

多光谱扫描仪图象信号的自动控制

全 红* 薛永祺 沈鸣明

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海)

摘要——提出了一种实时控制图象信号的方法,使地物信号分布接近最佳状态。大约有 98.76% 的地物信号充满 A/D 转换空间,充分地利用了仪器的动态范围;同时还提高了数据的传输效率,图象数据占整个数据流的比例从 55% 增加到 89%。研制出一套使该方法得以实现的硬件系统,给出了几种典型分布与极端分布情况下控制前后的结果。

关键词——多光谱扫描仪, 图象信号, 自动控制, 地物信号分布。

1. 引 言

机载多光谱扫描仪 (MSS) 是获得地物波谱的一种重要的航空遥感手段,经常用于地质调查、森林火灾探测、污染及环境监测等方面。无论在什么应用中,扫描仪获得的图象质量都是至关重要的。作者从地物信号的统计分布入手,根据地物信号的统计特征,在系统有足够信噪比的条件下,通过线性变换,使地物信号的分布趋于合理,不仅保证了扫描图象的质量,而且简化了操作。

2. 控制的基本思想

控制的目的是要通过变换,使所获图象的信号分布接近于最佳分布。线性变换在电路最容易实现,而且变换后不改变原有信号的分布性状,在后期处理中又极易实现其反变换,所以本文采取这种变换。

衡量一幅图象的优劣,一个重要的指标是它所包含的图象信息量的多少。设 A/D 的转换范围是 $[x_1, x_2]$,按信息量最大的原则^[1],通过线性变换 $Y = A(X + B)$,使 Y 的变化范围全部落在 $[x_1, x_2]$ 中,同时 Y 信号接近均匀分布。即在 Y 溢出 $[x_1, x_2]$ 区间以外的信号损失率小于某一临界值的情况下,保证信号的分辨率达到极大。这时可认为这种分布所包含的有效信息最多。

本文 1987 年 12 月 5 日收到。

* 现在上海建材学院计算机教研室。

2.1 正态分布情况

对于大多数的地质调查等地物信息丰富的情况,地物信号的分布可以近似地服从某一个正态分布,设变换前的地物信号 X 服从正态分布 $N(m_x, \sigma_x)$, 则其概率密度函数为

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_x} \text{Exp} \left[-\frac{(X - m_x)^2}{2\sigma_x^2} \right]; \quad (1)$$

式中, m_x 是 X 的均值; σ_x 是 X 的标准差。在作线性变换 $Y = A(X + B)$ 后, Y 仍服从正态分布, 其均值 m_y , 标准差 σ_y 为

$$\begin{cases} m_y = A(m_x + B); \\ \sigma_y = A\sigma_x. \end{cases} \quad (2)$$

由于正态分布是对称分布, 所以取 $m_y = (x_2 - x_1)/2$; 信号 Y 溢出 $[x_1, x_2]$ 的损失率定义为

$$T_y = \int_{-\infty}^{x_1} f(x) dx + \int_{x_2}^{+\infty} f(x) dx. \quad (3)$$

对于其中的两项, 令第一个积分值等于 $a_1\%$, 第二个积分值等于 $a_2\%$, 则对正态分布有: $T_y = 2a\%$ ($a_1 = a_2 = a$); 并且 $\sigma_y/(x_2 - x_1)$ 与 T_y 之间存在着一定的关系, 当 $\sigma_y/(x_2 - x_1) = 1/5$ 时, 与之对应的 $T_y = 1.24\%$, 即有 98.76% 的信号落于 $[x_1, x_2]$ 区间, 对于实际的遥感应用, 大多可以满足要求。对于个别特征调查, 可另外作选择。至此, 已定出了“最佳”分布的统计特征参数为

$$\begin{cases} m_y = (x_2 - x_1)/2; \\ \sigma_y = (x_2 - x_1)/5; \end{cases} \quad (4)$$

由式(2)、(4)可得到线性变换 $Y = A(X + B)$ 所需的控制参数为

$$\begin{cases} A = (x_2 - x_1)/(5\sigma_x); \\ B = 5\sigma_x/2 - m_x. \end{cases} \quad (5)$$

