DOI:10.20033/j.1003-7241.(2025)07-0158-06

楼宇综合三维房地产信息登记管理系统研究

桂大伟[1,2]，何华贵[1,2]，陈朝霞[1,2]，杨文杰[1,2]
（1.广州市城市规划勘测设计研究院，广东 广州 510000；
2.广东省城市感知与监测预警企业重点实验室，广东 广州 510060）

摘　要：随着房地产经济的日益繁荣，房地产交易业务量也在不断增加，房产信息的安全管理成为了重中之重。为了解决房产信息的安全管理问题，此次研究将国密算法中的SM2算法应用于三维房地产信息登记管理系统中，进行系统安全性能的升级。将系统中数据层包含的信息输入SM2算法中，对其进行参数选取，并配置对应的公私钥密码，完成信息加密。实验结果表明，SM2算法最高可达到100%的信息识别率，并且可以快速地达到稳定状态。在进行高效率运算的同时，还可以达到极高的信息保密性。综上所述，SM2算法在三维房地产信息登记管理系统中具有较为优异的应用性。

关键词：SM2算法；三维GIS；房地产；信息安全
中图分类号：TP309.7　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1003-7241(2025)07-0158-06

Research on Comprehensive 3D Real Estate Information Registration and Management System for Building

GUI Dawei[1,2], HE Huagui[1,2], CHEN Zhaoxia[1,2], YANG Wenjie[1,2]
(1.Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, Guangzhou 510000, China;
2. Guangdong Enterprise Key Laboratory for Urban Sensing, Monitoring and Early Warning, Guangzhou 510060, China)

Abstract: With the increasing prosperity of real estate economy, the volume of real estate transaction business is also increasing, and the security management of real estate information becomes a top priority. In order to solve the problem of security management of real estate information, this research applies the SM2 algorithm in the national secret algorithm to the 3D real estate information registration management system to upgrade the security performance of the system. The information contains in the data layer of the system is input into the SM2 algorithm, the parameters are selected, and the corresponding public and private key passwords are configured to complete the information encryption. The experimental results show that the SM2 algorithm can achieve up to 100% information recognition rate and can reach a stable state quickly. While performing efficient operations, it can also achieve extremely high message confidentiality. In summary, the SM2 algorithm has excellent applicability in the 3D real estate information registration management system.

Keywords: SM2 algorithm; 3D geographic information system; real estate; information security

0　引言

随着国家经济水平的提高，房地产行业越发繁荣。关于房产交易的业务量逐渐增大，房地产信息登记量的剧增增加了信息安全风险。传统的房地产信息登记系统已经难以跟上市场发展，信息登记系统的升级迫在眉睫[1]。目前国外已经依靠着先进的计算机水平，通过三维地理信息系统（geographic information system，GIS）开发出了一种三维房地产信息登记管理系统，实现了大量业务安全并行的能力[2]。虽然国内的瑞思软件公司也已经开发出了可以稳定高效管理信息的系统，但是关于安全性的问题还未妥善解决。为了解决信息安全的问题，美国开发出了一种非对称数据加密算法，即RSA算法，但是由于RSA的性能不稳定，所以随之又提出了一种改进后的椭圆曲线密码学（elliptic curve cryptography，ECC）算法[3]。我国为了信息安全和摆脱对国外算法的依赖性，自主研发了SM1，SM2和SM3等国密算法，其中，SM2因为具备更安全的密码强度和非对称加密的算法形式而被广泛应用。在2010年，国家密码局发布了《SM2椭圆曲线公钥密码算法》，对SM2进行规范化管理。随着密码算法技术的不断成熟，许多学者对SM2进行了优化。杨宏志等人在2021年对SM2算法的区块链系统进行优化，优化后的传输数据速率达到了425/tps，提高了2.6%的速率[4]。此次

