基于多视角三维激光扫描技术的建筑墙体微小裂缝监测方法

A Monitoring Method for Small Cracks in Building Walls based on Multi perspective 3D Laser Scanning Technology

宋小平1,周卫军1,张 号2,苏峰格1,张邵贺1

(1. 中国有色金属工业西安勘察设计研究院有限公司,陕西西安710054;2. 自然资源部陕西测绘产品质量监督检验站,陕西西安710054)

摘 要:常规建筑墙体微小裂缝监测方法忽略了噪声点对裂缝图像像素点分布的影响,导致最终监测精度 较低。为此,提出基于多视角三维激光扫描技术的建筑墙体微小裂缝监测方法。采用多视角三维激光扫描技术 对墙体裂缝灰度图像进行采集,对图像进行滤波处理,以减少噪声点对像素分布的影响并通过求取裂缝点的特 征密度值与二值化分离系数,完成图像灰度标定,结合扫描参数临界值,移除非目标区域的点云数据,由此分 割裂缝图像的目标区域,以此为依据,对裂缝图像目标区域进行仿射变换并求取裂缝的形心,进而得到裂缝的 分布区间,实现墙体微小裂缝的监测。结果表明:将设计的方法应用于建筑墙体微小裂缝监测中,得到的监测 值与实际值偏差较小,监测精度较高。

关键词:多视角三维激光扫描技术;建筑墙体;微小裂缝;监测
 中图分类号:TN249
 文献标志码:A
 文章编号:1005-8249 (2024) 03-0163-06
 DOI:10.19860/j.cnki.issn1005-8249.2024.03.031

SONG Xiaoping¹, ZHOU Weijun¹, ZHANG Hao², SU Fengge¹, ZHANG Shaohe¹

(1. Xi'an Engineering Investigation and Design Research Institute of China National Non – ferrous Metals Industry, Xi'an 710054, China; 2. Shaanxi Surveying and Mapping Production Supervision

and Inspection Station, Ministry of Natural Resources, Xi'an 710054, China)

Abstract: Conventional monitoring methods for small cracks in building walls often use pole feature clustering algorithms, but ignore the impact of noise points on the pixel distribution of crack images, resulting in low final monitoring accuracy. Therefore, a monitoring method for small cracks in building walls based on multi perspective 3D laser scanning technology is proposed. Using multi perspective 3D laser scanning technology to collect grayscale images of wall cracks, filter and process the images to reduce the impact of noise points on pixel distribution. By calculating the feature density value and binary separation coefficient of crack points, the image grayscale calibration is completed. Combined with the critical values of scanning parameters, point cloud data from non target areas is removed, and the target area of the crack image is segmented based on this, Perform affine transformation on the target area of the crack image and obtain the centroid of the crack, thereby obtaining the distribution interval of the crack and achieving wall miniaturization; Monitoring of points. The comparative experimental results show that when the designed method is applied to monitoring small cracks in building walls, the deviation between the monitoring values obtained and the actual values is small, and the monitoring accuracy is high.

Keywords: multi perspective 3D laser scanning technology; building walls; minor cracks; monitoring

作者简介: 宋小平(1982—), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 工程测量、摄影测量、地理信息系统等。 收稿日期: 2023-12-01

0 引言

墙体微小裂缝可能是建筑结构问题的初步表现, 如果未能及时发现和处理,这些裂缝可能会逐渐扩 大,对建筑的稳定性和安全性造成严重影响。因此, 通过监测微小裂缝,可以及时发现潜在的结构问题, 保障建筑的安全性。

文献「1]采用轻量化卷积神经网络的向下采样 原理,对墙体裂缝图像进行增强样本多样化等操作, 并对其进行形态学处理,结合权重参数与激活函数, 对裂缝长度以及宽度等信息进行计算,实现裂缝监 测。但该方法存在监测速度慢、识别步骤繁琐等缺 点。文献 [2] 采用改进 YOLO v4 算法将裂缝图像分 割为较小的子图像,并引入注意力机制对裂缝特征 进行提取,借助高斯滤波算法构建监测模型,实现 裂缝监测,但该方法对于裂缝的形态与位置的识别 准确度较低; 文献 [3] 提出基于半监督训练和曲线 分割算法的裂缝检测算法。通过半监督训练减少训 练数据规模,使用曲线分割算法分割裂缝,该方法 未对图像进行滤波处理,容易受到噪声点影响,得 到的监测值与实际值偏差较大; 文献 [4] 引入轻量 级网络改进 YOLO v5,通过 SA 注意力机制完成裂缝 检测,该方法在改进网络过程中增加了检测网络的 复杂度,容易出现监测偏差;文献「5]使用 Faster R-CNN 机器学习对建筑墙体裂缝进行确定,并根据 形状对裂纹进行分类,该方法忽略了噪声点对裂缝 图像像素点分布的影响,监测精度不足。