2.2 非正态分布情况

地物信号不可能严格地服从某一正态分布, 尤其在边界处, 如岸边和水面的交界处很可能出现双峰情况。对于实际的地物信号, 可用若干个正态分布按一定的比例迭加来模拟。对于任一统计分布, 不能象正态分布那样完全由 (m_x, σ_x) 确定, 但是, 表示集中趋势的测度数 m_x 和表示离中趋势的测度数 σ_x 反映了该统计分布的主要特征。因此在误差允许的范围内可以用统计特征 (m_x, σ_x) 相同的正态分布近似实际分布。也就是说仍然应用式(5)来求控制参数 A 和 B 。当然, 这时的信号损失率不再恰好是 1.24%, 但由于其 m_x, σ_x 相同, 则可以推断, 所产生的差异不会很大。

通过计算机作多种模拟可发现, 只要其均值 m_y , 标准差 σ_y 相同, 则 T_y 相差均不大, 约为 1.24%。

因此可以得出这样的结论: 对于实际的地物信号, 不论其分布形式如何, 都只需要通过其均值 m_x , 标准差 σ_x , 由式(5)计算出增益放大量 A 和电平移动量 B , 来进行系统线性变换。可保证 98.76% 左右的信号采集进来。同时由于信号的变化量充满系统的动态范围, 保证了对地物信号的分辨能力。

3. 实际控制方法

对于实际的地物信号分布, 可用 k 级直方图来近似地描述。在第 i 个小区间 $[x_i, x_{i+1}]$

中有 N_i 个象素, 则 N_i/N 和前面所述的地物信号概率密度有如下关系:

$$N_i/N = \int_{x_i}^{x_{i+1}} f_x(x) dx, \quad (i=1, 2, \dots, 8); \quad (6)$$

式中, N 为总的象素个数。当每个小区间足够小时, 即可近似为上面所讨论的连续分布。所以前面的结论在这里也同样适用。兼顾实际需要及实时处理的方便, 取 $k=8$ 。这时的均值 m_x 和标准差 σ_x 分别为^[2]

$$\begin{cases} m_x = \left[\sum_{i=1}^8 \left(x_i + \frac{i-1}{2} \Delta x \right) N_i \right] / N; \\ \sigma_x = \sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^8 \left[\left(x_i + \frac{2i-1}{2} \Delta x \right) - m_x \right]^2 \cdot N_i \right\} / N}; \end{cases} \quad (7)$$

系统采用的 ADC, 其转换范围为 $0 \sim 5V$, 代入式 (4)、(5) 得最佳分布的统计特征为

$$\begin{cases} m_y = 2.5V; \\ \sigma_y = 1V; \end{cases} \quad (8)$$

控制参数为

$$\begin{cases} A = 1/\sigma_x; \\ B = 2.5/A - m_x. \end{cases} \quad (9)$$

由于地物信号通常都有一定的连续性, 并且扫描图象的行与行之间有一定的重迭率, 这就决定了相邻几行具有较高的相关性, 因此实际采用这样的方法进行图象信号的控制: 由硬件对当前行的图象数据进行 8 级直方图统计, 并由单片机 8031 对统计结果进行处理, 根据式 (7) 计算出该行的统计特征 $\{m_x, \sigma_x\}$, 代入式 (9) 进一步算出控制参数 A 和 B , 对下一行图象信号进行线性变换 $Y = A(X + B)$, 使下一行地物信号的分布接近式 (8) 所代表的“最佳”分布。

4. 系统设计

本系统可以看成是扫描仪输出的模拟信号与数字磁带机之间的一个接口, 能适用于扫描率为 $10 \sim 100 \text{ line/s}$ 的范围。它有以下两个功能: 第一, 能根据地物信号的统计特征, 实时地调整系统控制参数 (A, B), 使获得的图象数据含有尽可能多的信息, 对地物有尽可能强的分辨能力; 第二, 提高数据的传输效率。

4.1 时序设计

整个输入, 输出时序电路由扫描仪输出的行同步信号启动, 码盘信号作为输入时钟, 控制信号的采样见图 1, 将输出时钟与输入时钟分开, 使输出时钟的频率降低到输入时钟的 $5/8$ 。图象信号所占空间由原来的 100° 扩展到 160° ,

