# 一个迷你无人机：系统概述和图像采集

Henri Eisenbeiss

大地测量和摄影测量学会，ETH- Hoenggerberg， CH- 8093，苏黎世，瑞士

ehenri@geod.beug.ethz.ch

国际研讨会

“处理和可视化利用高清晰度图像”

2004年11月18日至20日Pitsanuloke，泰国

关键词：无人机，自动化，飞行计划，GPS/INS，文化遗产

摘要：

在过去的几年UAV（无人机）-systems在精准农业和应用成为相关

基础设施的维护，如道路维修和大坝监测。本文给出了有关无人机的概述（无人驾驶

飞行器）系统及其对摄影记录和文化遗产的文档的应用程序。

首先无人机系统和无人机，直升机的定义历史的发展将给予。的一个优点

板上的模型直升机将简要讨论和比较标准的空中和地面摄影测量系统

摄影。无人机大多低成本系统和柔性的，因此一个适当的替代方案相比其它

移动地图系统。

迷你无人机系统用于在秘鲁附近帕尔帕摄影图像数据采集。从13世纪的和解

AD，这大概是用作矿山，用模型直升机飞行。基于该图像数据，一个准确的3D模型

将在未来产生。随着正射影像和1的比例从航拍图像导出的DEM：7 000，飞行计划

是建立。所确定的飞行位置是在飞行控制系统来实现。因此，直升机能飞

自动预设path​​points。在瑞士的测试，并在Pinchango奥拓航班表明使用内置于

GPS / INS-和飞行控制系统的稳定单元，预定位置可以被精确地达到以获取图像。

预测条口岸和飞行高度均在自主飞行模式准确地保存。

1. 介绍

1.1目标

在过去的无人机应用于（无人机）

摄影界都没有精确定义。

因此，发展的历史背景

无人机和它们不同的定义在文献中会

解释。古结算Pinchango奥拓的

完成的野外工作那里将简要描述。

无人机在承认军事应用主要用于，

环境观测，海上监视和矿山

清除活动。非军事用途是ENVIROMENTAL

监控，水稻遥感和喷涂以及

基础设施的维护。

无人机摄影测量应用进行讨论

在更多的细节。

这里先直​​升机制度和规范将是

描述。另外，照相机系统，其被安装

在RC（遥控）-helicopter，则显示。

飞行计划和在测量的初步结果

Pinchango奥拓将描述和简单的飞行计划

技术将被证明。最后，发生问题

及的航班的结果将被讨论。

结论和今后的工作中展示我们的未来计划

数据Pinchango奥拓。此外一些未来的计划和

直升机系统的发展将被讨论。

* 1. 无人机摄影的定义和历史发展

这个名字无人机涵盖了所有车辆，它们在空中飞行

没有人与机载控制能力飞机。

该术语在计算机科学常用

人工智能界，但像来讲远程

飞行器（RPV），远程操作飞机（ROA）

遥控直升机（RC-直升机），无人

车辆系统（UVS）和模型直升机经常使用，

太。该RC-和型号直升机被明确定义

无人机系统国际协会为小，

关闭短程和中程无人机取决于它们的大小，

耐力，范围和飞行高度。无人机像飞马

（Everaerts，2004）更好地描述为长航

无人机。由于本文重点无人机直升机，

不同类型的长航时无人机和飞机都

在本文详细（更多信息，UVS不及时治疗，

2004年）。

所述UVS社区的定义，其中，所述直升机

配合，列于表1-1。其它各种飞机的是

广义的“高空长航时”组中。

表1-1：无人机类提取物中的UVS-定义国际化。在Mini UAV类的数字取决于不同的国家的范围。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别  名称 | 重量  [kg] | 范围  [km] | 飞行高度  [m] | 续航时间  [h] |
| Micro | <5 | <10 | 250 | 1 |
| Mini | <25/30/150 | <10 | 150/250/300 | <2 |
| Close Range | 25-150 | 10-30 | 3000 | 2-4 |
| Medium Range | 50-250 | 30-70 | 3000 | 3-6 |
| Hight Alt. Long Endurance | >250 | >70 | >3000 | >6 |

