

基于独立象元数计算的景象匹配精度分析方法

王 刚, 倪 伟, 段晓君, 王正明

(国防科技大学理学院, 长沙 410073)

摘 要: 景象匹配精度与正确匹配概率是决定组合导航系统精度的重要指标。建立了新的求解图像独立象元数的方法, 在进行景象匹配过程的同时由独立象元数、信噪比和相关函数统计值得到匹配精度及正确匹配概率。理论推导和仿真分析表明, 本文的景象匹配精度分析方法合理, 结果符合工程背景, 文中的结论可以用于景象匹配辅助导航系统性能的精确分析。

关键词: 景象匹配; 独立象元; 匹配精度; 正确匹配概率

中图分类号: V249.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-1328(2007)06-1698-06

0 引言

所谓景象匹配, 就是用一个飞行器上实时拍摄的实测图在一个预先得到的较大的基准图上依次搜索, 然后根据某种算法比较所得的结果, 以此确定配准位置^[1,2]。景象匹配在导航、地图与地形匹配、自然资源分析、天气预报、环境研究及军事领域中具有重要的应用^[3]。

由于拍摄时间、成像方法的不同以及自然条件的变化, 实时图和基准图上相对应的基准子图可能差异较大, 匹配时容易出现误匹配; 即使实时图与基准图成功匹配, 但由于噪声和其他误差因素的影响, 使当两图像匹配时, 估计匹配点和真正匹配点之间也会存在有一定的偏差, 而这种偏差是随机的, 这里我们称之为匹配误差。因此这就对匹配定位系统提出了一个匹配精度问题。

M. W. Johnson 对归一化互相关景象匹配算法性能进行了深入的理论研究, 奠定了景象匹配算法性能研究的理论基础^[4]; 在 M. W. Johnson 的假设下可以得到归一化互相关景象匹配算法的正确定位概率的理论公式^[1]。在此基础上一些学者对匹配概率进行了严格的定义, 提出了一种估计区域匹配概率的方法^[5]; 对匹配概率估计理论进行了分析, 指出正确匹配概率是评价景象可导航性的重要指标^[6]。另一方面, 通过对景象匹配算法性能的仿真研究^[7]和对真实影像数据的匹配结果的统计分析, 引入独立象元的概念, 并使象元间的独立性假设成立^[8]; 同时

给出了正确定位概率与信噪比和独立象元数的关系^[8,9]。文献[10]中用匹配算法逐一进行匹配仿真实验, 依据实验的总次数及正确匹配的次數计算匹配概率、匹配误差、匹配时间, 实现对算法的性能评估。总的来看, 目前对正确匹配概率及匹配精度的估计还处于理论分析与仿真实验阶段, 它们与独立象元数之间的关系亦未能定量求取。

本文试图解决量化景象匹配精度和正确匹配概率的问题。因此, 对匹配精度、正确匹配概率与匹配精度对应概率进行了定义与理论分析, 并建立了新的求解图像独立象元个数的方法, 求取相关函数统计值。通过相关函数的统计值以及求得的独立象元个数与信噪比一同求得正确匹配概率, 进一步求得对应某误差的匹配概率, 完成匹配精度的计算。从而解决了通过图像的一次匹配过程得到匹配精度及正确匹配概率的问题。

1 匹配精度计算

1.1 二维相关系统的定位精度理论分析^[1]

为了处理方便, 将真正匹配点设在坐标原点上。因此, 若令 τ_x 和 τ_y 分别表示 x 和 y 方向上的匹配误差的话, 则估计匹配点处的相关函数可以写成 $\phi(\tau_x, \tau_y)$ 。将 x 方向上的相关函数 $\phi(\tau_x, 0)$ 在真正的匹配位置 $(0, 0)$ 邻域展开成二阶泰勒级数的近似式:

$$\phi(\tau_x, 0) \approx \phi(0, 0) + \phi_x(0, 0) \tau_x + \frac{1}{2} \phi_{xx}(0, 0) \tau_x^2 \quad (1)$$

其中

$$\phi_x(0,0) = \frac{\partial \phi(\tau_x, \tau_y)}{\partial \tau_x} \bigg|_{\tau_x=0, \tau_y=0}$$

$$\phi_{xx}(0,0) = \frac{\partial^2 \phi(\tau_x, \tau_y)}{\partial \tau_x^2} \bigg|_{\tau_x=0, \tau_y=0}$$

