

数字图像处理技术在岩土工程中的应用及展望

刘超远¹⁻²

1. 煤炭工业合肥设计研究院有限责任公司 安徽 合肥 230041
2. 深圳市滨海岩土与环境工程有限公司 广东 深圳 518000

摘要：数字图像处理指将图像信号转换成数字信号并对其进行处理的过程，包括图像获取、纠正、分割、信息提取等步骤。基于岩土体的数字图像，采用图像处理的手段获取岩土参数（尤其是在岩土微观参数方面）具有巨大的优势。本文在研究相关文献的基础上，对岩土工程领域数字图像技术的应用与研究现状进行了简要分析与研究。基于数字图像处理技术的原理、发展历程及现状，结合岩土工程领域的特点及存在问题，对数字图像处理技术与岩土领域的结合方向及进一步发展进行了深入探讨，认为：采用便携设备对岩土对象进行数据采集后，利用数字图像处理手段对对象进行特征提取，在岩土领域应用前景广泛，具有很重要的研究及应用价值。

关键词：数字图像处理；岩土参数；综述

1 图像识别概述

人类从外界获取的信息有75%来源于视觉^[1-2]。用特定的设备将客观世界记录到某种客体上便形成了图像，其中以二维数字组形式表示的图像称为数字图像。数字图像中每个基本数字单元简称像素。按照数字图像特征，可分为灰度分类、色彩分类、运动分类、时空分类等^[3]。

对获取的图像信号，通过某些设备（如数码相机、扫描仪等）将其转变为数字信号，再运用各种各种图像处理手段对其特征进行提取的过程被称为数字图像处理。图像处理的过程一般包括：信息预处理、信息分组分割、目标参数提取等内容。信息预处理常用的方法有：增强、变换、复原等。信息分组分割大致可分为连续性分割和相似性分割两种类型，

目标参数提取基于信息分组分割，对所要研究的对象的目标信息进行提取与分析。图像识别技术的发展主要经历了文本信息提取识别，分割图像信息识别，三维物体信息识别三个阶段^[4-5]。现阶段图像识别技术在遥感、生物医学、农业、交通、军事、商业等领域应用广泛。^[6-8]

2 岩土领域图像识别技术的发展现状及趋势

2.1 图像识别技术发展概述

图像处理技术起源于1950年代，1960年代逐渐发展成为一门独立的学科。发展初期，数字图像处理侧重于从人的视觉角度提高图像的识读性，如视觉效果，对模糊对象进行处理等。这阶段的典型代表为1964年美国宇航局对航天探测器拍摄的数千月球照片进行处理，并基于处理的结果面对月球地形地貌、月球全景图等有了充分的了解，对人类登月工程提供了重要支撑，对图像处理学科起到了巨大的推动作用。

上个世纪60-70年代随着离散数学的进步，图像识别技术进一步发展，这时期取得的一个巨大成就是70年代英国EMI公司发明的CT检测装置，实现了获取人体各部位的清晰断层图像，并因此而获得诺贝尔生理学或医学奖。

1970年代以后计算机技术的飞速发展、人工智能技术的进步，图像处理技术的发展也随之走上了快车道。这阶段的典型代表为Marr的视觉计算理论。在计算机技术、人工智能、理论的基础上，1990年代图像处理技术获得了巨大进步，而进入于21世纪后图像处理技术获得了飞跃式发展。图像处理技术已经在很多领域应用广泛、不可或缺^[25]。

