



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105469383 A

(43) 申请公布日 2016.04.06

(21) 申请号 201410853481.0

(22) 申请日 2014.12.30

(71) 申请人 北京大学深圳研究生院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学
城北大园区

(72) 发明人 邹月嫻 陈锦

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006.01)

A61B 1/00(2006.01)

A61B 5/07(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像
筛除方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法。所述方法首先通过HSV颜色特征直方图与灰度共生矩阵提取出图像的颜色特征向量与纹理特征向量；其次，分别计算相邻图像的颜色特征归一化互信息量与纹理特征均方误差值作为相似性度量；然后，考虑到方法的鲁棒性，提出了基于W参数的均值法设定自适应相似性判断阈值；于是，通过依次对比相邻WCE图像的相似性测度值与判断阈值，可将具有一定时间相关性且颜色一纹理特征相似的WCE图像划分到相同的子图像片段中；最后，采用自适应K均值聚类算法对各子图像片段进行关键帧提取，从而达到筛除冗余图像的目的。该方法能够有效地筛除冗余图像，从而提高医生的工作效率。

1. 一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法,包括以下步骤:

a) 采用批处理的方式对无线胶囊内窥镜 (Wireless Capsule Endoscopy, WCE) 病例图像集进行处理,每批处理 500 张 WCE 图像;

b) 采用 HSV 颜色特征直方图与灰度共生矩阵 (Gray level co-occurrence matrix, GLCM) 分别对每一张 WCE 图像提取其颜色特征向量与纹理特征向量;

c) 对由 b) 步骤提取出的每张 WCE 图像的颜色特征向量与纹理特征向量,通过计算其相邻 WCE 图像的颜色特征归一化互信息量和纹理特征均方误差分别作为颜色特征相似性测度与纹理特征相似性测度;

d) 考虑到不同批次的 WCE 图像集具有不同的动态信息变化,为了获得方法的鲁棒性,提出了基于 W 参数的均值法设定自适应相似性判断阈值;

e) 经上述步骤,通过比较相邻图像的相似性测度与相似性判断阈值,可将具有一定时间相关性与颜色—纹理特征相似性的 WCE 图像划分到同一个子图像片段中;

f) 考虑到某些子图像片段中的 WCE 图像具有渐变性的特点,对各子图像片段采用自适应 K 均值聚类算法进行关键帧提取,从而将其余 WCE 图像作为冗余帧进行筛除。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法,其特征在于,所述步骤 b) 中,考虑到 WCE 图像集的冗余性主要体现为 WCE 图像之间的颜色特征相似性与纹理特征相似性,并且医生主要也是通过 WCE 图像的颜色信息与纹理信息对 WCE 图片进行浏览分析和诊断;同时,HSV 颜色特征直方图模型能够描述图像不同颜色的分布信息,以及 GLCM 可用以提取出反映图像纹理沟纹清晰度、纹理方向性、纹理粗细以及灰度均衡性的特征值,故该方法同时采用 HSV 颜色特征直方图模型与灰度共生矩阵分别对每张 WCE 图像进行颜色特征向量与纹理特征向量提取。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法,其特征在于,针对均值法存在容易受极端数据影响的问题,设计了一种基于 W 参数的均值法来设定自适应相似性判断阈值,所述步骤 d) 的具体过程为:

1) 从原 WCE 图像集 F_0 中,每隔 W 张图像抽取一张 WCE 图像组成一个新的 WCE 图像集 F_{new} ,表示为:

$$F_{new} = \{f_1, f_{1+W}, \dots, f_n, f_{n+W}, \dots\}$$

2) 计算 F_{new} 图像集中相邻 WCE 图像之间的颜色特征归一化互信息量和纹理特征均方误差,表示为:

$$NMI_{new} = [NMI_{new}(f_1, f_{1+W}), \dots, NMI_{new}(f_n, f_{n+W}), \dots]$$

$$MSE_{new} = [MSE_{new}(f_1, f_{1+W}), \dots, MSE_{new}(f_n, f_{n+W}), \dots]$$

3) 分别计算颜色特征相似性判断阈值 $Threshold_{color}$ 与纹理特征相似性判断阈值 $Threshold_{texture}$,公式如下:

$$Threshold_{color} = \overline{NMI_{new}} = \frac{1}{K} \times \sum_{k=0}^{K-1} NMI_{new}[k]$$

$$Threshold_{texture} = \overline{MSE_{new}} = \frac{1}{K} \times \sum_{k=0}^{K-1} MSE_{new}[k]$$

