



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710064950.0

[45] 授权公告日 2009 年 1 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 100451662C

[22] 申请日 2007.3.30

[21] 申请号 200710064950.0

[73] 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市 100084 信箱 82 分箱
清华大学专利办公室

[72] 发明人 张利

[56] 参考文献

CN1492313A 2004.4.28

US20030124589A 2003.7.3

CN1289412A 2001.3.28

电子海图与雷达背景信息叠加显示关键技术研究. 王泉等. 微电子学与计算机, 第 4 期.
2002雷达 PPI 光栅扫描显示系统设计与实现.
于慧颖等. 国防科技大学学报, 第 29 卷第 1 期.
2007强噪声干扰环境中的雷达无源定位研究.
熊少华等. 现代雷达, 第 3 期. 2000

审查员 周亚沛

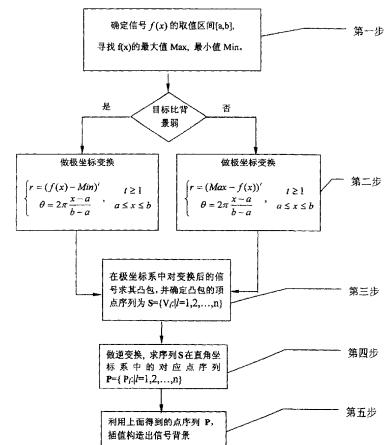
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种利用极坐标变换估测信号背景的方法

[57] 摘要

本发明属于数字信号处理领域，其特征在于通过极坐标变换，利用目标信号比背景信号强或者弱的特点进行背景估测。其方法是根据目标信号比背景信号强或者弱的特点，分别以信号的幅值为极径，信号的自变量为极角，进行极坐标变换；之后，在极坐标平面上，计算变换后信号的凸包；接着，将极坐标中所求凸包的顶点进行逆变换，在直角坐标系中就得到了信号上的一些背景点；最后，以找到得背景点为插值关键点，再利用插值方法估测出信号背景。本方法简单易行，精度较高，特别适合于目标边缘模糊且背景不均匀的情况。



1、一种利用极坐标变换估测信号背景的方法，其特征在于，所述方法是在数字信号处理器中，依次按以下步骤实现的：

步骤(1). 在笛卡尔直角坐标系中，确定信号 $f(x)$ 的取值区间 $[a, b]$, $a < b$, x 是笛卡尔直角坐标系的横轴，找到 $f(x)$ 的最大值 Max, 最小值 Min;

步骤(2). 根据目标和背景的相对强弱关系，按以下步骤对信号 $f(x)$ 极坐标变换：

步骤(2.1). 判断目标和背景的已知的相对强弱关系，对于目标比背景弱的情况，执行步骤(2.1.1)；否则，对于目标比背景强的情况，执行步骤(2.1.2)：

步骤(2.1.1)

$$\begin{cases} r = (f(x) - Min)^t, & t \text{是大于等于1的常数,通常取值为1,2,或者3} \\ \theta = 2\pi \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \end{cases}$$

步骤(2.1.2)

$$\begin{cases} r = (Max - f(x))^t, & t \text{是大于等于1的常数, 通常取值为1,2,或者3} \\ \theta = 2\pi \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \end{cases}$$

经极坐标变换后，直角坐标系下的点 $(x, f(x))$ 变为极坐标系下的点 (r, θ) ，

步骤(3). 在步骤(2)得到的极坐标系下，把变换后所有的点看作是平面上的一个点集，各点用 (r_k, θ_k) 表示， $k=1,2,\dots,m$ ，利用 Graham 扫描法求这个点集的凸包，并将凸包的顶点序列记为 $\mathbf{S}=\{V_l;l=1,2,\dots,n\}$ ， n 是凸包顶点的个数， $n \leq m$ ，

步骤(4). 把步骤(3)得到的极坐标系下的凸包的顶点序列 \mathbf{S} 反变换到笛卡尔直角坐标系下的背景点 \mathbf{P} 的序列 $\mathbf{P}=\{P_l;l=1,2,\dots,n\}$ ，反变换时，当目标弱于背景时，执行下列步骤(4.1)；当目标强于背景时，执行下列步骤(4.2)：