2.2 图像识别技术在岩土领域运用

图像识别技术在岩土领域的研究与应用主要集中于：岩土性质、监测测量及相关识别程序的开发等方面。

2.2.1 岩土性质研究

岩土性质研究方面可分为微观方面与宏观方面两个方向。在微观方面多采用电镜扫描、CT扫描等手段获取岩土体微观照片，通过图像识别的手段获取相应的岩土体参数等信息。同时基于获取的参数，运用数值试验等手段研究相关参数对岩土体性质的影响。在宏观方面，多采用数码相机、航拍等手段获取岩土体宏观形貌，运用图像识别技术分析宏观形貌；此外有将图像处理运用于外界作用于岩土体，所引起的岩土体变化的研究，如在岩体单轴压缩试验中，采用CT扫描获取不同位置，不同时间的剖面，从而分析裂隙的变化规律。这方面的研究有：岳中琦、徐文杰在年将数字图像处理结果运用于有限元中，并成功运用到了沥青混凝土、花岗岩等材料中，对比了不同方法所获得的岩土参数之间的区别^[9-12]。刘敬辉（2003）基于现状对岩土微观结构研究以定性研究为主的现状，建立了一套微观结构观测、数据采集、处理系统，实现了在不同压力下土工三轴试验微观结构的变化规律的识读性，为定量研究土体在荷载作用下的土体结构变化规律、宏观现场的微观原理提供依据^[13]。刘慧（2006）运用数字图像处理的原理和方法，基于损伤力学理论，提出了数字图像数值分析方法，对岩石损伤的分布、演化、变化过程进行了研究。研究结果表明：岩石初始损伤越大、孔隙率越高、含水量越大，冻结（融化）周期就越短；在长期冻融循环作用下，岩石的损伤劣化速度加快；温度场分布形态的改变首先发生在有微裂隙、孔隙的地方^[14]。刘延保（2008）应用SVM分类机提取花岗岩原始图像中的细观结构，可以提高图像处理的准确率和效率^[15]。刘春（2008）对岩土体裂隙采用数字图像处理手段进行分析。在提取裂隙网络及主干的基础上，提取了岩土体裂隙形态参数如：裂隙的宽度、长度、方向等参数。并进一步形成了一套裂隙连通性的评价方法。对岩土裂隙进行了定性定量研究^[16]。陈从新（2010）分析了现阶段的岩土图像处理的方法及行业展望^[17]。隋旺华（2011）将数字图像处理技术与透明土试验相结合，在获得的透明土变形和渗流变化的图像后，运用图像处理手段对参数进行提取及开展相应研究^[18]。李长圣（2014）对含砾滑带土试

作者简介：刘超远（1989—），男，汉族，安徽安庆人，硕士研究生，工程师，技术员，研究方向为岩土工程、工程地质。

基金项目：2021年深圳市工程建设领域科技计划项目《基于图像识别技术测定岩土密度、孔隙率等基本物理参数的关键技术研究》。

样进行CT扫描,获得土体内部颗粒分布特征,基于CT扫描图像,建立相应的数值模拟模型,为滑带土的运动变化中土体运动规律,对砾石边缘细粒土的受力情况进行了分析^[19]。石崇(2012)运用数字图像处理手段获取冰水堆积体结构特征,基于获取的特征参数建立相应的数值模拟模型,研究冰水堆积体剪切过程中规律。胡日成(2016)采用图像处理技术获取块石形状参数,建立块石随机形状数据库。建模过程中,通过随机调取块石图像获取块石形状随机模型,再根据级配特征、形状特征和不规则颗粒填充算法生成满足特定级配和块石形状特性的土石混合体的离散元模型^[21]。韩国幸(2017)等利用二维数字散斑相关测量系统进行土层锚固体界面力学特征实验^[22]。孔纲强(2020)将数字图像处理技术应用于透明土研究中,实现了位移场、渗流场及温度场的可视化,为地下结构与土体相互作用机理提供了依据^[24]。

2.2.2 监测测量

图像识别在监测方面的应用有:汪晓龙(2021)基于图像处理等技术,建立了基坑安全监测平台,并在实际项目上运用良好^[26]。

2.2.3 系统开发

随着图像识别技术的发展,对图像识别的运用在很多领域崭露头角,如常见的车牌识别系统、人脸识别系统等。由于岩土体的特性,如定名相同的土体,矿物成分、级配完全不同等,开发一直适用于所有岩土体的系统存在不小难度。针对岩土体某种特性,相对应开发了一些系统;如李磊(2019)设计了一种基于图像处理与机器学习算法相结合的图像识别方法检测岩土湿度,实现气体钻井中岩土湿度检测。^[23]

3 结论与展望

图像处理在岩土工程领域中(尤其是在微观方面)开展了较多的实践,取得了较多的成果,是分析岩土的微观特性的有效手段。传统的图像处理手段,往往是采用电镜扫描、CT等手段获取岩土的图像,再采用阈值切割、边缘检测等手段对数字图像进行分割,最后对关心的参数进行提取。

该种手段所获取的岩土数字图像存在仪器笨重、拍摄成本高、拍摄条件苛刻等问题,不便于推广应用。因此如何简便、快捷、高效的获取岩土照片成为制约图像处理在工程中应用的重要因素。随着科学技术的发展,数码相机(手机)等拍摄照片质量越来越高,采用数码相机(手机)取代电镜扫描、CT获取岩土数字图像变成可能。然而数码相机(手机)存在图形扭曲、曝光不足、操作方法等问题。对数码相机(手机)的拍摄人员进行相应培训,对图像获取制定相应规则,对图像进行相应纠正等手段,可以保证获取图像质量。