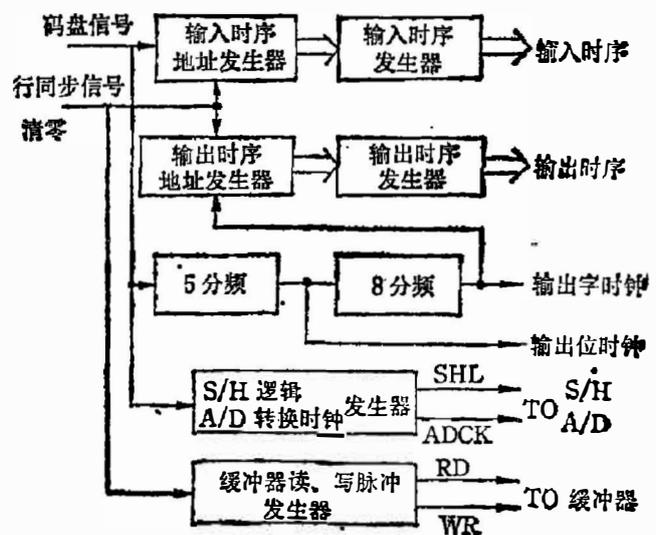


图 1 时序框图

Fig. 1 Timing block diagram.

无用信息被压缩7.3倍。

4.2 硬件结构

硬件框图见图2。

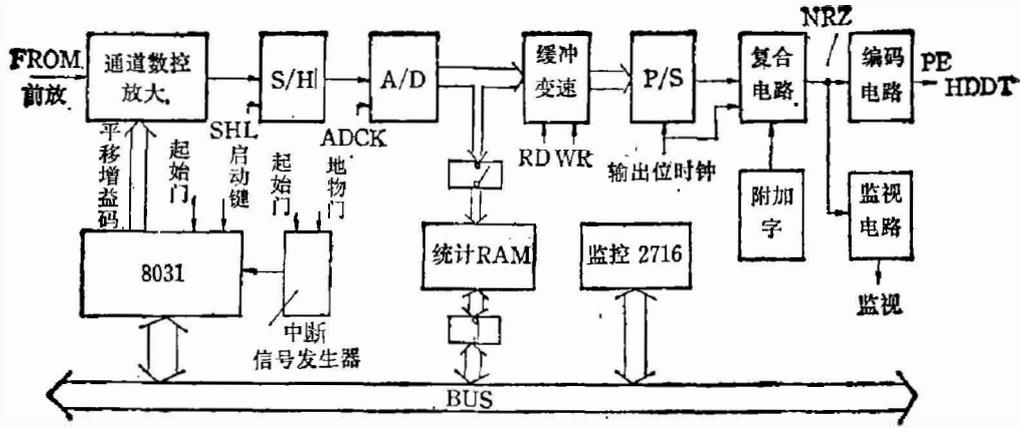


图2 系统框图

Fig. 2 Block diagram of the system.

4.2.1 通道放大

通道放大包括对扫描仪前放输出的模拟信号进行基本通道放大,同步箝位,数控直流电平移动,数控增益放大及数控低通滤波几个部分。

增益放大系数共分8档: $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4, 8, 16; 电平移动也分8档: -2.5V, -1.875V, -0.625V, 0V, 0.625V, 1.25V, 1.875V。

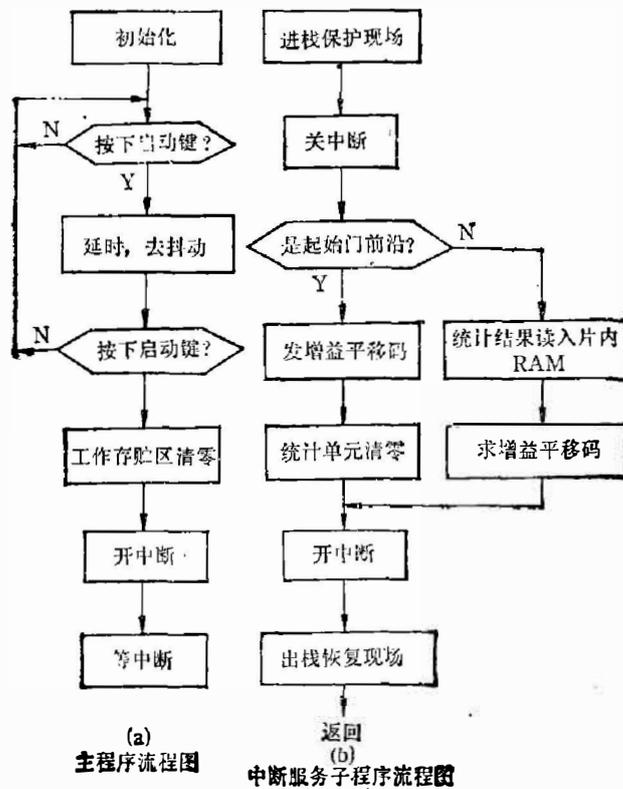


图3 控制程序框图

Fig. 3 Block diagram of control program.