步骤(4.1)

$$\begin{cases} x = \frac{b-a}{2\pi}\theta + a, & 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad t \text{是大于等于1的常数,取值为1,2,或者3} \\ f(x) = r^{1/t} + \text{Min} \end{cases}$$

步骤(4.2)

$$\begin{cases} x = \frac{b-a}{2\pi}\theta + a, & 0 \leq \theta \leq 2\pi, \quad t \text{是大于等于1的常数,取值为1,2,或者3} \\ f(x) = \text{Max} - r^{1/t} \end{cases}$$

步骤(5). 根据步骤(4)得到的背景点序列 $\mathbf{P}=\{\mathbf{P}_l|l=1,2,\dots,n\}$, 利用三次 B 样条来构造信号背景

$$Q(s),$$

$$Q(s) = S \cdot M \cdot G$$

其中, $S = [s^3 \quad s^2 \quad s \quad 1]$ 是参数矩阵, 参数 s 的取值区间为 $0 \leq s \leq 1$;

$$M = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

是基础矩阵;

$G = [P_i \quad P_{i+1} \quad P_{i+2} \quad P_{i+3}]^T$, $i=1,2,\dots,n-3$, 是关键点矩阵, 由步骤(4) 得到的背景点序列 $\mathbf{P}=\{\mathbf{P}_l|l=1,2,\dots,n\}$ 构成。

一种利用极坐标变换估测信号背景的方法

技术领域

本发明属于数字信号处理领域。

背景技术

在数字信号处理中，我们得到的信号常常是目标信号叠加到背景信号上形成的混合信号。为了从混合信号中寻找到目标信号，人们可以先估测出背景信号，然后从混合信号中去除背景，最后得到目标信号。目前，常用的背景估测方法是设计信号滤波器的方法。但是，以往的估测方法考虑的多是信号的频域特性，而没有考虑目标和背景在空域中的幅值差异特性。本发明就是要根据目标和背景在空域中的幅值差异特性，对目标比背景强或目标比背景弱的两种情况进行背景估测。

发明内容

本发明的目的是要提供一种针对信号中目标比背景强或目标比背景弱的两种情况进行背景估测的方法。

此外，本发明的目的还在于提供一种极坐标变换的方法。

本发明的基本原理是：首先根据信号中目标比背景强或目标比背景弱的特点，进行极坐标变换，把直角坐标系中的信号转换到极坐标系中；接着在极坐标系中，利用求凸包的方法，求出信号在极坐标系下的凸包；然后再做逆变换，将极坐标系下的凸包顶点反变换到直角坐标系中，此时得到的映射点就可以被看作信号的背景点；最后在这些背景点基础上就可以插值估测出信号背景。

本发明特征在于，依次按以下步骤实现的：

步骤(1). 在笛卡尔直角坐标系中，确定信号 $f(x)$ 的取值区间 $[a, b]$ ， $a < b$ ， x 是笛卡尔直角坐标系的横轴，找到 $f(x)$ 的最大值 Max，最小值 Min；

步骤(2). 根据目标和背景的相对强弱关系，按以下步骤对信号 $f(x)$ 极坐标变换：

步骤(2.1). 判断目标和背景的已知的相对强弱关系, 对于目标比背景弱的情况, 执行步骤(2.1.1); 否则, 对于目标比背景强的情况, 执行步骤(2.1.2):

步骤(2.1.1)

$$\begin{cases} r = (f(x) - Min)^t, & t \text{是大于等于1的常数, 通常取值为1,2,或者3} \\ \theta = 2\pi \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \end{cases}$$

步骤(2.1.2)

$$\begin{cases} r = (Max - f(x))^t, & t \text{是大于等于1的常数, 通常取值为1,2,或者3} \\ \theta = 2\pi \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \end{cases}$$

经极坐标变换后, 直角坐标系下的点($x, f(x)$)变为极坐标系下的点(r, θ)。

步骤(3). 在步骤(2)得到的极坐标系下, 把变换后所有的点看作是平面上的一个点集, 各点用(r_k, θ_k)表示, $k=1, 2, \dots, m$, 利用 Graham 扫描法求这个点集的凸包, 并将凸包的顶点序列记为 $S=\{V_l: | l=1, 2, \dots, n\}$, n 是凸包顶点的个数, $n < m$ 。