岩土数字图像的特殊性,数字图形的分割、数据提取等与一般的图像识别有所不同。岩土数字图形的分割研究较少,在图形切割中一般直接采用现有分割方法,采用自动切割方法获取的图像往往得不到满意的成果。因此或多或少的需要人工参与。因此如何实现自动分割是一个重要的课题。

可以预见,采用数码相机等手段获取岩土图像,自动识别岩土参数是可行的,并能运用于具体工程实践。

参考文献

[1] 章毓晋. 图像处理和基础[M]. 高等教育出版社, 2002.
 [2] 冈萨雷斯, R.C.), Richard E. Woods, 等. 数字图像处理: MATLAB 版: 英文[M]. 电子工业出版社, 2009.
 [3] 张兆礼, 赵春晖, 梅晓丹. 现代图像处理技术及 Matlab 实现[M]. 人民邮电出版社, 2001.
 [4] 商睿. 图像识别技术的概述及其最新应用探究[J]. 科技传播, 2019.

[5] 祝志恒, 广东华路交通科技有限公司, 广东华路交通科技有限公司, 广州. 数字图像处理技术在岩土工程测试领域的应用与发展[J]. 广东公路交通, 2014(4): 71-76.
 [6] 陆婉芸, 王继周. 遥感影像超分辨率处理方法与研究进展[J]. 测绘科学, 2016(12).
 [7] 郑利浩, 郑秋岚, 林志洁, 邢卫, 医学图像语义分割的深度学习[J], 计算机工程与应用, 2021
 [8] 吴玲达, 姚中华, 任智伟. 面向战场环境感知的高光谱图像处理技术综述[J]. 装备学院学报, 2017, 28(003): 1-7.
 [9] Z Q Yue, S Chen, L G Tham. Finite element modeling of geomaterials using digital image processing[J]. Computers and Geotechnics, 2003, (30): 375-397
 [10] 岳中琦, 陈沙, 郑宏, 等. 岩土工程材料的数字图像有限元分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004.
 [11] 陈沙, 岳中琦, 谭国煊. 基于数字图像的非均质岩土工程材料的数值分析方法[J]. 岩土工程学报, 2005(8): 956-964.
 [12] 尚彦军, 岳中琦, 胡瑞林, 等. 五种不同途径获取全风化花岗岩孔隙度数值对比[J]. 地质灾害与环境, 2004, 15(001): 75-79.
 [13] 刘敬辉, 洪宝宁, 张海波. 土体微细结构变化过程的试验研究方法[J]. 岩土力学, 2003, 24(005): 744-747.
 [14] 刘慧. 基于CT图像处理的冻融岩石细观损伤特性研究[D]. 西安科技大学, 2006.
 [15] 刘延保, 曹树刚, 刘玉成, 等. 应用支持向量机处理岩土材料的细观图像[J]. 重庆大学学报, 2008, 31(007): 720-724.
 [16] 刘春, 王宝军, 施斌, 等. 基于数字图像识别的岩体裂隙形态参数分析方法[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(9): 1383-1388.
 [17] 陈从新, 刘秀敏, 刘才华. 数字图像技术在岩石细观力学研究中的应用[J]. 岩土力学, 2010, 31(00z): 53-61.
 [18] 隋旺华, 高岳. 透明土实验技术现状与展望[J]. 煤炭学报, 2011(04): 577-582.
 [19] 李长圣. 含砾滑带土三轴剪切的精细数值模拟研究[D]. 南京大学, 2014.
 [20] 石崇, 王盛年, 刘琳, 等. 基于数字图像分析的冰水堆积体结构建模与力学参数研究[J]. 岩土力学, 2012, 033(011): 3393-3399.
 [21] 胡日成. 土石混合体的数字图像离散元分析[D]. 重庆大学.
 [22] 韩国幸. 基于数字散斑相关方法土层锚固体本构关系的实验研究[D]. 山东科技大学, 2017.
 [23] 李磊. 基于图像识别的岩土湿度在线检测系统[D]. 西南交通大学, 2019.
 [24] 孔纲强, 沈扬, 杨庆, 等. 三维透明土实验技术平台开发及在实践教学中的应用[J]. 实验技术与管理, 2020.
 [25] 孙华魁, 数字图像处理与识别技术研究, 天津科学技术出版社, 2019.
 [26] 汪晓龙, 卢鹏, 陈飞. 城市级基坑工程安全智能化监测管理平台的研究与实现[J]. 中国建设信息化, 2021(014): 000.]