4.2.2 控制部分

控制部分的工作主要由地物门和比地物门超前的起始门决定。启动键按下后,控制系统开始工作。在地物门打开时,统计 RAM 与 8031 总线断开,由硬件实时地对当前行地物信号进行 8 级直方图统计,当地物门关闭时,统计结束。统计 RAM 与 8031 总线接通,将统计结果读入片内数据 RAM 中,对其进行分析处理,求出平移增益码,在下行或下下行起始门上沿到达后,由 8031 发出。

4.2.3 输出

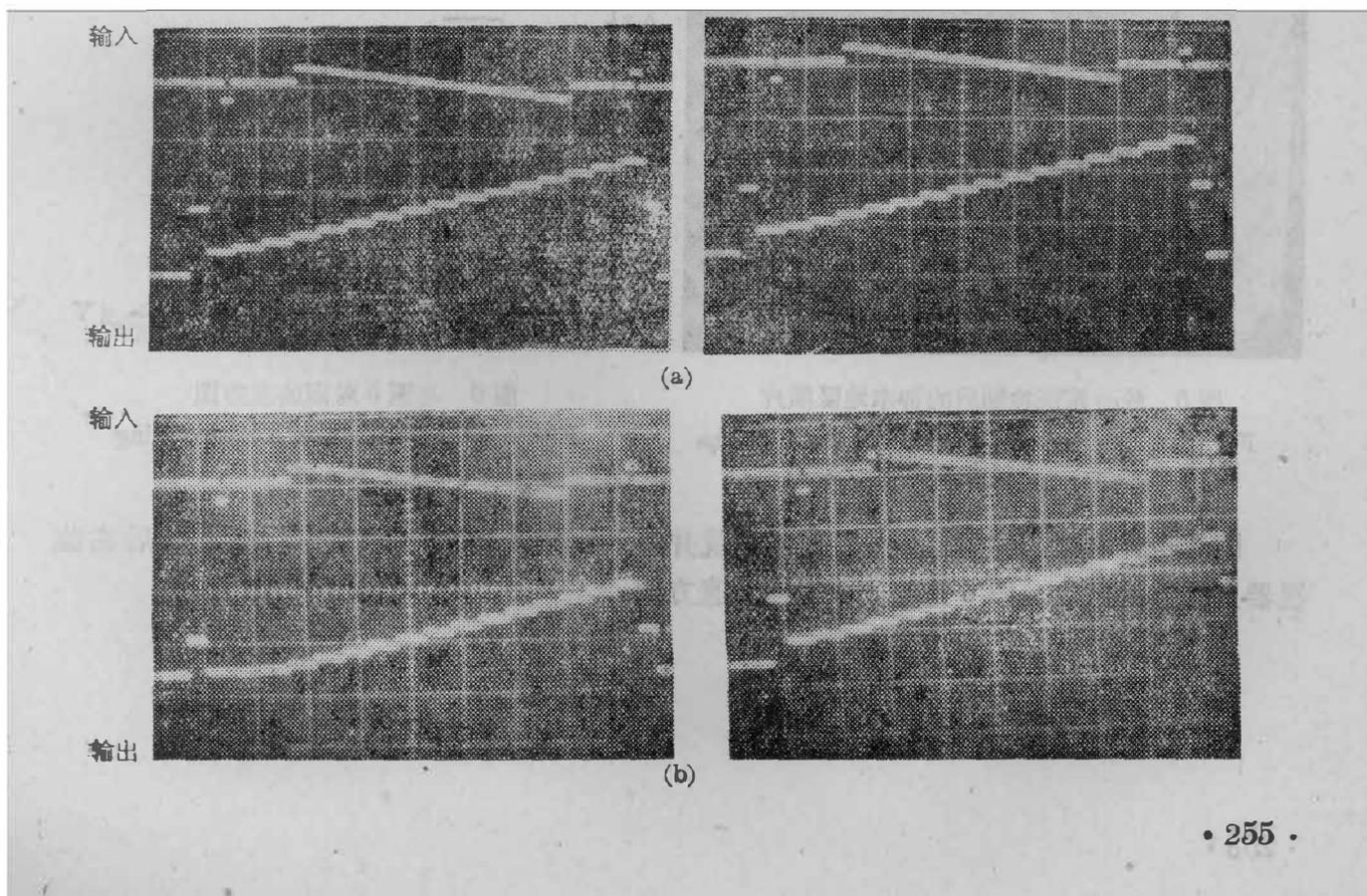
数字化的图象数据,经过缓冲变速,与附加字按一定的顺序混合,组成 NRZ 数据流,由编码电路对该数据流进行 PE 编码,记录在 HDDT 上。数据速率降低到原来的 $5/8$ 倍。信息量为零的数据只占整个数据流的 5%。