*基金项目：广东省城市感知与监测预警企业重点实验室基金项目（2020B121202019）资助；广州市城市规划勘测设计研究院科技基金项目（2020科研〔院〕70）资助
收稿日期：2023-09-26

研究便采用SM2算法对三维GIS下的房地产信息登记管理系统进行应用，通过将数据输入SM2算法进行参数选取，并配置对应的公私钥密码，实现对信息的加密。从而有效保护房产信息的安全，防止数据泄露和非法访问，完成房产信息管理系统的安全性能升级。

1 基于SM2算法的三维房地产信息登记管理系统研究

1.1 国密算法SM2结构设计

ECC是根据椭圆曲线数学理论提出的一种非对称密码算法。非对称密码算法也被称为公钥密码算法，该算法通过公开密钥和私有密钥对信息进行加解密，发送方和接收方只有在共同拥有不同的密钥时才能完成加解密过程[5]。其中每对密钥都具有独一无二的匹配关系，非对称密码算法与公钥和私钥与对称密码算法相比，安全性和稳定性都更高。椭圆曲线密码算法ECC相较于其他非对称密码算法，可以在使用更短的密钥长度时达到相同的安全等级[6]。ECC的表达式如式(1)所示。

$$y^2=x^3+ax+b \tag{1}$$

式中，a 和 b 都是素数域中的元素，对域中的椭圆曲线进行定义。ECC的运算过程主要是通过两种曲线上的点运算进行的，即ECC点加法运算和ECC点倍乘运算。假定存在一个椭圆曲线E，曲线上存在三个点 P_1，P_2 和 P_3，三个点的转换关系如(2)所示。

$$P_3=P_1+P_2 \tag{2}$$

当三个点满足式(2)的转换公式时，那么 P_3 为连接 P_1 和 P_2 的直线和椭圆曲线E的交点关于x轴的对称点，此时的式(2)便为ECC的点加法运算。ECC的倍乘运算有三种类型，其表达式为式(3)。

$$s\cdot P=\begin{cases}P+P+\ldots+P & s>0\\ O & s=0\\ (-s)(-P) & s<0\end{cases} \tag{3}$$

式中，s 为倍乘参数，O 为椭圆曲线E的原点，$-P$ 为点 P 关于x轴的对称点。

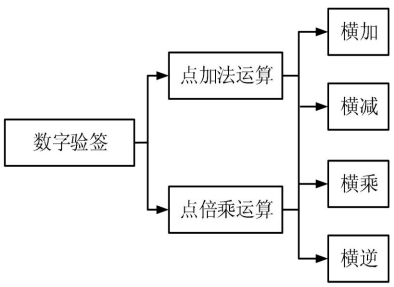


图1 椭圆曲线运算过程

图1为椭圆曲线的运算过程。椭圆曲线的运算主要分为三层。第一层为数字验签功能层，其中包括数字签名和检测公钥合法性的功能。第二层为椭圆曲线的点运算过程，可以在运算中进行算法叠加。第三层为第二层的基本模运算，通过模运算可以实现第二层的点运算。

由于ECC算法是国外学者提出的算法，为了我国的信息安全，国家密码局禁止了ECC在我国的商用，并自主研发了SM1，SM2，SM3和SM4等国密算法。其中SM2是在ECC的基础上推演而来的，与ECC不同的是，SM2算法使用的256位的有限域阶数，因此具有更高的密码强度和安全程度[7]。