步骤(4). 把步骤(3)得到的极坐标系下的凸包的顶点序列 S 反变换到笛卡尔直角坐标系下的背景点 P 的序列 $P=\{P_l: | l=1, 2, \dots, n\}$ 。反变换时, 当目标弱于背景时, 执行下列步骤(4.1); 当目标强于背景时, 执行下列步骤(4.2):

步骤(4.1)

$$\begin{cases} x = \frac{b-a}{2\pi} \theta + a, & 0 \leq \theta \leq 2\pi \\ f(x) = r^{1/t} + Min \end{cases}$$

步骤(4.2)

$$\begin{cases} x = \frac{b-a}{2\pi} \theta + a, & 0 \leq \theta \leq 2\pi \\ f(x) = Max - r^{1/t} \end{cases}$$

步骤(5). 根据步骤(4)得到的背景点序列 $P=\{P_l: | l=1, 2, \dots, n\}$, 利用三次 B 样条来构造信号背景 $Q(s)$,

$$Q(s) = S \cdot M \cdot G$$

其中， $S = [s^3 \ s^2 \ s \ 1]$ 是参数矩阵，参数 s 的取值区间为 $0 \leq s \leq 1$ ；

$$M = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

是基础矩阵；

$G = [P_i \ P_{i+1} \ P_{i+2} \ P_{i+3}]^T$, $i=1, 2, \dots, n-3$, 是关键点矩阵，由步骤(4) 得到的背景点序列 $P = \{P_i : i=1, 2, \dots, n\}$ 构成。

实验证明，本发明具有以下优点：(1)能快速有效地估测出信号背景，不需要针对信号进行调整参数；(2)特别适合于目标边缘模糊且背景不均匀的情况。

下面结合附图对本发明作进一步说明。

附图说明：

图1为本发明的整体流程框图；

图2是本发明给出的一个目标比背景弱的信号；

图3是本发明对图2中信号进行极坐标变换后的结果；

图4是本发明对图3求得的凸包和凸包顶点；

图5是本发明的图4中的凸包顶点经反变换后成为背景点；

图6是本发明利用图5所找到的背景点经插值后得到的背景；

具体实施方式：

图1给出了本发明的整体流程框图，主要包括：第一步，确定信号取值区间，寻找信号的最大值和最小值；第二步，根据目标和背景的强弱关系做相应的极坐标变换；第三步，在极坐标下，对变换后的信号求凸包和凸包顶点；第四步，做逆变换，将求得的凸包顶点反变换到直角坐标系中；第五步，基于反变换后的点，利用插值方法构造出信号背景。具体过程如下：

本发明的第一步是确定信号 $f(x)$ 的取值区间 $[a, b]$ ，寻找 $f(x)$ 的最大值 Max，最小值 Min。图2给出的一个目标比背景弱的信号 $f(x)$ ，图中 c 是信号背景，d 是目标。在图2中信

号 $f(x)$ 的取值区间 $[a, b]$ 是 $[0, 660]$, 信号最大值 Max 为 146, 最小值 Min 是 79。

在确定了信号的基本信息后, 就进入本发明的第二步。根据目标和背景的强弱关系对信号 $f(x)$ 做如下极坐标变换:

(1). 对于目标比背景弱的情况, 极坐标变换为:

(式 1)

$$\begin{cases} r = (f(x) - Min)^t, & t \text{是大于等于1的常数} \\ \theta = 2\pi \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \end{cases}$$

(2). 对于目标比背景强的情况, 极坐标变换为:

(式 2)

$$\begin{cases} r = (Max - f(x))^t, & t \text{是大于等于1的常数} \\ \theta = 2\pi \frac{x - a}{b - a}, & a \leq x \leq b \end{cases}$$

经上述极坐标变换后, 直角坐标系下的点 $(x, f(x))$ 变为极坐标系下的点 (r, θ) 。

在图 2 中, 因为 $a=0, b=660, Max=146, Min=79$, 且目标比背景弱, 所以极坐标变换为:

(式 3)

$$\begin{cases} r = (f(x) - 79)^t, & t \text{是大于等于1的常数} \\ \theta = 2\pi \frac{x}{660}, & 0 \leq x \leq 660 \end{cases}$$