由方程(1)可以解得匹配误差的表达式:

$$\tau_x = \frac{-\phi_x(0,0)}{\phi_{xx}(0,0)} \quad (2)$$

同理

$$\tau_y = \frac{-\phi_y(0,0)}{\phi_{yy}(0,0)}$$

由上两式可以写出匹配误差方差的表示式:

$$\sigma_{\tau_x}^2 = \frac{E(\phi_x^2(0,0))}{(E[\phi_{xx}(0,0)])^2}, \quad \sigma_{\tau_y}^2 = \frac{E(\phi_y^2(0,0))}{(E[\phi_{yy}(0,0)])^2} \quad (3)$$

1.2 实际图像匹配精度分析

由于我们需要根据一幅图像的一次匹配来得到匹配精度,所以很难得到上述理论分析中的 $E[\phi_x(0,0)]$ 和 $E[\phi_{xx}(0,0)]$,故我们采取另外的方法来估计它的匹配精度。

设在一次匹配中,误差为 K 的匹配其匹配概率为 P_K ,它在 $[K-\frac{1}{2}, K+\frac{1}{2}]$ 之间呈均匀分布,则对误差为 K 的匹配而言,其匹配的实际精度为(以 x 方向为例):

$$\delta_{x,K}^2 = \int_{K-\frac{1}{2}}^{K+\frac{1}{2}} x^2 \cdot p(x) dx = K^2 + \frac{1}{12} \quad (4)$$

$$\text{其中, } p(x) = \begin{cases} 1 & |x - K| \leq \frac{1}{2} \\ 0 & |x - K| \geq \frac{1}{2} \end{cases}.$$

于是对于整个匹配精度而言,其匹配精度为:

$$\delta_x^2 = \sum_{K=0}^l P_K \cdot (K^2 + \frac{1}{12}) \quad (5)$$

其中, l 为最大的误差上限,且 $\sum_{K=0}^l P_K = 1$ 。

所以只要计算出误差为 K 的匹配概率,根据式(5)便可计算出匹配精度。

2 灰度图像独立象元数的计算

2.1 独立象元数的计算

通常是通过相关长度来定义独立象元数的,而实际上相关长度则等于自相关系数下降到 $\frac{1}{e} =$

0.368^[1] 时的位移增量的大小,并同时认为相关数据中凡是相隔长度为这个相关长度的两个象元已经不相关了。

对于一维情况,独立象元数 N 为

$$N \triangleq \frac{N_x}{L_x} \quad (6)$$

其中 N_x 是一维图像的象元数, L_x 是其相关长度。

对于二维情况,独立象元数 N 为

$$N \triangleq \left(\frac{N_x}{L_x} \right) \left(\frac{N_y}{L_y} \right) \quad (7)$$

其中 N_x, N_y 是二维图像在横向和纵向方向上的象元数,而 L_x, L_y 是对应与横向和纵向方向上的相关长度。

但通过式(7)方法求取二维图像独立象元数,需要有如下一个前提,即此二维图像横向各行的相关长度均为 L_x ,而纵向各列的相关长度均为 L_y 。对于实际图像很难满足这个前提,为了准确求取二维图像独立象元数,我们设计了通过图像全局相关性求取图像独立象元数的方法。

2.2 通过全局相关性求取图像独立象元数的计算

由给定的一幅灰度图像,得到其图像矩阵并设为 $G_{m \times n}$ 。 $G_{m \times n}$ 可以写为行向量的形式 $[g_1, g_2, \dots, g_n]$,其中 g_1, g_2, \dots, g_n 为 m 维列向量。

g_i, g_j 的相关系数 r_{ij} 为:

$$r_{ij} = \frac{g_i^T g_j}{\sqrt{g_i^T g_i g_j^T g_j}} \quad (8)$$

其中 $i, j = 1, 2, \dots, n$,这样便可得到各列的相关系数矩阵 $R_{n \times n}$ 。 r_{ij} 表示第 i 列与 j 列的相关系数。