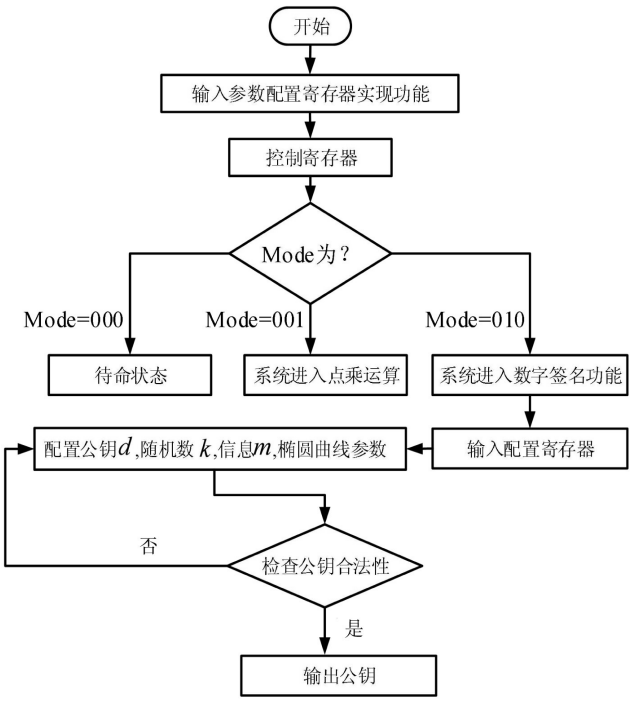


图2 SM2的运算流程

图2为SM2的运算流程图。该流程首先将椭圆曲线的参数输入至配置寄存器，达到控制寄存器的效果。其中当寄存器的mode为000时，则选定寄存器为待机状态，此次寄存器无法实现任何功能；当mode为001时，寄存器可以进行点乘运算，通过横运算的叠加实现功能模块的控制；当mode为010时，寄存器系统进入数字签名功能模块，然后再次输入包含目标参数的配置寄存器后，可以进行公钥 d，随机数 k，信息 m 和椭圆曲线相关参数的数值选取，将选取的公钥参数传入验证环境中，当指令寄存器显示公钥合法时，则输出一对公钥，完成数据加密过程；显示公钥不合法时，则回到参数配置环节，重新进行数值选取。目前SM2国密算法是通过apb总线与外部进行信息传输的，输入不同的信号值则代表着不同的含义，表1为SM2在abp上的常用信号表。

表1中为SM2在通过abp总线进行信息传输时的常用信号及其含义。其中在信息传输时出现“interrupt_o”信号的情况主要有三种，第一种是当SM2进行点乘运算时出现中断状态，表明输入数据不合法；第二种是公钥合法性检测时出现中断状态，表明公钥不合法；第三种是数

字验签时出现中断，表明系统拒绝签名。

表1 SM2在abp上的常用信号表

输入信号	含义及功能
pclk_i	apb总线的输入时钟
preset_	apb总线的复位
paddr_i	配置寄存器地址的写入
pwrite_i	读写属性
psel_i	从机选择信号
penable	apb的传输使能信号
pwdata_i	数据总线
prdata_o	读数据总线
interrupt_o	输出的中断状态

1.2 基于SM2算法在三维房产信息管理系统的应用研究

随着我国房地产行业的迅猛发展，房产交易数量日益增加，传统的二维房地产信息管理系统已经难以跟上市场发展速度。三维地理信息系统（three dimensional geograp hic information system，3DGIS）是在三维地理数据数字化的基础上，通过空间数据库对数据进行管理，实现数据采集、存储和检索等功能[8]。与传统的二维信息系统相比，三维GIS在原有的X，Y坐标的基础上增加了第三维Z轴的坐标信息，即垂向坐标信息，这说明三维GIS具有更复杂的空间拓扑关系。比如在对城市中高层楼宇的房产信息管理中，采用三维GIS可以展现更加完整的房屋信息和交易信息[9]。图3为房地产信息管理系统的需求功能分析示意图。