图 3 就是本发明对图 2 中信号进行极坐标变换后的结果, 这里我们取 $t=1$ 。图 3 中的 e 对应的是图 2 中的背景 c, 而 f 对应的是图 2 中目标 d。

本发明的第三步是在极坐标系下,, 把变换后所有的点看作是平面上的一个点集, 各点用 (r_k, θ_k) 表示, $k=1,2,\dots,m$, 利用 Graham 扫描法求这个点集的凸包, 并将凸包的顶点序列记为 $S=\{V_l: l=1,2,\dots,n\}$, n 是凸包顶点的个数, $n < m$ 。图 4 中找到的实线多边形 g 就是找到的凸包, 而所有的白色实心多边形 h 就组成了凸包顶点 $S=\{V_l: l=1,2,\dots,n\}$, 在本例中 n 是 29, 也就是找到了 29 个凸包顶点。

接下去的第四步就是做逆变换, 把极坐标系下求得的凸包的顶点序列 $S=\{V_l: l=1,2,\dots,n\}$ 反

变换到直角坐标系下的 $P=\{P_l|l=1,2,\dots,n\}$, 这里的 P 就是本发明要寻找的背景点。逆变换的过程与第二步中的正变换相对应:

(1). 对于目标比背景弱的情况, 逆变换为:

(式 4)

$$\begin{cases} x = \frac{b-a}{2\pi}\theta + a, & 0 \leq \theta \leq 2\pi \\ f(x) = r^{1/t} + Min \end{cases}$$

(2). 对于目标比背景强的情况, 逆变换为:

(式 5)

$$\begin{cases} x = \frac{b-a}{2\pi}\theta + a, & 0 \leq \theta \leq 2\pi \\ f(x) = Max - r^{1/t} \end{cases}$$

在我们这里所给出的例子中, 逆变换应为:

(式 6)

$$\begin{cases} x = \frac{660}{2\pi}\theta, & 0 \leq \theta \leq 2\pi \\ f(x) = r^{1/t} + 79 \end{cases}$$

它是式 3 的逆变换。图 5 中的所有正方形标志 i 就是图 4 中 h 经反变换后得到的背景点 $P=\{P_l|l=1,2,\dots,n\}$, 这里 t 的取值和正变换中的取值一样。

本发明的最后一步, 也就是第五步, 是根据第四步求得的背景点, 再利用拉格朗日插值, 或均差与牛顿插值公式, 或差分与等距节点插值, 或埃尔米特插值, 或分段低次插值, 或样条插值等插值方法构造出信号背景 $Q(s)$ 。这里以三次 B 样条插值为例进行说明。B 样条是分段多项式, 三次 B 样条的通用公式为:

$$Q(s) = S \cdot M \cdot G$$

其中, $S = [s^3 \ s^2 \ s \ 1]$ 是参数矩阵, 参数 s 的取值区间为 $0 \leq s \leq 1$;

$$M = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 1 & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

是基础矩阵；

$G = [P_i \ P_{i+1} \ P_{i+2} \ P_{i+3}]^T$, $i=1,2,\dots,n-3$, 是关键点矩阵, 由第四步得到的背景点序列 $P=\{P_l;l=1,2,\dots,n\}$ 构成。