4.3 软件框图

程序流程图见图 3。图 3(a)是主程序框图,图 3(b)是中断服务子程序框图。

5. 实验结果

图 4 给出了几种情况下的控制结果。图 4(a) 控制前的图象信号分布比较合理,因此经过系统控制后其分布不变;图 4(b) 控制前的信号均值偏大,造成饱和现象,经系统控制后输出信号全部位于 $0\sim 5V$ 之间;图 4(c) 则和 4(b) 相反,信号部分截止,经过系统控制后,信号分布变换最佳状态;在图 4(d) 中,控制前的输出信号全部集中在 $4\sim 5V$ 的范围内,难以分辨,经过系统控制以后,信号的分辨率大大提高。从这组照片的对比中可以看出,通过系统控制以后,不再会因为饱和或截止而使信号丢失,并且由于信号分布比较合理,使得图象的对比度增强了,信号的分辨率大大提高,细节更加清楚。



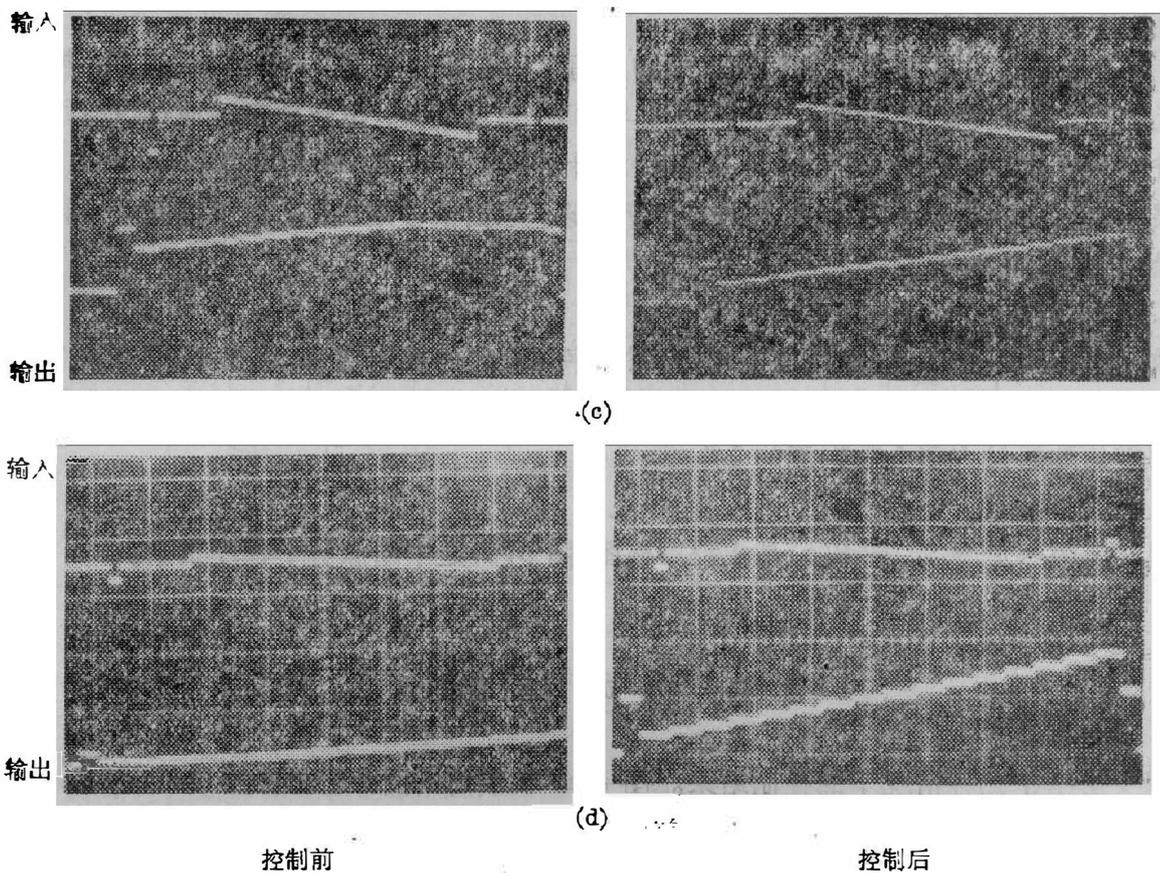


图 4 控制前后系统的输出波形(2V/div)

Fig. 4 The output waves of the system before and after control (2V/div).



图 5 经过系统控制后的神木地区照片

Fig. 5 The photo of Shen Mu area after the signal is controlled by the system.

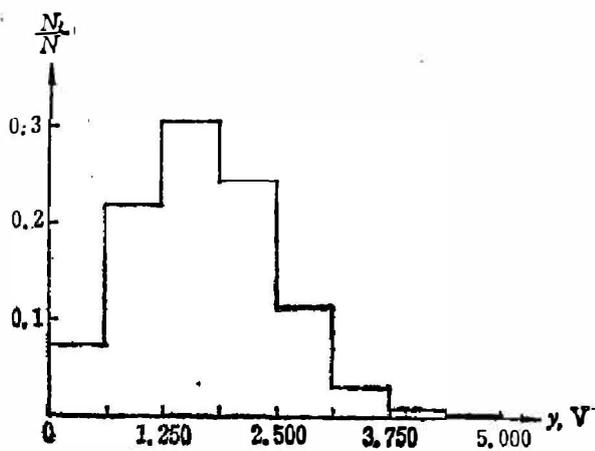


图 6 与图 5 对应的直方图

Fig. 6 The histogram corresponding to Fig. 5.

图 5 是神木地区的模拟信号经过本系统并进入计算机 POP-11/24 进行恢复以后由监视器上拍摄的照片。图 6 是与图 5 对应的直方图。

6. 结 论

- 1 本工作是针对 DGS-1 多光谱扫描仪做的,但对于其它类型的扫描仪同样适用。
- 2 本文提出的控制方法,即根据地物信号分布的统计特征进行增益、电平自动调整,经理论与实验证明,都是合理的,并且简单易行。
- 3 当进行某种特征调查时,只要修改软件中的参数 $\{m_y, \sigma_y\}$ 以满足特殊要求。例如在进行油污调查时,我们感兴趣的是油污的信号,它在热红外波段($8\sim 12.5\mu\text{m}$)是低温信号,因此可以将 m_y 设在油膜和水信号相差明显的某处,以损失一些不关心的水的信息(高温信号)来提高被调查的地物信号的分辨率。
- 4 若电平及增益分档足够细,则可以使地物信号呈最佳分布,充分利用系统的动态范围,使对地物的分辨能力达到仪器设计的最大限度。
- 5 变换只有在系统有足够的信噪比的条件下才有意义。

致谢——在实验过程中,得到中国科学院上海技术物理研究所二室孙积修,朱福清两位同志的具体帮助,谨在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 王育民,梁传甲,信号与编码理论,西安:西北电讯工程学院出版社,1986,5~39.
- [2] Aeder Henry L. and Roessler Edward B., *Introduction to Probability and Statistics*, W. H. Francisco, 1970, 6th ed. pp31~57 (胡崇能、李隆章译,概率与统计导论,北京:北京大学出版社,1984,32~53. 147~149).

AUTOMATIC CONTROL OF IMAGE SIGNAL OF MSS

QUAN HONG, XUE YONGQI, SHEN MINMING

(Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica, Shanghai, P. R. C)

ABSTRACT

A method is presented to transform the image signal into a reasonable distribution. About 98.76% of the image signal is fully distributed over the A/D converting range. The data transmitting efficiency is greatly increased. The proportion of the image data in the whole data flow is increased from 55% to 89%. The hardware system and control program are also developed to implement this method, and some experimental results are given.