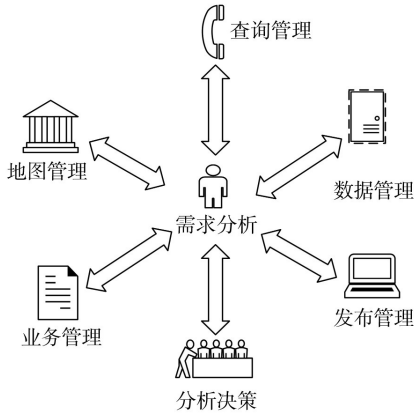


图3 房地产信息管理系统的需求功能分析

系统的需求功能分析是建立在二维和三维房产地理信息的基础上，让房产市场的日常业务与局域网结合起来，满足房产商和用户的不同需求。该系统通过对业务信息的分析和决策，协调整个工作流程，完成房产信息管理服务。其中，地图管理的功能主要是对房产的二维和三维地理信息进行提取，并转换成符合业务属性的数值进行管理。业务管理是将房产交易市场等核心业务信息与二维，三维地理信息进行匹配式管理。分析决策主要是通过房产交易市场的动态变化为房产信息的更新作出决策依据。数据管理是将系统中涉及到的地理信息，房产信息和业务信息等进行综合管理。发布管理是采用局域网使用户及时了解到房产的最新消息[10]。

图4为三维GIS的房产信息管理系统。

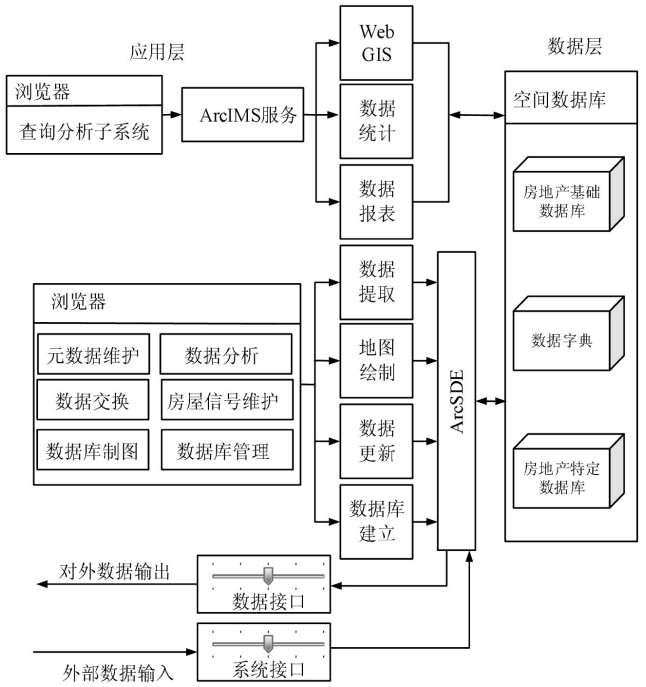


图4 基于三维GIS的房产信息管理系统

由图4可以看到，该系统含有数据层、逻辑层和应用层三层结构。数据层主要是通过房地产交易市场对相关信息进行采集和管理；逻辑层具有对数据层采集的数据进行分析统计和存储的功能。应用层具有不同的功能满足用户不同的使用需求。其中，由于数据层掌握着用户的大量私人信息，所以为了保障个人信息的安全，需要对其进行加密管理。国密算法中的SM2是目前国内最为常用的信息加密算法，具有较高的安全性能，故可以采用SM2对房地产系统中的用户信息进行加密处理[11]。处理过程首先对SM2算法的运算功能模块进行参数匹配，再将信息管理系统中的用户信息作为目标数据输入SM2算法的配置寄存器中，然后通过对包含目标数据的寄存器进行公私钥密码配置，并完成公钥合法性检测，形成目标数据对应的公钥密码，完成数据的加密。最后将加密后的数据储存在三维房产信息管理系统的数据层中进行统一管理，完成房产信息管理系统的安全性能升级[12]。

2 基于SM2算法在房产信息管理系统中的应用

2.1 SM2算法的性能分析

此次实验先对某个小区里的楼宇房屋信息进行提

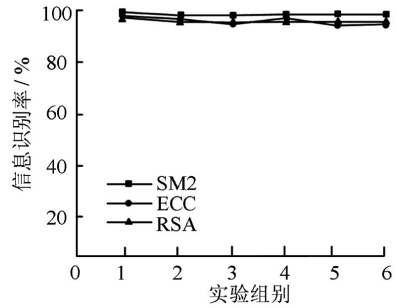
取，以500份房产信息为一组实验，按照7∶3的比例分为实验集和验证集，共设定6组平行实验。实验使用的软件设备及版本号如表2所示。

