, 林闯, 邱锋, 等. 数字水印技术综述[J]. 计算 机研究与发展, 2005, 42(7): 1093-1099.
- [8] 刘佳. 基于二维码的农产品质量安全可追溯系统构建 [J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2014, 45(5): 724-729.
- [9] 张春森, 范金健, 胡平波. 小波变换和 Arnold 变换的 数字水印技术[J]. 西安科技大学学报, 2012, 32(1): 95-100.
- [10] 肖俊, 王颖. 基于多级离散余弦变换的鲁棒数字水印 算法[J]. 计算机学报, 2009, 32(5): 1055-1061.
- [11] 李明建, 赖惠成. 基于编码和二维条形码的数字水印 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(2): 67-69.
- [12] 陈峥, 姚宇红, 王晓京. 一种基于二维图形的数字 水印技术[J]. 计算机应用, 2006, 26(8): 1998-2000.
- [13] 胡青, 龙冬阳, 卢伟. 一种利用小波系数幅值关系的 鲁棒水印算法[J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(4): 772-776.

责任编辑: 罗慧敏
英文编辑: 吴志立