为了降低监测偏差,提升监测精度,本文结合 多视角三维激光扫描技术,对建筑墙体微小裂缝监 测方法展开深入研究。

1 建筑墙体微小裂缝监测方法设计

1.1 裂缝图像灰度标定

多视角三维激光扫描技术是利用光学探测仪器、 传感器、相机和其他视觉仪器来获取目标物体表面 的三维信息,并对目标的特征进行特定处理后,提 取目标物体的缺陷图像,然后根据相关条件进行质 量判断。多视角三维激光扫描结构见图1。

在墙体裂缝监测中,需要对每一张裂缝图像进 行灰度标定与判断。根据三维激光扫描仪反射的激



Fig. 1 Process flow of multi view 3D laser scanning method

光束被目标表面反射后到水平反光镜的距离确定目标点的三维坐标,计算公式如下:

$$\begin{cases} X = S_0 \cos \theta_1 \sin \theta_2 \\ Y = S_0 \sin \theta_1 \cos \theta_2 \\ Z = S_0 \cos \theta_1 \end{cases}$$
(1)

式中: S_0 为激光束反射后到水平反光镜的距离; θ_1 、 θ_2 分别为激光束的水平角与竖直角。

对图像进行滤波处理,以减少噪声点对像素分 布的影响,即:

$$G_{y} = \omega_{j} \sum \frac{f_{0}h_{1}}{N_{0}}$$
⁽²⁾

式中: f_0 为图像较亮部分的灰度阈值; h_1 为中心像 素点的特征长度; N_0 为像素点个数; ω_j 为扫描过程 中裂缝像素的权重系数。

采用线性估计方法重构激光扫描图像,得到成 像裂缝点的特征密度值:

 $r_1 = G_y[a_i(t)\delta(t) + R(t)a(t)]$ (3) 式中: $a_i(t)$ 为 t 时刻像素点 i 的水平滑移量; $\delta(t)$ 为有效激活函数; R(t)为偏差度函数; a(t)为原始样本的门函数。

对重构的三维激光扫描图像进行模态分割^[6], 得到裂缝图像二值化分离结果:

$$D_t = \frac{r_1 T_1}{A_0 u_d} \tag{4}$$

式中: T₁ 为激光三维扫描的时间窗口长度; A₀ 为采

样幅值; u_d 为衰减常数。

对扫描图像的裂缝平滑项用稀疏性线性方程 为^[7]:

$$W_p = D_t \times \exp\left(-\frac{\bar{u}}{\tau_d}\right) + \hat{x}$$
(5)

式中: \overline{u} 为参考图像; τ_{a} 为采样延时; \hat{x} 为图像结构 尺度系数。

采用连续向量量化方法对上述方程进行迭代求 解^[8-9],由此得到多视角三维激光扫描成像的墙体裂 缝灰度像素值的标定结果:

$$d_{t} = W_{p} (1 - w_{0}) + \frac{g_{1} + g_{2}}{2}$$
(6)

式中: w_0 为随机相位加权; g_1 为拉普拉斯系数; g_2 为朗德因子。

由此完成图像滤波和灰度图像标定,为后续裂 缝图像分割提供良好的基础数据。

1.2 墙体裂缝图像目标区域分割

No

在实际工程中,三维激光扫描仪系统采集的裂 缝图像包含的点云像素数据量非常大,所以为进一 步降低无关点云的影响,提高点云像素数据的处理 效果,创新性地对灰度标定图像进行区域分割。

基于墙体裂缝图像的灰度标定结果,计算实际 采样的样本点数据值与拟合曲面上相应点的取样值 之差的平方和,即:

$$E_{h} = \sum_{i=1}^{\infty} d_{i} \times z_{0} + a_{2}$$
(7)