下面统计 $R_{n \times n}$ 每一行的独立象元的个数。

以第 i 行为例,因为所有 $r_{ij} (1 \leq j \leq n)$ 中 $r_{ii} (j = i)$ 最大,此时 $r_{ii} = 1$,而向 $r_{i(i-1)}$ 和 $r_{i(i+1)}$ 两侧是逐渐减小的。当左右两侧分别第一次小于 $\frac{1}{e} = 0.368$ 时,记下该值的位置,分别记作 $r_{ik} (1 \leq k \leq i)$ 和 $r_{ij} (i \leq j \leq n)$,那么 r_{ik} 与 r_{ij} 之间的宽度便是该行的相关长度 $L_{xi} (i = 1, 2, \dots, n)$ 。

于是可以得到 $R_{n \times n}$ 每一行的相关长度 $L_{xi} (i = 1, 2, \dots, n)$,取其平均作为该灰度图像的横向独立象元的个数 L_x :

$$L_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_{xi} \quad (9)$$

$G_{m \times n}$ 也可以写成列向量的形式 $[e_1, e_2, \dots,$

$e_m]^T$, 其中 e_1, e_2, \dots, e_m 为 n 维行向量。

e_i, e_j 的相关系数 s_{ij} 为:

$$s_{ij} = \frac{e_i e_j^T}{\sqrt{e_i e_i^T e_j e_j^T}} \quad (10)$$

其中 $i, j = 1, 2, \dots, m$, 这样便可得到各列的相关系数矩阵 $S_{m \times m}$ 。 s_{ij} 表示第 i 行与 j 行的相关系数。

同理, 可以得到 $S_{m \times m}$ 每一列的相关长度 L_{yi} ($i = 1, 2, \dots, m$), 和该灰度图像的纵向相关长度 L_y :

$$L_y = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m L_{yi} \quad (11)$$

综合式(9)和式(11), 最后可以得到该灰度图像独立象元的个数:

$$k = \left\lfloor \frac{m \cdot n}{L_x \cdot L_y} \right\rfloor \quad (12)$$

3 度量值的统计特性

因为二维图像序列可以用行扫描或列扫描的方法变成一维的图像序列, 因此只研究一维的情形, 则相关函数可以写成:

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^k X_{i+j} Y_i}{\left| \sum_{i=1}^k X_{i+j}^2 \right|^{1/2} \left| \sum_{i=1}^k Y_i^2 \right|^{1/2}} \quad (13)$$

其中, X_i 表示第 i 个象元的基准数据; Y_i 表示与第 i 个象元的基准数据进行相关比较的实时图数据; k 表示相关计算的象元数; j 为偏移量, 若 $j = 0$, 则表示两个数据序列处于匹配状态, 反之 ($j \neq 0$) 则处于非匹配状态; R_j 为相关度量函数值。

为了分析 R_j 的统计特性, 作如下假设:

假设 1: 基准数据 X_i 为平稳各态经历, 均值为 0, 方差为 σ_x^2 的高斯过程;

假设 2: 实时数据 Y_i 被认为是附加了噪声的基准数据, 即: $Y_i = X_i + n_i$, 并假设 n_i 是一个平稳各态经历、均值为 0, 方差为 σ_n^2 的高斯过程。进一步假设 X_i 和 n_i 是互相独立的。

假设 3: 在基准数据 X_i 的集合以及噪声数据 n_i 的集合中, 他们各自的象元是互相独立的。

在上述假设下, 可以求得配准状态 ($j = 0$) 度量值的集合均值 R_0 和方差值 $\sigma_{R_0}^2$ 以及非配准状态 ($j \neq 0$) 下度量值的集合均值 R_j 和方差 $\sigma_{R_j}^2$, 它们分

别为:

$$\begin{aligned} R_0 &= \frac{\sigma_x}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_n^2}}, \quad \sigma_{R_0}^2 = \frac{\sigma_x (2\sigma_x^2 + \sigma_n^2)}{k \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_n^2}} \\ R_j &= 0, \quad \sigma_{R_j}^2 = \frac{\sigma_x (\sigma_x^2 + \sigma_n^2)}{k \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_n^2}} \end{aligned} \quad (14)$$

其中, k 为图像的独立象元数。

4 匹配概率求取方法

4.1 正确的匹配概率 P_C [1][11]

如果图像能够正确匹配, 则应满足在 $Q+1$ 次相关比较中, “在匹配点上, 度量值出现极值”的事件和“在其他 Q 个不匹配位置上, 所有度量值不大于 (或者小于) 上述极值”的事件同时发生。那么上述两事件同时发生的概率就是正确匹配概率 P_C 。因此有:

$$P_C = \int_{-\infty}^{\infty} p(R/S) \left[\int_{-\infty}^R p(R'/B) dR' \right]^Q dR \quad (15)$$