表2 实验软件设备

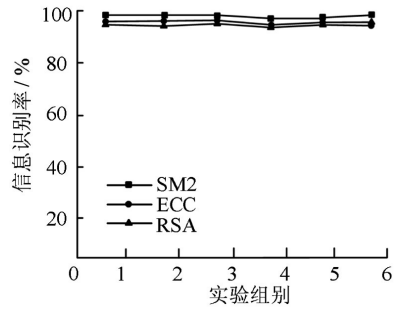
实验硬件	实验软件	软件版本号
/	通讯软件	IP/TCP
局域网	/	SDK采集器
PC服务器	专业软件	JRE 1.5.23
高档PC服务器	/	JDK1.5.3
/	数据库	Microsoft SQL Server2012 Windows 2012 Server
/	操作系统	Windows 2012 Professional

ECC和RSA均为非对称密码算法中的典型算法，具有很高的安全性能，故以ECC和RSA为对照算法，采用SM2，ECC和RSA三种算法分别对6组实验数据集进行加密处理。由于对房产信息进行加密的前提是需要对信息进行有效识别，所以信息的识别率是算法重要的性能之一。除此之外，算法在运算过程中的误差决定着加密性能的好坏。综上所述，此次实验对算法的运算误差率和信息识别率，再结合综合性能进行分析。

图5是SM2、ECC和RSA三种算法下的信息识别率对比图。



(a) 三种算法下的训练集信息识别率

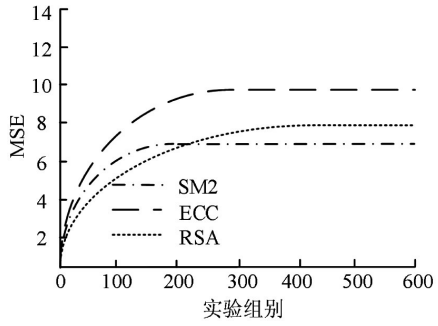


(b) 三种算法下的测试集信息识别率

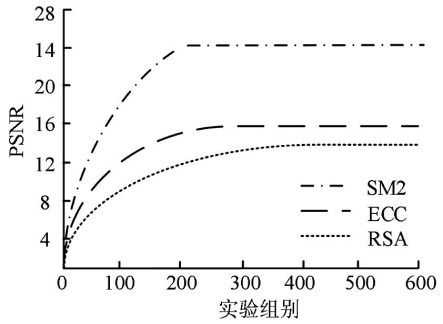
图5 三种算法下的信息识别率

图5(a)是不同算法对训练集的信息识别率。可以看到SM2的信息识别率要高于ECC和RSA两种算法，SM2的信息识别率最高可以达到100%，ECC最高达99.2%，RSA最高达99.1%。图5(b)为不同算法下的测试集信息识别率，在测试集的实验中，SM2的识别率仍高于其他两种算法，最高达98.5%。综上所述，SM2的信息识别性能优于ECC和RSA两种算法。

图6为SM2、ECC和RSA三种算法下的MSE和PSNR变化曲线。



(a) 三种算法下的MSE值



(b) 三种算法下的PSNR值

图6 三种算法下的MSE和PSNR曲线

图6(a)为三种算法下的MSE值，可以看到随着处理房产信息量的增加，SM2相较于ECC和RSA能够更快地到达稳定状态，最终稳定MSE值为6.7。图6(b)为三种算法下的PSNR值，可以看到随着样本数量的增加，SM2的PSNR可以更快速地达到稳定状态，且PSNR稳定值高于其他两种算法，最终SM2的PSNR稳定值为14.0。由于MSE越小，PSNR值越大，该算法越稳定，所以SM2算法的稳定性能高于其他两种算法。