式中: N_0 为图像像素点数量; d_i 为图像灰度标定值; z_0 为局外点均值; a_2 为拟合系数。

为了便于将超过裂缝边缘拟合面的像素点进行 移除,定义多视角三维激光扫描仪的扫描参数临界 值^[10]:

 $L = \beta_0 p_{max} s_c$ (8) 式中: L 为参数临界值; β_0 为扫描仪精度范围值; p_{max} 为局内点的最大采样迭代次数。

引入标准正态传递函数对图像的波动点进行盲 分离^[11]:

$$z_k = L \mathbf{r}_{\rm c} \mathbf{B}_0 \tag{9}$$

式中: r_c 为波动点的分量向量; B_0 为样本训练衰减度。

设原始图像为f(x, y),大小为 $J \times K$,目标区

研究与应用

域与背景区域的类间方差可为为:

$$g_{y} = \frac{z_{k} \left[t_{1}t_{2} \left(\mu_{1} - \mu_{2} \right) \right]}{JK}$$
(10)

式中: t_1 、 t_2 分别为前景像素点与后景像素点的个数; μ_1 、 μ_2 分别为前后的平均灰度值。

构造图像裂缝区域特征子空间中的能量判别 函数:

$$Q(y) = \frac{\exp(-\chi \sum f(x,y))}{\sum \exp(-\varepsilon_0 g_y)}$$
(11)

式中: ε_0 为参考尺度权值; χ 为边缘像素信息度量 方差。

通过局部最大值搜索对裂缝像素点之间的差异向量进行评估^[12-13],以获取图像中所有灰度值为1的像素点之间的距离之和*D*_z:

$$D_z = \sqrt{\frac{Q(y)}{v_0}} \tag{12}$$

式中: v₀为比例系数。

结合非同态块匹配分割,得到图像目标区域的 分割结果为:

$$F = d_c V_i \boldsymbol{\sigma}_0 \tag{13}$$

式中: V_i 为像素点的匹配系数; σ_0 为停滞步数阈值; d_c 外接圆直径参初始值。

由此在墙体裂缝图像灰度标定基础上,通过非 同态块匹配分割,完成裂缝图像的目标区域分割, 为最终实现裂缝监测奠定基础。

1.3 墙体裂缝监测

由于墙体裂缝图像的特殊性,图像中裂缝形状 往往为非完整裂缝^[14]。因此,在具体工程应用时, 主要针对墙体裂缝区间进行确定,进而实现裂缝 监测。

以待测骨架点 10 × 10 领域为参考区域,取其中 最外端像素中心连线作为裂缝走向,则此时裂缝的 有效宽度为:

 $w_y = \sum \sqrt{Fj_{max}}$ (14) 式中: F 为裂缝图像目标区域的分割信息; j_{max} 为待 测区域的总列数。

以随机选取裂缝轮廓凸包中的一条边作为起始 边,以端点像素为中心将图像旋转 φ 角,使得这条 边与水平坐标横轴平行^[15],则需要旋转的角度 φ 为:

165

$$\varphi = \arctan \frac{w_{\gamma}}{o_j} \tag{15}$$

式中: o_j 为像素点的离散系数。

修正后的像素标定点的真实宽度为:

$$H = \frac{\varphi + k_d}{2} \tag{16}$$

式中: k_a 为图像标定比例。

利用乘法矩阵对分割的目标区域进行仿射变换, 以实现数据样本的增强:

$$\boldsymbol{C} = \boldsymbol{H} \times \left\| \frac{l}{q_2} \right\|^2 \tag{17}$$

式中:l为标记图像上的监督损失; q_2 为像素点平衡 超参数。

将裂缝分割为若干个三角形,通过裂缝边缘点构成的三角网格中每个三角形的面积计算裂缝的 形心:

$$I_c = \frac{\sum C}{B_c}$$
(18)