4) 由上述步骤可知, W 参数决定了自适应阈值设定的合理性。经大量实验测试, W 取 1-4 之间能够保证较好的筛选质量。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法, 其特征在於, 根据 WCE 图像的产生原理, WCE 图像集中的冗余图像不仅存在着颜色—纹理特征的相似性, 而且具有一定的时间相关性。若两张 WCE 图像的拍摄时间间隔较长, 则其二者的时间相关性较弱, 即使它们在颜色特征与纹理特征具有相似性, 但实际反映的是人体消化道两个不同位置的信息, 应被判断为两张非相似的 WCE 图像, 故所述步骤 e) 可以通过依次比较相邻 WCE 图像的颜色特征与纹理特征相似性测度值与所设定的自适应阈值, 以不相似的 WCE 图像作为分割点将 WCE 图像集分割成不同的子图像片段, 从而使得在同一子图像片段中的 WCE 图像不仅具有一定的颜色—纹理特征相似性, 而且具有时间上的相关性。

基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法,属于医学图像处理技术领域。

背景技术

[0002] 无线胶囊内窥镜 (Wireless Capsule Endoscopy, WCE) 是由无线传输模块与微型摄像机构成,用以无创检查人体肠胃器官的胶囊状医疗仪器。在胃肠道疾病检测过程中, WCE 依靠胃肠道蠕动对人体消化道内壁进行拍摄,并通过胶囊中的无线发射装置将图片传输至患者随身携带的无线接收器中,最终由医生从无线接收器中下载图片进行浏览诊断。由于胶囊内部的微型摄像机是以每秒 2—3 帧的拍摄速度得到 480×480 像素的彩色图片,而无线胶囊内窥镜的工作时间可维持 6—8 小时,故单次检查将会产生 3 万—8 万张 WCE 图片,从而使医生诊断所需时间过长,可能造成医生眼睛疲劳而产生漏诊率高、工作强度大等问题。

[0003] 经临床应用表明, WCE 图像集中存在大量连续的图像具有较高的相似性。其主要原因是: WCE 在消化道内拍摄过程中,在某些时刻其前进的速度比较缓慢,从而造成邻近图像之间无较大差异,产生了相似度高的冗余图片。

[0004] 因此,采用先进的信息处理技术实现 WCE 图像集进行冗余帧筛除具有实际应用价值。文献 (Q. Zhao, M. Q. H. Meng, and B. P. Li, "WCE video clips segmentation based on abnormality," in *Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 2010 IEEE International Conference on, pp. 442–447, 2010.) 融合了基于 WCE 图像多特征融合以及非参数检测算法进行关键帧提取的方法,实验结果表明该方法能够有效地检测出具有突变特征的 WCE 图像作为关键帧图像进行提取;文献 (Y. Chen, Y. H. Lan, and H. Z. Ren, "Trimming the Wireless Capsule Endoscopic Video by Removing Redundant Frames," in *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM)*, 2012 8th International Conference on, pp. 1–4, 2012.) 在研究 WCE 冗余帧消除方面采用了高斯-拉盖尔变换 (Gauss Laguerre Transform, GLT) 筛除具有气泡特征的无信息价值 WCE 图片,同时采用了 Canny 算子提取图像纹理的边缘特征,并通过对比相邻图像的边缘特征与设定的固定阈值,来决策二者是否为相似图像,该算法能够较好地筛除部分气泡图片与相似性图片,其平均压缩率大约为 70%。文献 (Y. Q. Sun, Q. W. Lv, Z. X. Liu, and S. D. Liu, "Unsupervised redundant image deletion for wireless capsule endoscopy examination," *Application Research of Computers*, vol. 29, pp. 2393–6, 2400, 2012.) 通过对 WCE 图像的 HSV 色彩空间进行量化降维提取颜色特征,然后计算相邻图像的归一化互信息量与归一化互相关系数表示相邻图像的相似性,最后根据由用户决定的筛除比例进行迭代筛除冗余帧,实验结果表明在按照 70% 的筛除比例情况下,可以得到 100% 的病灶图片保留率和较低的图像误删率。文献 (J. S. Huo, Y. X. Zou, and L. Li, "An advanced WCE video summary using relation matrix rank," in *Biomedical and Health*