其中, S 为匹配状态, B 为非匹配状态, R' 对应不匹配位置相关度量函数,

$$\begin{aligned} p(R/S) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{R_0}} \exp\left\{-\frac{(R-R_0)^2}{2\sigma_{R_0}^2}\right\} \\ p(R/B) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{R_j}} \exp\left\{-\frac{R^2}{2\sigma_{R_j}^2}\right\} \end{aligned} \quad (16)$$

式(15)化为:

$$\begin{aligned} P_C &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{R_0}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{-\frac{(R-R_0)^2}{2\sigma_{R_0}^2}\right\} \\ &\quad \left[\int_{-\infty}^R \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{R_j}} \exp\left\{-\frac{(R')^2}{2\sigma_{R_j}^2}\right\} dR' \right]^Q dR \end{aligned} \quad (17)$$

作下列变量代换:

$$z = \frac{R-R_0}{\sqrt{2}\sigma_{R_0}}, \quad y = \frac{R'}{\sqrt{2}\sigma_{R_j}} \quad (18)$$

式(17)化为:

$$\begin{aligned} P_C &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-z^2) \\ &\quad \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{R_0 + \sqrt{2}\sigma_{R_0}z}{\sqrt{2}\sigma_{R_j}}} \exp(-y^2) dy \right]^Q dz \end{aligned} \quad (19)$$

设计误差函数 $\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-y^2) dy$,

则式(19)化为:

$$P_C = \frac{1}{\sqrt{\pi} 2^Q} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-z^2)$$

$$\left[1 + \operatorname{erf} \frac{R_0 + \sqrt{2} \sigma_{r_0}}{\sqrt{2} \sigma_{r_j}}\right]^Q dz \tag{20}$$

式(20)中误差函数的参数,可以用式(16)、(18)化为:

$$\frac{R_0 + \sqrt{2} \sigma_{r_0}}{\sqrt{2} \sigma_{r_j}} = \frac{\sqrt{kSNR} + z \sqrt{2SNR(1+2SNR)}}{\sqrt{2SNR(1+SNR)}} \tag{21}$$

定义信噪比 SNR 为:

$$SNR = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_n^2} \tag{22}$$

作变量代换:

$$A = \sqrt{\frac{2SNR+1}{SNR+1}}, \quad B = \sqrt{\frac{kSNR}{2(SNR+1)}}$$

式(20)化为:

$$P_c = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-z^2) \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf}(Az + B)\right]^Q dz \tag{23}$$

为便于工程上的计算,将式(23)作简化。为此我们定义:

$$F(z) = \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf}(Az + B)\right]^Q \tag{24}$$

其中误差函数 $\operatorname{erf}(Az + B)$ 有如下性质,即当它的总数 $(Az + B)$ 从 0 开始增加时,它很快从 0 值变化到 1 值。因此,如果 A 不是一个小值,则 $\frac{1}{2} \operatorname{erf}(Az + B)$ 随着 Z 的增加将会很快的从某一个小值变化到接近 $\frac{1}{2}$ 。所以,在 Q 值较大和 A 不是小值的条件下,上述 $F(z)$ 将在某一个 $z = z_0$ 附近从“ $\frac{1}{2}$ ”值很快的过渡到“1”值;于是,我们可以用一个阶跃函数来近似 $F(z)$ 。具体而言,这个函数为:

$$F(z) = \begin{cases} 1 & z \geq z_0 \\ 0 & z < z_0 \end{cases} \tag{25}$$

其中 z_0 称之为过渡点。它是通过规定 $F(z_0) = \frac{1}{2}$, 并对 z_0 求解得出的。因为 $F(z)$ 在 0 到 1 之间变化,所以取 $F(z) = \frac{1}{2}$ 是合理的。

那么式(23)即可化为:

$$P_c = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-z^2) F(z) dz$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{z_0}^{\infty} \exp(-z^2) dz \\ &= 1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} \exp(-z^2) dz \\ &= \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \operatorname{erf}(z_0) \end{aligned} \tag{26}$$