式中: B_c 为三角形面积。

按照图像结构纹理梯度方向对裂缝进行监测, 得到裂缝的分布区间为:

$$\begin{bmatrix} x_q \\ y_q \end{bmatrix} = I_c \begin{bmatrix} \cos \lambda - \sin \gamma \\ \sin \gamma - \cos \gamma \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vartheta_1 \\ \vartheta_2 \end{bmatrix}$$
(19)

$$\gamma = \arctan \frac{\partial_{\rho}}{\partial_{\zeta}} \tag{20}$$

式中: λ 为裂缝倾角; [ϑ₁, ϑ₂] 为裂缝中心像素 坐标; ρ 为裂缝上所有像素点横坐标与纵坐标之和; ζ 为裂缝的分形维数。

根据上式,即可计算得出墙体裂缝的分布区间 [x_q, y_q],进而得到裂缝的尺寸参数,以此实现墙体 裂缝监测。至此,完成基于多视角三维激光扫描技 术的建筑墙体微小裂缝监测方法的设计。

2 实验论证分析

为验证本文提出的基于多视角三维激光扫描技 术的墙体裂缝监测方法的有效性,设计仿真实验, 并将现有研究文献提出的方法作为对比方法。

2.1 实验准备

选择徕卡 P40 多视图 3D 激光扫描仪进行墙体裂

缝图像采集和处理。徕卡 P40 3D 激光扫描仪集成了 高精度角度测量和测距技术、混合像素精确扫描技 术,具有高性能和稳定性,可满足在特征点较少和 光线不足的影响下,墙体裂缝的扫描需求。多视角 三维扫描仪系统的技术参数见表1。

表1 Leica P40 多视角三维激光扫描系统技术参数 Table 1 Technical parameters of Leica P40 multi view 3D laser scanning system

_			8.7	
	指标	参数值	指标	参数值
	扫描距离	80 m	扫描速度	40 万点/s
	激光线数	16 线	XY 点密度	6 mrad
	采集速度	320000 points/s	视频帧率	$16 \mathrm{fps}$
	分辨率	1.3 MPix	基准距	200 mm
	单幅扫描区域	275 * 250 mm	景深	300 mm

为保证采集到有效的裂缝数据,同时满足 Matlab 中裂缝几何信息提取的需要,取最大测点间距 $\delta_{max} = 0.5 \text{mm}_{\odot}$

墙体裂缝数据集收集了 1252 张图像,并进行手动标注,每张图像的分辨率均为 1200 × 1000。其中, 1000 张图像包含裂缝, 252 张图像不包含裂缝。

2.2 实验说明

实验操作平台为 Windows10 系统;利用 Matlab 结合 C 语言编程设计图像处理算法对墙体裂缝图像 进行细化处理;将 3D 激光扫描像素的灰度值设置为 200 * 100,总灰度级为 16,图像采集平滑模板的范 围为(2,15),使用四波段 6 m 分辨率,标准偏差 为 8,范围为(0.36,1),图像分割迭代次数为 500 次,时间步长 *t* = 0.2 s。基于上述模拟环境和参数设 置,利用本文设计的方法对建筑墙体微小裂缝进行 监测。

2.3 墙体裂缝监测结果分析

从测试集中随机选取若干建筑墙体裂缝图像进 行裂缝监测,图2给出了应用本文方法得到的检测结 果示例。



图 2 裂缝监测结果示例 Fig. 2 Example of crack monitoring results

为量化本文方法对墙体裂缝监测结果,将非目标区域的点云剔除,得到的局部有效点云示意图如图3所示。



(a) 移除超出拟合曲面临界值的点(b) 移除裂缝内部点后的点云
 图 3 裂缝内部点云移除
 Fig. 3 Removal of point cloud inside cracks

对监测得到的裂缝的长度与宽度进行求取,并 将计算结果与实际结果相比较,以判定本文方法的 监测效果,结果如图4所示。



Fig. 4 Monitoring results of cracks in building walls

如图4所示,本文提出的方法能够有效监测墙体 微小裂缝,在对裂缝的长度与宽度进行监测时,得 到的监测结果与实际裂缝尺寸基本一致,监测偏差 较小,监测精度较高。这是由于多视角三维激光扫 描对于裂缝图像的灰度标定较为准确,从而使得裂 缝监测精度较高,监测效果更佳。