图7为SM2、ECC和RSA的综合性能对比图。

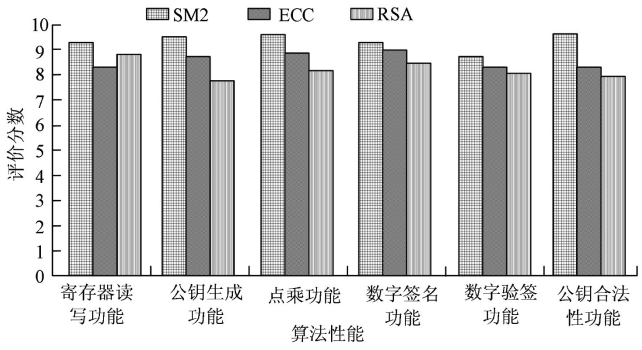


图7 三种算法的综合性能

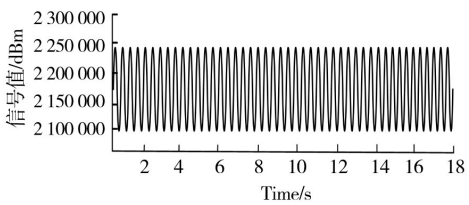
采用十分制的评分方式进行性能比较，分数越高说明性能越优。综合性能由寄存器读写功能，公钥生成功能，公钥合法性功能，点乘功能，数字验签功能和数字签

名功能组成。从图7中可以看到，SM2的六种功能均优于其他两种算法，寄存器的读写功能是实现运算的基础，点乘功能是实现运算的核心，公钥的生成功能和合法性功能代表着算法的安全性，数字验签和签名功能决定着算法的效率。综上所述，SM2算法的性能优于其他两种算法。

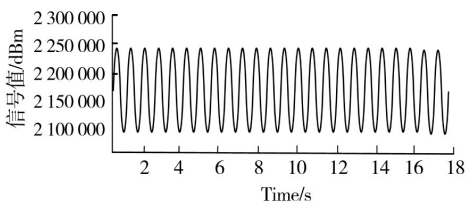
2.2 基于SM2算法在三维房产信息管理系统中的仿真应用分析

SM2的仿真实验需要先采集不同城市的楼宇房产信息及用户信息。由于SM2算法中点乘运算决定着算法的效率，所以可以通过点乘运算在加密过程中的运算时间，来判断SM2的实际应用性能。算法的安全性能通过对SM2的加密信息进行破解，根据未被破解的信息数量进行判断。设定实验测试数量为1 000个，共测试5次，系统时钟频率为80 MHz。以同为非对称密码算法的ECC和RSA作为对照算法，通过SM2算法的点乘运算周期数，以及在三维房产信息管理系统中的安全性对其应用性能进行判定。

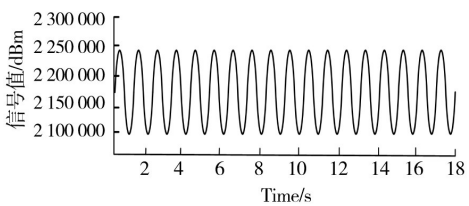
图8为SM2、ECC和RSA三种算法下的点乘运算信号波周期图。



(a) SM2信号波周期



(b) ECC信号波周期



(c) RSA信号波周期

图8 三种算法下的点乘运算信号波周期

图8中(a)、(b)和(c)分别是SM2、ECC和RSA的信号波周期图。可以看到，SM2在进行点乘运算时的信号波动频率更快，这说明SM2具有更高的运行效率，其次是ECC算法，运算速度最慢的是RSA算法。综上所述，SM2在对房地产系统中的用户信息进行加密处理时具有更高的效率。