图 6 中的 j 就是把第四步中求得的背景点 $P=\{P_l;l=1,2,\dots,n\}$ 当作关键点, 通过三次 B 样条插值得到的信号背景。

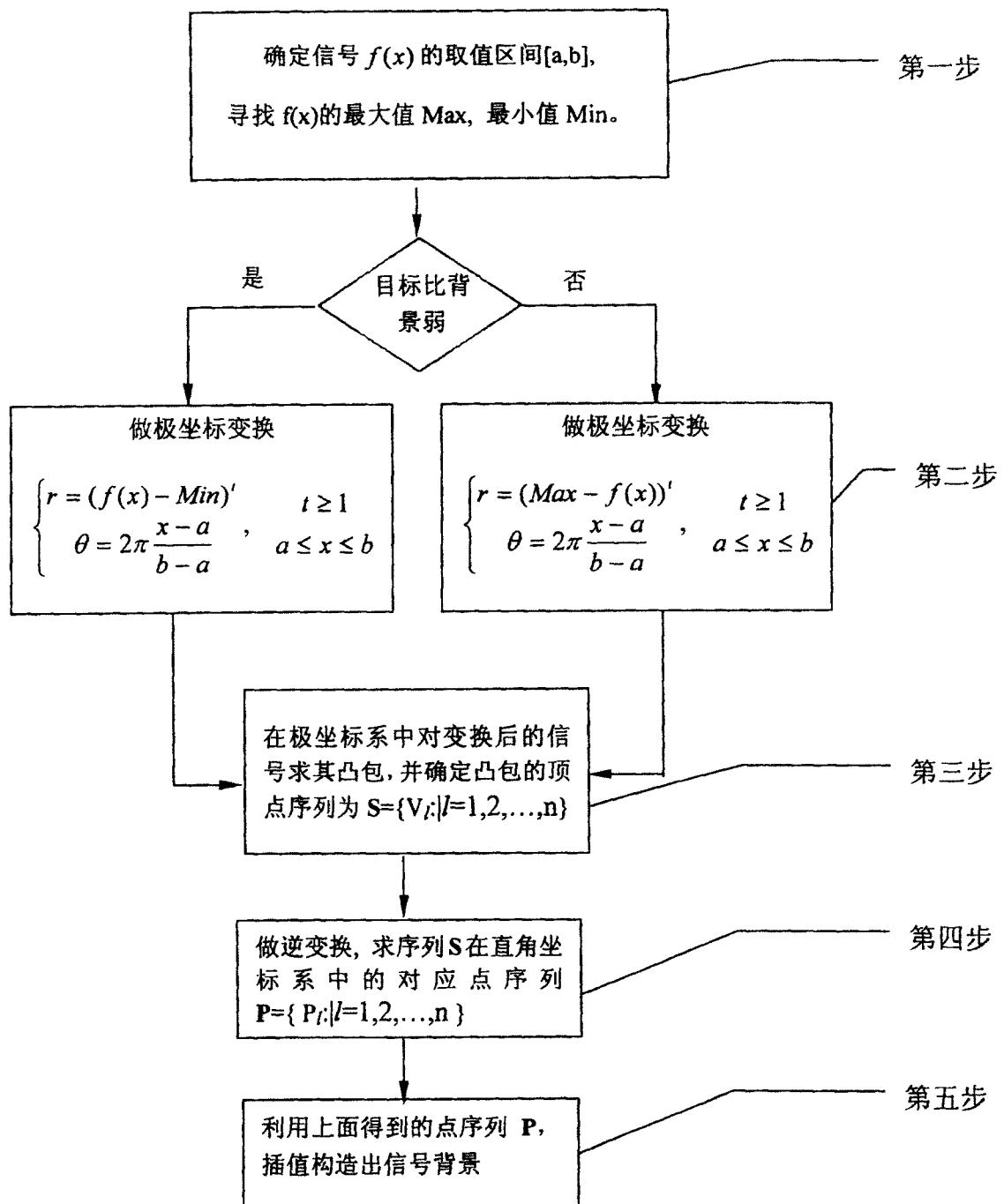


图1

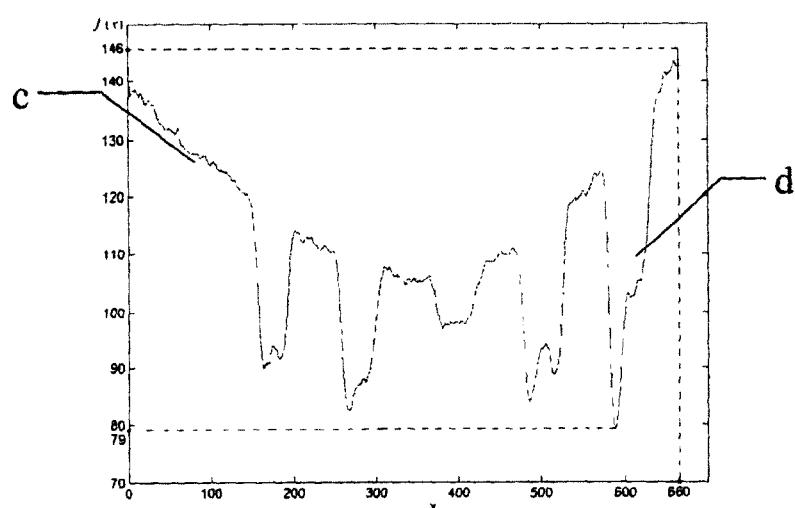