2.4 裂缝深度偏差对比实验分析

采用基于面波法的裂缝监测方法(方法1)、基 于目标追踪算法的裂缝监测方法(方法2)和本文方 法对不同标定比例的墙体裂缝深度进行监测,结果 见表2。

由表2可知,在不同裂缝标定比例条件下,应用 本文方法对墙体裂缝深度进行监测,得到的监测偏 差值均在0.1 mm以下,相比于其他两种方法,本文 方法的监测精度更高,而方法1与方法2的最大监测 偏差值分别为0.412 mm 和0.333 mm。分析原因可 知,方法1与方法2未针对裂缝信息提取所需要的图 像数据进行预处理,且对于建立的监测模型的损失 函数设置具有较大的主观性,从而导致监测误差较 大,影响了监测精度。

表 2 裂缝深度监测偏差结果对比 Table 2 Comparison of deviation results for crack depth monitoring

裂缝标定比例	深度实测值	偏差/mm		
/ (mm/pixel)	/ mm	方法1	方法2	本文方法
0.42	1.58	0.247	0.125	0.025
0.26	1.69	0.256	0.147	0.013
0.22	0.93	0.279	0.236	0.054
0.35	0.47	0.304	0.241	0.073
0.51	1.03	0.367	0.298	0.021
0.62	0.71	0.412	0.333	0.036

通过上述实验对比结果可以表明,本文设计的 方法在建筑墙体微小裂缝的长度、宽度、深度监测 中,具有较低的监测偏差、较高的监测精度。

3 结语

为了有效解决当前建筑墙体微小裂缝监测方法 监测偏差较大的问题,以多视角三维激光扫描技术 为依托,研究并设计了一种墙体裂缝监测方法。通 过对墙体图像的灰度标定与目标区域的分割,确定 裂缝的分布区间,以此实现裂缝监测。并通过实例 应用验证了方法有效降低了监测偏差。在今后研究 中,将针对墙体裂缝特征进行多维度提取,以期在 保证监测精度同时提升监测效率。

参考文献

- [1] 姬文鵬,贺骥,常勇,等.基于轻量化卷积神经网络的桥梁混凝土裂缝检测方法及验证[J].公路交通技术,2023,39
 (1):125-132.
- [2] 苗新法,李晓琴,刘宝莲,等. 基于改进 YOLO v4 的铁轨裂缝 目标检测算法 [J].光电子・激光,2023,34 (8):816-822.
- [3] 聂志勇,余平,游雅晴,等.结合半监督和分割的墙体裂缝检测方法 [J].自动化应用,2023,64 (14):189-193.
- [4] 卞长庚,郝万君,马文琪. 基于 Xception 和 SA 的 YOLO v5 建筑裂
 缝检测方法 [J]. 计算机技术与发展, 2023, 33 (8): 159-164.
- [5] MANINGO J M Z, BANDALA A A, BEDRUZ R A R, et al. Crack Detection With 2D Wall Mapping For Building Safety Inspection
 [J]. IEEE, 2020, 22 (11): 16-19.
- [6] 陈婷婷. U-Net 的桥梁裂缝智能检测方法改进研究 [J]. 大众 科技, 2023, 25 (1): 18-21, 57.
- [7] 赵鸿图,周秋豪.基于分数域加窗和对比度增强的路面裂缝检

167

测 [J]. 科学技术与工程, 2023, 23 (1): 347-355.

- [8] 周中, 闫龙宾, 张俊杰, 等. 基于 YOLOX G 算法的隧道裂缝 实时检测 [J]. 铁道科学与工程学报, 2023, 20 (7): 2751-2762.
- [9] 李英. 连续 Sylvester 矩阵方程求解的分裂迭代算法 [J]. 应用数学和力学, 2020, 41 (1): 115-124.
- [10] 张瑞燕.结合多尺度特征和注意力机制的公路裂缝检测 [J]. 现代电子技术,2023,46 (3):100-104.
- [11] 陈红, 王俊杰. 基于改进 YOLO v5 的红外沥青路面裂缝检测 方法 [J]. 电视技术, 2023, 47 (4): 43-50.
- [12] 陈宇平,范高. 基于改进 DeepLab V3 + 在复杂环境下的道路
 裂缝检测 [J]. 广州大学学报(自然科学版), 2023, 22
 (2): 43-51.
- [13] 邱昕捷,韩凤磊,赵望源.水下机器人实时智能裂缝检测算法[J].哈尔滨工程大学学报,2023,44 (5):774-782.
- [14] 杜敏,杨国庆,张慧. 基于 YOLO v4 EfficientNet B7 的桥梁
 裂缝检测方法研究 [J].天津城建大学学报,2023,29 (1): 55-61.
- [15] 潘勇. 基于图像处理的路面裂缝检测研究 [J]. 科学技术创新, 2023 (6): 137-140.