Informatics(BHI), 2012IEEE-EMBS International Conference on, pp. 675-678, 2012.) 一方面在 HSV 颜色空间提取 WCE 图像的颜色特征, 另一方面通过水平和垂直 Sobel 算子提取 WCE 图像纹理特征, 并将二者结合基于 relation matrix rank 进行关键帧提取, 该文通过实验表明在此方法的基础上将阈值设定为 5 能够保证有较好的筛除质量, 并对 10 组 1000 张 WCE 图像片进行冗余图像筛除, 其平均压缩率为 84.65%, 平均保真度为 95%。

[0005] 但是, 上述方法存在着一些未考虑到的问题:

[0006] 1) WCE 图像之间具有时间相关性, 若两张 WCE 图像的拍摄时间间隔较长, 则其二者的时间相关性较弱, 即使它们在颜色特征与纹理特征具有相似性, 但实际反映的是人体消化道两个不同位置的信息, 应被判断为两张非相似的 WCE 图像;

[0007] 2) 对于某些连续的 WCE 图像存在渐变性的特点, 相邻 WCE 图像之间进行比较为相似图片, 但是将第一张 WCE 图片与最后一张 WCE 图片比较, 明显发现有不同之处, 故直接以其中的第一张 WCE 图片或者最后一张 WCE 图片作为关键帧提取的方法将会导致丢失部分重要信息;

[0008] 3) 冗余帧筛除方法的鲁棒性, 由于不同的 WCE 图像集具有不同的动态信息变化, 若采用固定阈值的方法判断两张 WCE 图像之间的相似性, 将会导致方法缺乏自适应性, 使得筛除效果的鲁棒性较差。

发明内容

[0009] 针对上述背景技术中所提到的目前有关 WCE 冗余帧筛除方法的不足之处, 本发明提出了一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法, 从而降低医生的工作量, 提高工作效率。该方法包括如下步骤:

[0010] a) 采用批处理的方式对无线胶囊内窥镜 (Wireless Capsule Endoscopy, WCE) 病例图像集进行处理, 每批处理 500 张 WCE 图像;

[0011] b) 同时采用 HSV 颜色特征直方图与灰度共生矩阵 (Gray level co-occurrence matrix, GLCM) 分别对每一张 WCE 图像提取其颜色特征向量与纹理特征向量;

[0012] c) 对由 b) 步骤提取出每张 WCE 图像的颜色特征向量与纹理特征向量, 通过计算相邻 WCE 图像的颜色特征归一化互信息量和纹理特征均方误差分别作为颜色特征相似性测度与纹理特征相似性测度;

[0013] d) 考虑到不同批次的 WCE 图像集具有不同的动态信息变化, 为了方法的鲁棒性, 提出了基于 W 参数的均值法设定自适应相似性判断阈值;

[0014] e) 经上述步骤, 通过比较相邻图像的相似性测度与相似性判断阈值, 可将具有一定时间相关性与颜色-纹理特征相似性的 WCE 图像划分到同一个子图像片段中;

[0015] f) 考虑到某些子图像片段中的 WCE 图像具有渐变性的特点, 可对各子图像片段采用自适应 K 均值聚类算法进行关键帧提取, 从而将其余 WCE 图像作为冗余帧进行筛除。

[0016] 本发明的有益效果在于: 本发明所述的方法不仅具有较好的鲁棒性, 而且能够有效地筛除 WCE 图像集中的冗余图像。经实验测试表明, 对该方法的筛除效果进行评测的三个指标—Recall、Precision 和 Compression 均可达到 80% 左右, 意味着利用该方法的冗余帧筛除的结果不仅与人工筛除的结果具有一定的一致性, 而且可以将医生分析浏览 WCE 图片的时间由 6—8 小时压缩至 1—1.5 小时, 从而提高了医生的工作效率。