由此可见,只要通过 $F(z_0) = \frac{1}{2}$ 算出 z_0 , 则通过简单的积分计算立即可以得出 P_c 值。

4.2 匹配误差为 K 时匹配概率 P_K 的近似计算

在实际的匹配过程中,由于正确匹配的概率可以通过有关参数估算出来,且其值一般较大,在 0.8 以上(0.9 左右),而且有 $P_K > P_{K+1}$, 故我们将 $P_K (K \geq 1)$ 按正态分布的概率来估计是可行的,即:

$$P_K = \begin{cases} P_c & (K = 0) \\ P_K = P'_K \cdot \frac{1 - P_c}{1 - P'_0} & (K > 0) \end{cases} \tag{27}$$

其中:

$$\begin{aligned} P'_0 &= \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \\ P'_K &= \int_{K-\frac{1}{2}}^{K+\frac{1}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx + \\ &\quad \int_{-K-\frac{1}{2}}^{-K+\frac{1}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \end{aligned}$$

由式(27)可得计算到 P_K , 再根据式(5)便可计算出匹配精度。

5 实验结果与分析

图 1 为实验用基准图,大小为 181×181 , 图 2 为对应的实时图,大小为 91×81 。

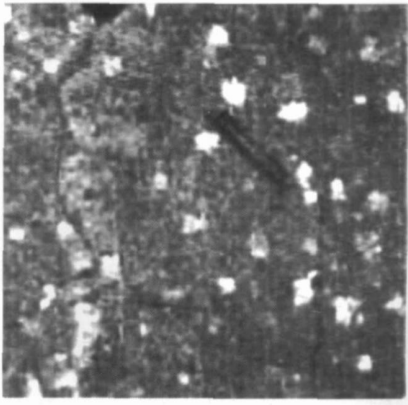


图 1 基准图

Fig.1 Reference image

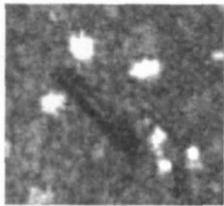


图 2 实时图
Fig.2 Real-time image

实验结果为:正确匹配概率 $P_c=85.5579\%$, 匹配误差 $\tau_x=\tau_y=0.503492$ 像素。结果图大小为 91×81 , 如图 3 所示。



图 3 结果图
Fig.3 Result image

实验结果表明,实际匹配过程中如果我们将图 1 预设为基准图,在得到图 2 作为实时图的情况下,会有 85.5579% 的概率找到图 2 在图 1 中的“正确位置”;同时我们找到的“正确位置”在图 1 中横向和纵向各会偏离真正位置 0.503492 个像素的长度。

表 1 传统方法与本文方法的结果对比

Table 1 Comparison of results between the present study and previous studies

	独立象 元数	正确匹配 概率	匹配误差 (像素)	运算 时间(s)
传统方法	910	99.9999%	$2.792e-008$	5
本文方法	82	85.5579%	0.503492	5

用文献[1]中传统方法得到正确匹配概率为接近与 1,较本文方法得到的值偏大。原因是传统方法在计算独立象元数的时候只考虑到单行或者单列的相关长度,而没有能够考虑全局的相关性,这样得到的相关长度就偏小,图像的独立象元数就偏大,最终导致正确匹配概率也相应偏大。在实际工程应用中匹配概率不可能达到接近 1 的值,而本文得到结果则符合工程背景。

6 结论

本文对景象匹配精度及正确匹配概率进行了理论分析,建立了求解图像独立象元数的方法,研究了

由一幅图像的一次匹配过程得到匹配精度及正确匹配概率的问题,通过归一化积相关匹配算法对基准图与实时图进行匹配,匹配的同时对景象匹配精度及正确匹配概率进行量化求解。

从结果分析来看,本文的景象匹配精度及正确匹配概率的求解方法合理、有效,符合实际工程背景;虽然增加了少许计算量,但没有增加运算时间,文中的结论具有工程应用价值,可以用于景象匹配辅助导航系统及其性能的精确分析。景象匹配精度与正确匹配概率的分析对景象匹配辅助导航系统精度分析具有重要的意义,对景象匹配辅助导航系统精度分析相关内容的研究将是我们后续研究的重点内容之一。

参考文献:

[1] 孙仲康,沈振康. 数字图像处理及其应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985:233—283[SUN Zhong-kang, SHEN Zhen-kang. Digital Image Processing and Its Application[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1985:233—283]

[2] Tsai S X. Introduction to the Scene Matching Missile Guidance Technologies[R]. AD—A315 439/0/XAB, 13 Aug 1996