图9为三种算法下的房产加密信息未破解率对比图。

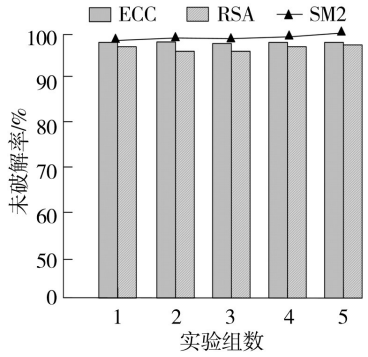


图9 三种算法下的房产加密信息未破解率对比

信息未破解率的大小代表着算法加密性能的好坏。由图9可知，在三维房产信息管理系统中，通过SM2算法加密的信息未破解率最高，其次是ECC算法，最后是RSA算法。其中，SM2算法最高可达100%的未破解率，这说明采用SM2算法进行加密的信息难以被外界破解，保障了信息安全。综上所述，采用SM2算法的三维房产信息管理系统具有更高的安全性能。

3 结束语

为了解决房产信息的安全问题，此次研究采用了我国自主研发的国密算法中的SM2算法对三维房产信息管理系统中的数据进行加密处理，并对其算法性能和应用效果进行分析。实验结果表明，相较于ECC和RSA两种算法，SM2算法对房产信息的识别率最高可以达到100%，高于ECC的99.2%和RSA的99.1%。并且SM2算法的稳定MSE值为6.7，低于其他两种算法；稳定PSNR值为14.0，高于其他两种算法。这说明在处理大量房产信息时，SM2可以更快地达到稳定状态。除此之外，SM2的综合性能经验证均优于ECC算法和RSA算法。在实际应用中，SM2具有更密集的信号波动频率，这说明SM2可以达到更快的运算速度。并且通过SM2算法加密的信息最高可达100%的未破解率，具有极高的安全性能。虽然此次实验验证了SM2算法在三维房产信息管理系统中的运算性能和安全性能，但实验数据集的数量远远小于市场实际业务数据量，所以后续可以通过提高实验集的数量，对SM2算法的应用性能进一步判定。

参考文献：

[1] 海商容. 房地产开发与环境保护的协调发展研究[J]. 环境科学与管理，2021，46(9)：41-44.

[2] 徐敬海，杜东升，李枝军，等. 一种应用传感器网和实景三维模型的复杂建筑物实时动态监测方法[J]. 武汉大学学报：信息科学版，2021，46(5)：630-639.

[3] BUDATI A K，SNV G，CHERUKUPALLI K，et al.High speed

data encryption technique with optimized memory based RSA algorithm for communications[J]. Circuit World, 2021,43(3):269-273.

[4] 杨宏志, 袁凌云, 王舒. 基于SM2国密算法优化的区块链设计[J]. 计算机工程与设计, 2021, 42(3): 622-627.

[5] 邹益民, 庞瑞卿, 冯汝康. 基于国密算法与移动CA的移动办公平台数据安全体系研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2022, 53(3): 325-329.

[6] 龙慧萍. 基于国密算法的地勘单位测绘地理信息安全加密方法[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(4): 85-88, 98.

[7] 代乾坤. 基于SSL和国密算法的安全传输系统设计[J]. 计算机应用与软件, 2023, 40(2): 326-330.

[8] 张光磊, 汪海涛, 张磊. 基于虚拟现实技术的综放工作面仿真研究[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(6): 62-65, 86.

[9] LUO T, ZHOU T, QU J. Lifetime division multiplexing by multilevel encryption algorithm[J]. ACS Nano, 2021, 15(4): 6257- 6265.

[10] 杨波, 管后春, 杨潘, 等. 基于三维GIS的第四系古河道沉积区工程建设适宜性评价研究[J]. 西北地质, 2021, 54(3): 244-252.

[11] 李建立, 莫燕南, 粟涛, 等. 基于国密算法SM2, SM3, SM4的高速混合加密系统硬件设计[J]. 计算机应用研究, 2022, 39(9): 2818-2831.