附图说明

- [0017] 图 1. 相邻 WCE 图像颜色特征相似性测度 (左) 和纹理特征相似性测度 (右)
- [0018] 图 2. 具有渐变特征的连续 WCE 图像帧
- [0019] 图 3. 在不同 W 值情况下算法性能评价
- [0020] 图 4. 设定 $W = 3$ 时, 以 Recall 和 Precision 指标评价算法性能
- [0021] 图 5 设定 $W = 3$ 时, 以 Compression 指标评价算法性能

具体实施方式

[0022] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细描述。

[0023] 1. 颜色特征向量的提取

[0024] 考虑到 HSV 颜色空间模型更符合人对色彩信息的视觉判断, 本发明所述方法将对每一张 WCE 图像提取 HSV 颜色特征直方图来描述 WCE 图像颜色特征。HSV 颜色特征直方图描述的是不同颜色在整幅图像所占的比例, 而没有反应各颜色的空间位置关系, 所以对于具有旋转特征的两张 WCE 图像, 可以较准确地判断该两张 WCE 图像为相似图像。

[0025] 首先需要将 480×480 大小的 WCE 图像由 RGB 空间转换到 HSV 空间, 于是可以得到:

$$[0026] \quad h, s, v \in R^{480 \times 480}, \quad \forall h_{x,y} \in [0, 360], \forall s_{x,y} \in [0, 1], \forall v_{x,y} \in [0, 1] \quad (1)$$

[0027] 由于人眼对颜色的分辨具有一定的局限性, 并且为了减少计算的复杂性, 本文所述方法对 h, s 和 v 进行了量化, 其量化的方法如下:

$$[0028] \quad H, S, V \in R^{480 \times 480}, \quad \forall H_{x,y} \in [0, 15], \forall S_{x,y} \in [0, 3], \forall V_{x,y} \in [0, 3] \quad (2)$$

[0029]

$$H_{x,y} = \begin{cases} 0, \text{If } h_{x,y} = 360; & 8, \text{If } h_{x,y} \in (50, 60]; \\ 1, \text{If } h_{x,y} \in (340, 360); & 9, \text{If } h_{x,y} \in (60, 80]; \\ 2, \text{If } h_{x,y} \in (320, 340]; & 10, \text{If } h_{x,y} \in (80, 100]; \\ 3, \text{If } h_{x,y} \in (0, 10]; & 11, \text{If } h_{x,y} \in (100, 120]; \\ 4, \text{If } h_{x,y} \in (10, 20]; & 12, \text{If } h_{x,y} \in (120, 160]; \\ 5, \text{If } h_{x,y} \in (20, 30]; & 13, \text{If } h_{x,y} \in (160, 200]; \\ 6, \text{If } h_{x,y} \in (30, 40]; & 14, \text{If } h_{x,y} \in (240, 280]; \\ 7, \text{If } h_{x,y} \in (40, 50]; & 15, \text{If } h_{x,y} \in (280, 320]; \end{cases} \quad S_{x,y}, V_{x,y} = \begin{cases} 0, \text{If } s_{x,y}, v_{x,y} \in [0.00, 0.25] \\ 1, \text{If } s_{x,y}, v_{x,y} \in [0.25, 0.50] \\ 2, \text{If } s_{x,y}, v_{x,y} \in [0.50, 0.75] \\ 3, \text{If } s_{x,y}, v_{x,y} \in [0.75, 1.00] \end{cases} \quad (3)$$

[0030] 其中 (x, y) 为像素的索引。为了得到 WCE 图像的颜色特征直方图, 需要将 H, S 和 V 融合为一个矩阵 L :

$$[0031] \quad L = Q_S \times Q_V \times H + Q_V \times S + V \quad (4) \quad \text{其中 } Q_S = 4, Q_V = 4 \text{ 分别表示 } S \text{ 和 } V \text{ 的量化级数, 则 } L \in R^{480 \times 480}, \forall L_{x,y} \in [0, 255]。 \text{ 因此每张 WCE 图像的颜色特征向量的计算如下:}$$

$$[0032] \quad C_{f_n} = [P_{f_n}(0), P_{f_n}(1), \dots, P_{f_n}(255)] \quad (5) \quad \text{其中}$$