endre of the service of the service

(上接第139页)

补了过去由于经济发展水平等原因留下的遗憾,切 实符合人民日益增长的美好生活需求。本文通过实 地以及资料调研,结合建筑需求以及周边环境因素 等,总结了各种电梯加装方位类型,并对其优劣做 出分析。此外,对于增设电梯对日照影响程度以及 增设电梯与机动车道及绿化空间关系,均给出了详 细的评价标准和等级分类,为既有建筑加装电梯布 置方案前期调研及可行性研究提供了参考依据。

参考文献

[1] 杨智凯. 老旧住宅增设电梯及其关联环境空间设计策略 [D].

(上接第150页)

体变形原因与治理措施分析 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2020, 31 (1): 25-29.

- [3] 陆培庆, 唐超. 移动式三维激光扫描技术在地铁隧道变形监测中的应用[J]. 测绘通报, 2020 (5): 155-157, 160.
- [4] 刘博峰. 基于 BP 神经网络算法的大变形隧道位移监测数据分析 与应用 [J]. 铁道建筑, 2022, 62 (7): 106-109.
- [5] CHEN R P, CHEN S, WU H N, et al. Investigation on deformation behavior and failure mechanism of a segmental ring in shield tunnels based on elaborate numerical simulation [J]. Engineering Failure Analysis, 2020, 117: 104960.
- [6] 刘家振,李斌,杨成生.切距与切片外轮廓自适应不规则点云 对象切片法 [J].激光杂志,2022,43 (6):65-69.
- [7] 屈乾龙,朱庆伟,艾卫涛,等. 塔形建筑物轮廓点 Z 坐标点云倾 斜监测方法 [J]. 西安科技大学学报, 2021, 41 (4): 715-723.
- [8] 徐飞,田茂义,俞家勇,等.基于隧道水平中线的全局断面提取及形变分析 [J].岩石力学与工程学报,2020,39 (11):2296-2307.
- [9] 张立伟. 特大断面公路隧道力学响应数值仿真 [J]. 计算机仿

绵阳:西南交通大学,2021.

- [2] 岳晓.西安市单位型住区多层住宅公共空间适老化改造设计研究 [D].西安:西安建筑科技大学,2015.
- [3] 李昊宇. 既有多层居住建筑增设电梯空间设计研究 [D]. 长春: 长春工程学院, 2019.
- [4] 张仕诚. 2017 既有多层住宅加装电梯工程实例调研报告 [D].天津:天津大学, 2018.
- [5] 宁晋萱. 北方高层住宅景观设计中优化日照分布的方法研究 [D]. 石家庄:石家庄铁道大学, 2021.
- [6] 刘思远. 既有老旧小区加装电梯工程改造对原建筑物的综合影 响研究 [D]. 昆明: 云南大学, 2021.
- [7] 林晨. 基于日照因素影响下的高密度住区设计研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2011.

真, 2021, 38 (2): 101-105.

- [10] KERMARREC G, LÖSLER M. How to account for temporal correlations with a diagonal correlation model in a nonlinear functional model: a plane fitting with simulated and real TLS measurements [J]. Journal of Geodesy, 2021, 95 (1): 1–21.
- [11] 倪向龙,龙建辉,张玲玲.黄土地区高速公路隧道洞口滑坡变形 机理分析 [J]. 煤炭科学技术, 2021, 49 (5): 234-241.
- [12] FRANZA A, RITTER S, DEJONG M J. Continuum solutions for tunnel – building interaction and a modified framework for deformation prediction [J]. Géotechnique, 2020, 70 (2): 108–122.
- [13] JEONG B, KERSEY S N, YOON J. Approximation of multivariate functions on sparse grids by Kernel based Quasi interpolation
 [J]. SIAM Journal on Scientific Computing, 2021, 43 (2): A953-A979.
- [14] 陈秋南,曾奥,罗鹏,等.圆宝山隧道炭质板岩大变形段初期 支护结构受力特性研究 [J].应用力学学报,2020,37 (2): 810-817,944-945.