[12] 宁艳, 陈志明. 基于三维空间的在线智能巡视系统数据处理[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(10): 117-120.

作者简介:桂大伟(1992—),男,博士,工程师,研究方向:地图制图学与地理信息工程。

(上接第93页)

3 结束语

传统无人机摄影的输电线路环水保地物多光谱影像分类研究存影像中有斑点、伪影和噪点等缺陷。研究为了解决这些问题,构建了基于无人机倾斜摄影技术的输电线路环水保地物多光谱影像分类模型。为了验证模型的性能,首先利用SVM和LSSVM两种函数对它的精准度和耗时进行了分析,然后利用残值去衡量模型的测量精度。结果表明,在LSSVM函数下,水体、砂石、裸地、植被、阴影和建筑物的探测精度分别为99.01%、94.25%、95.66%、96.17%、97.31%和99.83%,这完全能够满足实际勘测的要求。同时,通过对A、B两位置的残差进行测量分析,验证了模型能够得到符合要求的测量精度。但是研究中还存在不足之处,由于研究使用的无人机拍摄精度并不是目前最先进的,对一些斑点和伪影的测量还存在差异,下一步可以利用更先进的无人机进行实验。

参考文献:

[1] 张光磊, 汪海涛, 张磊. 基于虚拟现实技术的综放工作面仿真研究[J]. 自动化技术与应用, 2023, 42(6): 62-65, 86.

[2] 黄来, 陈剑, 刘顺成, 等. “天地一体化”监管体系在输变电工程环水保核查中的应用[J]. 矿产勘查, 2020, 11(5): 1073-1078.

[3] 毛先胤, 马晓红, 丰俊宽. 基于无人机巡图像技术的电力设备缺陷智能识别系统[J]. 能源与环保, 2021, 43(7): 225-230.

[4] 赵琪. 低空无人机倾斜摄影测量实景三维模型构建[J]. 兵器装备工程学报, 2022, 43(4): 230-236.

[5] 余国丽, 陈宇拓, 曹玉雯, 等. 湿地公园无人机航测的高效三维建模与呈现[J]. 计算机应用研究, 2022, 39(7): 2109-2113.

[6] 赵彬, 狄广礼. 无人机倾斜摄影技术在矿山地质勘查中的应用[J]. 能源与环保, 2022, 44(8): 132-136, 142.

[7] 吕永玺, 屈晓波, 史静平. 无人机飞行控制半实物仿真系统设计与实现[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(3): 153-157.

[8] RÓG M, RZONCA A. The impact of photo overlap, the number of control points and the method of camera calibration on the accuracy of 3D model reconstruction[J]. Geomatics and Environmental Engine ering, 2021, 15(2): 67-87.

[9] 李靖, 李建兵, 余优生, 等. 多边形形状分析的无人机影像重叠度计算方法[J]. 测绘科学, 2021, 46(10): 212-218.

[10] 孙保燕, 张小可, 黄邦伟, 等. 多因素影响的免像控倾斜模型质量分析[J]. 桂林理工大学学报, 2021, 41(4): 831-836.

[11] 胡育诚, 芮挺, 杨成松, 等. 无人机航拍图像拼接重影消除技术研究[J]. 计算机应用研究, 2021, 38(5): 1586-1589.

[12] JIA H, WANG L, FAN D. The application of UAV LiDAR and tilt photography in the early identification of geo-hazards[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2021, 32(2): 60-65.

[13] 洪梓铭. 电力巡检的移动作业无人机倾斜影像三维采集模型[J]. 电子设计工程, 2023, 31(6): 149-152, 157.

[14] 杨宝城, 鲁向晖, 张海娜, 等. 基于无人机多光谱影像的矮林芳樟叶片含水率与叶水势反演[J]. 农业机械学报, 2024, 55(2): 220-230.

作者简介:支妍力(1978—),女,高级工程师,研究方向:科技数字化。