$P_{f_n}(i) (i=0, 1, \dots, 255)$ 表示在矩阵 L 中像素值为 i 的概率。

[0033] 2. 纹理特征向量的提取

[0034] 灰度共生矩阵 (Gray level co-occurrence matrix, GLCM) 是一种成熟有效地提取图像纹理特征的方法。对于每张 WCE 图像, 本文所述方法需要首先将其从 RGB 空间转换为灰度空间, 并进行 16 级均匀量化; 然后根据灰度共生矩阵的计算方法, 分别计算 4 个方向 ($\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$) 上的灰度共生矩阵, 公式如下:

$$[0035] \quad P(i, j, d, \theta) = \# \left\{ \begin{array}{l} (m, n), (m', n') \in (M \times N) \mid \text{Gray}(m, n) = i, \\ \text{Gray}(m', n') = j, \mid (m, n) - (m', n') \mid = d, \\ \angle((m, n), (m', n')) = \theta \end{array} \right\} / \text{SUM}_{d, \theta} \quad (6)$$

[0036] 其中 i 和 j 表示灰度级数; d 表示两个像素之间的距离, 设为 1; θ 表示两个像素之间的方向。

[0037] 对于每个方向的灰度共生矩阵, 提取出 4 个纹理特征值:

$$[0038] \quad \text{Contrast}_{d, \theta} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} (i-j)^2 \times P(i, j, d, \theta) \quad (7)$$

$$[0039] \quad \text{Correlation}_{d, \theta} = \left(\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} i \times j \times P(i, j, d, \theta) - \mu_x \times \mu_y \right) / (\sigma_x \times \sigma_y) \quad (8)$$

$$[0040] \quad \text{Energy}_{d, \theta} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P(i, j, d, \theta)^2 \quad (9)$$

$$[0041] \quad \text{Homogeneity}_{d, \theta} = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P(i, j, d, \theta) / (1 + (i-j)^2) \quad (10)$$

[0042] 其中 L 为灰度级数 16。于是每张 WCE 图像的纹理特征向量可表示如下:

$$[0043] \quad \mathbf{T}_{f_n} = [\text{Contrast}_{d, \theta}, \text{Correlation}_{d, \theta}, \text{Energy}_{d, \theta}, \text{Homogeneity}_{d, \theta}] \quad (11)$$

[0044] 其中 $\theta = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 。

[0045] 3. 颜色特征相似性测度

[0046] 基于信息论的理论基础, 考虑到 WCE 图像的颜色特征向量 $\mathbf{C}_{f_n}$ 具有概率分布的特性, 本发明所述方法采用归一化互信息量作为相邻 WCE 图像之间颜色特征的相似性测度, 记为 $\text{NMI}(f_n, f_{n+1})$, 公式如下:

$$[0047] \quad \text{NMI}(f_n, f_{n+1}) = (2 \times \text{MI}(f_n, f_{n+1})) / (H(f_n) + H(f_{n+1})) \quad (12)$$

[0048] $\text{MI}(f_n, f_{n+1}) = H(f_n) + H(f_{n+1}) - H(f_n, f_{n+1})$ (13) 其中, $H(f_n)$ 为 $\mathbf{C}_{f_n}$ 的熵; $H(f_n, f_{n+1})$ 表示联合熵; $\text{MI}(f_n, f_{n+1})$ 为 $\mathbf{C}_{f_n}$ 和 $\mathbf{C}_{f_{n+1}}$ 的互信息量。

[0049] 4. 纹理特征相似性测度

[0050] 对于相邻 WCE 图像之间纹理特征的相似性测度, 本发明所述方法采用均方误差进行计算, 记为 $\text{MSE}(f_n, f_{n+1})$, 公式如下:

$$[0051] \quad \text{MSE}(f_n, f_{n+1}) = 0.25 \sum_{k=0}^3 (\mathbf{T}_{f_n}[k] - \mathbf{T}_{f_{n+1}}[k])^2 \quad (14)$$

[0052] 5. 自适应阈值的设定方法

[0053] 本发明所述方法将通过设定自适应阈值, 提高方法的普适性与鲁棒性。由于在 WCE 图像集中存在大量相同的 WCE 图像, 而作为极端数据, 使得直接采用均值法设定的自适应