[3] TANG Min-Shou. The Application of Correlation Matching Technique In Image Guidance[R]. NAIC—ID(RS)T: 0382—96

[4] Johnson M W. Analytical development and test results of acquisition probability for terrain correlation devices used in navigation systems [A]. AIAA 1972; 1222126

[5] 杨昕,杨新. 景象匹配精确制导中匹配概率的一种估计方法 [J]. 模式识别与人工智能, 2003(12), 16(4): 448—451[YANG Xin, YANG Xin. Estimating the probability of landmark matching in precise guidance system[J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2003(12), 16(4): 448—451]

[6] 张国忠,沈林成,常文森,关世义. 互相关景象匹配系统的正确匹配概率研究[J]. 宇航学报, 2002,23(1): 30—33[ZHANG Guo-zhong, SHEN Lin-cheng, CHANG Wen-sen, GUAN Shi-yi. Research on acquisition probability of cross correlation scene matching systems[J]. Journal of Astronautics, 2002,23(1):30—33]

[7] 刘扬,姚娅媚,金善良. 景象匹配正确定位概率的实验研究 [J]. 宇航学报, 2001, 22(6): 91—94[LIU Yang, YAO Ya-mei, JIN Shan-liang. A experimental study of the scene matching probability[J]. Journal of Astronautics, 2001, 22(6):91—94]

[8] Wessely H W. Image correlation; Part II: Theoretical basis[R]. AD—A036482, 1976

[9] Bailey H H F W, Blackwell, Lowery C L, Ratkovic J A. Image correlation, Part I: simulation and analysis[R]. AD—A03665, 1976

[10] 陈朝阳,张桂林,郑云慧. 景象匹配算法的性能评估方法研究 [J]. 红外与激光工程, 1998, 27(3): 38—41[CHEN Zhao-yang, ZHANG Gui-lin, ZHENG Yun-hui. Study on the method for performance evaluation of scene matching algorithm[J]. Infrared and Laser

Engineering, 1998, 27(3): 38—41]

- [11] 张国忠, 王征, 蒋秀峰, 朱华勇, 沈林成, 常文森. 基于离散分数布朗随机场模型的景象适配性分析方法[J]. 宇航学报, 2004, 25(1): 19—23 [ZHANG Guo-zhong, WANG Zheng, JIANG Xiufeng, ZHU Hua-yong, SHEN Lin-cheng, CHANG Wen-sen. Scene navigability analysis method based on discrete fractional Brownian random field model[J]. Journal of Astronautics, 2004, 25(1): 19—23]



作者简介: 王刚(1981—), 男, 应用数学专业博士研究生, 主要研究方向为试验数据处理和图像处理。

通信地址: 湖南长沙国防科技大学理学院博士生队(410073)

电话: (0731)4573260

E-mail: superwanggang@hotmail.com

A Method for Precision Analysis of Scene Matching Based on Independent Pixel Calculation

WANG Gang, NI Wei, DUAN Xiao-jun, WANG Zheng-ming

(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Scene matching precision and acquisition probability are important indexes for determining precision of integrated navigation system. This paper proposes a new method for calculating the number of independent pixels. Matching precision and acquisition probability are gained through the number of independent pixels, signal noise ratio and the statistic of correlation functions in the process of scene matching. Theoretical analysis and simulation suggest that this method is reasonable and the result conforms to the engineering background, it can be applied to precision analysis of the function of scene matching aided navigation system.

Key words: Scene matching; Independent pixel; Matching precision; Acquisition probability

(上接第 1672 页)

Fault Detection and Diagnosis for Sensors of LRE Based on PCA

XIE Ting-feng, LIU Hong-gang, WU Jian-jun

(School of Aerospace and Material Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: A sensor fault detection and diagnosis method using Principal Component Analysis (PCA) for pressure, temperature and flux data of liquid-propellant rocket engine (LRE) was presented. This method, which divides the measure space into two subspaces: principal component subspace (PCS) and residual subspace (RS) based on the correlation analysis of measure data, can detect and diagnose sensor faults by comparing the projections in RS of actual sensors measurement and normal data matrix. Examples of using PCA to fault detection and diagnosis of the four types of sensor faults in LRE were given, which was based on faults simulation. The results show that the PCA approach has good performance in fault detection and diagnosis of the sensors in LRE.

Key words: Sensors of liquid-propellant rocket engine; Principal component analysis (PCA); Fault detection and diagnosis