图 2

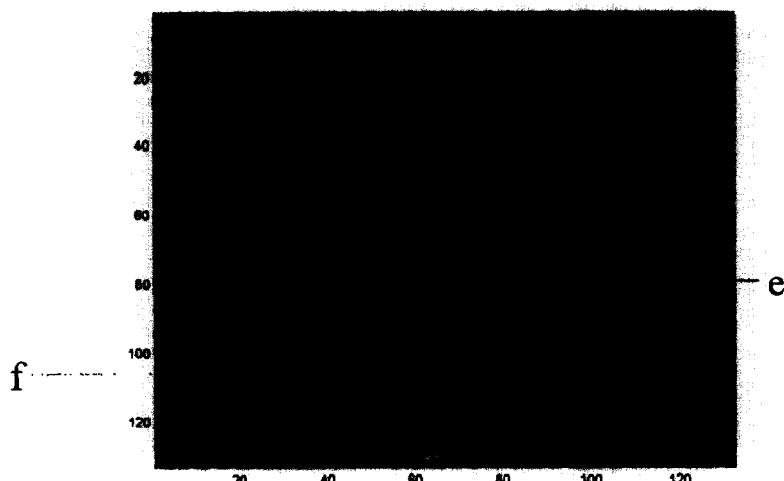


图 3



图 4

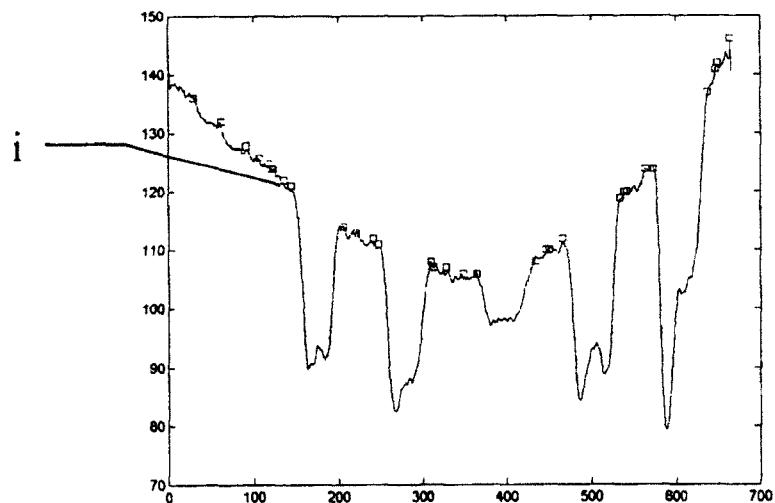


图 5

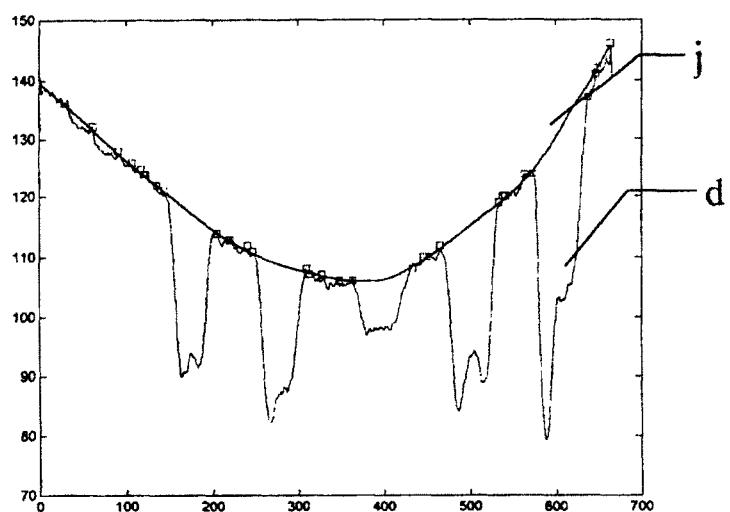


图 6