阈值具有一定的不合理性,故本发明所述方法提出了一种基于 W 参数的均值法设定自适应相似性判断阈值。

[0054] 首先,从原 WCE 图像集 F_0 中,每隔 W 张图像抽取一张 WCE 图像组成一个新的 WCE 图像集 F_{new} ,表示为:

$$[0055] \quad F_{new} = \{f_1, f_{1+w}, \dots, f_n, f_{n+w}, \dots\} \quad (15)$$

[0056] 新的 WCE 图像集 F_{new} 不仅能够反映原图像集 F_0 中的 WCE 图像动态变化特征,而且一定程度上减少了极端数据。

[0057] 然后,计算 F_{new} 图像集中相邻 WCE 图像之间的颜色特征归一化互信息量和纹理特征均方误差,表示为:

$$[0058] \quad NMI_{new} = [NMI_{new}(f_1, f_{1+w}), \dots, NMI_{new}(f_n, f_{n+w}), \dots] \quad (16)$$

$$[0059] \quad MSE_{new} = [MSE_{new}(f_1, f_{1+w}), \dots, MSE_{new}(f_n, f_{n+w}), \dots] \quad (17)$$

[0060] 最后,分别计算颜色特征相似性判断阈值 $Threshold_{color}$ 与纹理特征相似性判断阈值 $Threshold_{texture}$,公式如下:

$$[0061] \quad Threshold_{color} = \overline{NMI_{new}} = \frac{1}{K} \times \sum_{k=0}^{K-1} NMI_{new}[k] \quad (18)$$

$$[0062] \quad Threshold_{texture} = \overline{MSE_{new}} = \frac{1}{K} \times \sum_{k=0}^{K-1} MSE_{new}[k] \quad (19)$$

[0063] 由上述步骤可知, W 参数决定了自适应阈值设定的合理性。经大量实验测试, W 取 1-4 之间能够保证较好的筛选质量。

[0064] 6. WCE 图像集分割准则

[0065] 通过依次比较相邻 WCE 图像的相似测度 $NMI(f_n, f_{n+1})$ 和 $MSE(f_n, f_{n+1})$,以及相似性判断阈值 $Threshold_{color}$ 和 $Threshold_{texture}$, WCE 图像集将以不相似的 WCE 图像作为分界点被分割成各子图像片段,其分割准则如下:

[0066] 如果 $NMI(f_n, f_{n+1}) \geq Threshold_{color}$ & $MSE(f_n, f_{n+1}) \leq Threshold_{texture}$,则此两张相邻的 WCE 图像 f_n 和 f_{n+1} 被分入当前同一个子图像片段;否则, f_n 将被放入前一个子图像片段中,而 f_{n+1} 被放入新的子图像片段中。

[0067] 7. 基于自适应 K 均值聚类算法进行关键帧提取

[0068] 本发明所述方法采用了一种自适应的 K 均值聚类算法对各个 WCE 子图像片段进关键帧提取,而将其余 WCE 图像作为冗余图像剔除,其具体步骤如下:

[0069] Step1: 导入某 WCE 子图像片段: $\{f_1, f_2, \dots, f_N\}$

[0070] Step2: 初始化: 类别数 $K = 1$; $f_1 \rightarrow Class_1$; $f_1 \rightarrow Center_{Class1}$;

[0071] Step3: 为分类设定一个自适应阈值:

$$[0072] \quad Threshold_{key} = \left[\sum_{n=2}^N Dis(f_1, f_n) \right] / (N-1) + c \quad (20)$$

[0073] 其中 $Dis(f_1, f_n)$ 表示图像 f_1 and f_n 之间的欧氏距离; $c = 0.1$ 为了避免 $Threshold_{key}$ 为 0。

[0074] Step4: Calculate:

$$[0075] \quad Dis(f_i, Center_{Class_i}) = \min_{n=1,2,\dots,K} (Dis(f_i, Center_{Class_n})) \quad (21)$$

[0076] Classification rules:

[0077] If $\text{Dis}(f_i, \text{Center}_{\text{Class}_i}) \geq \text{Threshold}_{\text{Key}} \Rightarrow \begin{cases} K = K + 1 \\ f_i \rightarrow \text{Class}_K \\ f_i \rightarrow \text{Center}_{\text{Class}_K} \end{cases} ;$

[0078] Else $\Rightarrow \begin{cases} f_i \rightarrow \text{Class}_i \\ \text{update } \text{Center}_{\text{Class}_i} \end{cases} ; \text{Center}_{\text{Class}_i} = \frac{1}{M} \times \sum_{m=1}^M \text{Feature}_{f_m} \quad (22)$

[0079] 其中 M 为了类别 Class_i 中 WCE 图像的数量； Feature_{f_m} 表示图像 f_m 的特征向量；如果 f_i 不是该子图像片的最后一张图像，则将 f_{i+1} 重返 Step 3.

[0080] Step5: 经上述步骤，在划分的各类中提取关键帧，而将其余 WCE 图像帧作为冗余帧剔除，方法如下：

[0081]
$$\text{Dis}(\text{Center}_{\text{Class}_k}, f_i) = \text{Min}_{j=1,2,\dots,M} (\text{Dis}(\text{Center}_{\text{Class}_k}, f_j)) \quad (23)$$

$$\Rightarrow f_i \rightarrow \text{KeyFrame}_{\text{Class}_k}$$

[0082] 以上所述为本发明较佳的实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何在本发明提出的技术范围内作出其他多种形式的修改、替换和变更，都应涵盖在本发明的保护范围内。因此本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

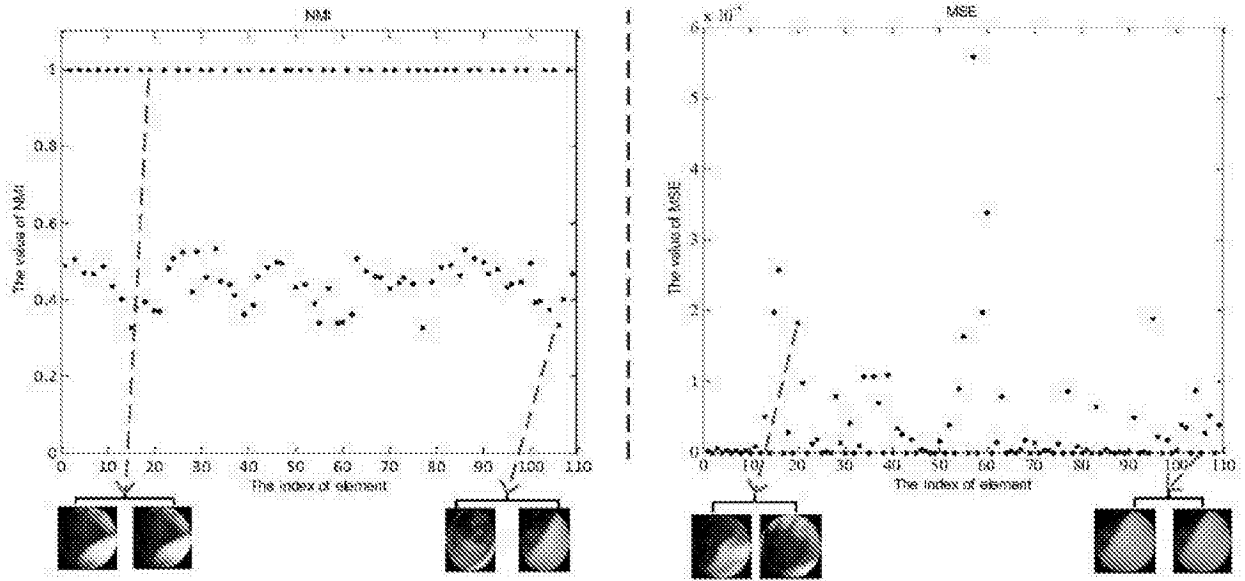


图 1

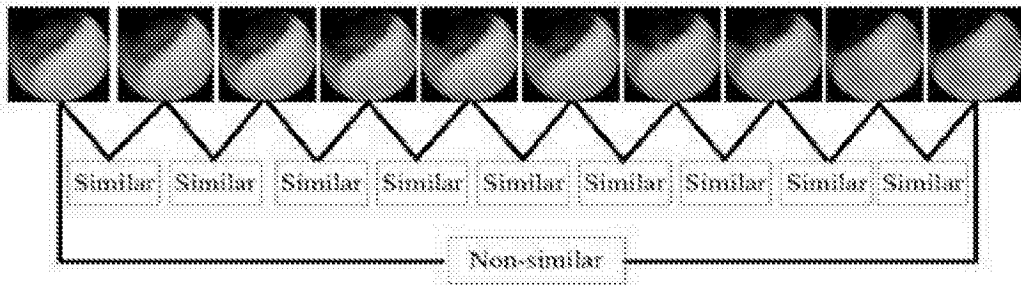


图 2

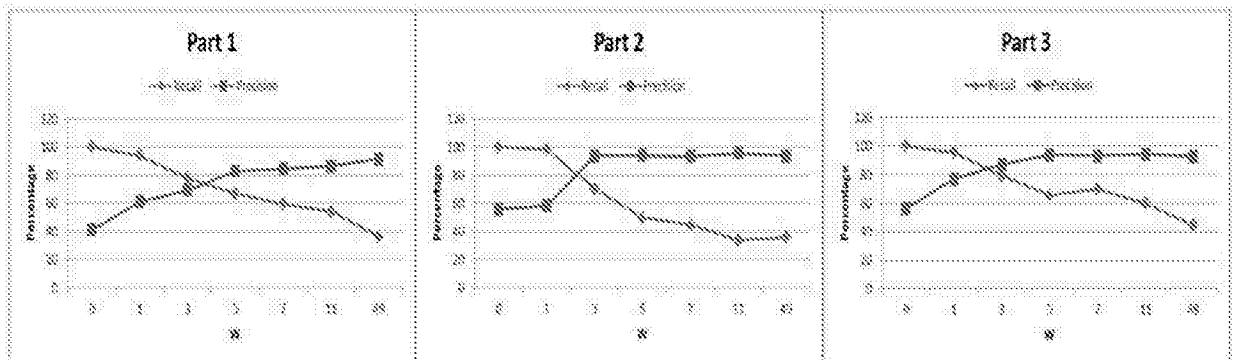


图 3

Groups	Recall	Precision
Group 1	77.67%	69.57%
Group 2	89.74%	90.51%
Group 3	72.50%	98.64%
Group 4	95.24%	68.38%
Group 5	79.14%	87.30%
Mean	82.86%	82.88%

图 4

Videos	Total	Redundant	Compression
Video 1	30267	23163	76.53%
Video 2	36949	30407	82.29%
Video 3	35536	29178	82.11%
Mean			80.31%

图 5

专利名称(译)	基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法		
公开(公告)号	CN105469383A	公开(公告)日	2016-04-06
申请号	CN201410853481.0	申请日	2014-12-30
[标]申请(专利权)人(译)	北京大学深圳研究生院		
申请(专利权)人(译)	北京大学深圳研究生院		
当前申请(专利权)人(译)	北京大学深圳研究生院		
[标]发明人	邹月娴 陈锦		
发明人	邹月娴 陈锦		
IPC分类号	G06T7/00 A61B1/00 A61B5/07		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种基于多特征融合的无线胶囊内窥镜冗余图像筛除方法。所述方法首先通过HSV颜色特征直方图与灰度共生矩阵提取出图像的颜色特征向量与纹理特征向量；其次，分别计算相邻图像的颜色特征归一化互信息量与纹理特征均方误差值作为相似性度量；然后，考虑到方法的鲁棒性，提出了基于W参数的均值法设定自适应相似性判断阈值；于是，通过依次对比相邻WCE图像的相似性测度值与判断阈值，可将具有一定时间相关性与颜色—纹理特征相似的WCE图像划分到相同的子图像片段中；最后，采用自适应K均值聚类算法对各子图像片段进行关键帧提取，从而达到筛除冗余图像的目的。该方法能够有效地筛除冗余图像，从而提高医生的工作效率。

Videos	Total	Redundant	Compression
Video 1	30267	23163	76.53%
Video 2	36949	30407	82.29%
Video 3	35536	29178	82.11%
Mean			80.31%