无人机的发展得到了强烈的动机

军事应用。二战结束后，有些国家是

寻找高空作业车，它有能力

监视，侦察和敌对的地形渗透

没有人在高风险地区部署。

技术要求可以自主定义

粘性客，飞行和着陆（埃克，2001）。

普尔兹比拉和韦斯特 - 艾宾浩斯1979年做的第一件

实验与摄影测量应用无人机。对于

在比例为1的图像航班：1000以上，快门速度

的1/1000秒，飞机的速度是高的，以获得

可接受的图像运动。在那个时候，结果是不

足够的，因为造成的转子振动的哪

导致图像运动。第一次测试使用的是完成

该公司Hegi模型飞机飞行了（图1-1）。

飞机为3米长，具有2.6微米的翼展。该

飞机可以携带最多3公斤的有效载荷。导航设备

通过Lindhof的Technika用于导航的飞机。该

系统可以从该大小确定飞行高度

平面在图像查看器。该航班在高空完成

150米高于地面并用40公里/小时的速度。同

该系统中，有可能获得的图像

考古区，建筑和建筑工地。

此外，陆地和空中的结合

测量进行。这种模式的应用

飞机是由一个小的跑道附近有限的对象，

这是必要的。从这一原因，作者提出对

少用振动敏感的直升机模型。

1980年，韦斯特 - 艾宾浩斯首先使用的模型直升机

摄影的目的。这架直升机是的Schlüeter

为3公斤的最大有效载荷建模贝尔222。聚苯乙烯

城墙的有效夹紧强忍分别安装在

直升机振动补偿。中画幅

相机像禄来福来SLX或哈苏MK20可能是

安装在直升机系统。对于航班运行，试点

并需要一个导航仪。飞行员控制的起飞，

着陆和飞行。领航员不得不控制高度

并激活经由无线电链路相机快门。直升机

有10至100μm和预测的高度范围

高度可保持90％的范围内，使用相同的导航

设备类的飞机模型。

该的Schwebebahn

（单轨）伍珀塔尔，一个钢结构建筑的历史可以追溯到1890年，

使用直升机系统（Wester-曾记载，

艾宾浩斯，1980年）。

无人机的发展，GPS / INS数据的集成

车载无人机在UVS被越来越多的讨论

国际社会（UVS-国际，2004年）。该

背景和小型无人直升机系统的开发

示于埃克（2001），WITAS（2004）和Conway的（1995）。

该无人机系统，直到有过大多与问题

保持预测的高度，并在的导航

无人机。通过小载荷，这些系统只能使用

几个摄像头的系统，thereofor小型无人机系统没有

当时atablished。

* 1. Pinchango Alto项目

在帕尔帕实地测量（秘鲁）在完成

与考古学的中德学院的合作，

委员会秘书长和比较考古学

（KAVA）在波恩（德国）作为项目网络的一部分

NTG从自然科学的应用新技术

的人文底蕴。

Pinchango奥拓是一个古老的结算面积（200米×300米），见

图1-2，从10日至14世纪，这是

大概是由古代用作矿山和加工设施

人口。擦石和云母中被发现

结算面积。 Reindel（2002）提出的功能

Pichango奥拓作为黄金开采结算，但这种假说

应在今后的工作中得到验证。

2004年，结合激光扫描仪的现场活动

测量和一个直升机飞行已完成。 该项目

规划，数据处理，结果将公布

后来。本文的重点是无人机的规划

航班和无人机系统，这是在这个工作

项目网络。

1. 摄影测量在无人机中的应用

无人机的主要应用可以与被定义

观察，维修，监控，监控，远程

传感和安全任务。

在ISPRS佣金V（2004- 2008年）工作组6，

汽车自主导航将进行调查。 没有人

知道哪些系统已经存在摄影

应用程序，其的介绍关于最近的项目将是

显示。

在过去几年中，UAV系统的越来越多的应用

在摄影变得普遍。这种发展可能

通过合并低成本传播的GPS / INS-解释

系统，这是必要的导航直升机

高精度的预测采集点。 一些

系统被用于没有GPS/ INS系统，特别是对

屋顶的采集与地面相结合

测量。对于应用程序中使用无人机只和

的控制点的数目的减少，将GPS

定位应达到分米级精度。

Zischinsky等。从模型拍摄（2000年）中使用的图像

直升机部分为的一个3D模型的生成

历史厂。对于建筑物的文档，82

照片是从地面和附加38拍摄的图像

从直升机将在模型中的差距。小

格式业余相机安装在直升机了主要

屋顶和庭院的图像。对的外方向

确定了型号120的控制点。

雅马哈模型直升机主要是开发和利用

农业应用，如水稻病虫草害防治

水稻，大豆和小麦。第一系统，RCASS，是

建于1980年。后来，1990年，直升机R50有一个

20公斤的有效载荷和高度确定的激光系统。

1997年全年，该类型RMAX出来了，3年后，它

装有带方位和差分GPS传感器

系统（雅马哈，2004）。

来自雅马哈的RMAX无人机系统被用作地面

真相测量系统（Hongoh，2001）。地面实况

测量被用来确定植被覆盖。

因此，该传感器从不同观看需要的图像

角，这是双向的最重要的方面

反射测量。

同年被用于中国山寨直升机

测量。考古日本Miyatsuka研究所

想使这个庞大的堡垒高分辨率图像

侧（3公里×4公里）。通常情况下，外国人不准

使用飞机或直升机采取其他航空影像

国家。该遥控直升机没有覆盖的

这两类，由于这个原因，使用了UAV系统

公制和非公制摄像机。

2002年，雅马哈RMAX直升机使用

在瑞典的两个测试地点摄影航班，以

分析GPS / INS的精度为摄影

目的有手动和自主飞行作案。该

结果表明，该相机的稳定安装，在

振动由主转子和GPS的精确度引起

是无人机直升机的重要组成部分（艾森比斯，2002年

＆2003）。这些航班在WITAS合作完成

-Wallenberg实验室信息研究

技术和自治系统（林雪平大学，

瑞典）和摄影测量与遥感学会

传感（TU-德累斯顿）。

在ISPRS大会2004年在伊斯坦布尔两篇论文约

无人机直升机和三架无人机左右，飞机被

出版。首先是一个系统，它集成了激光扫描仪

和CCD摄像头与GPS / INS数据构建数字

表面模型。该系统使用斯巴鲁直升机一

100公斤载荷和4.8米主转子的直径。

类似直升机系统前就小型无人机分类

系统。这个更大的直升机是不包括在微观到

中等大小的无人机，因为330公斤质量。但看

在范围和高度，直升机可以被定义为一个

Mini或近距离无人机。 （永井，2004年）

第二个提出的系统是一个小型无人机，直升机，这

作为一个摄影系统用于收购

古老的塔楼和寺庙遗址。直升机应该取代

高相机三脚架和云梯车，这是不经济

在成本和时间。直升机Hirobo＆鹰90具有一个主

1.8米的主转子和一个有效载荷的转子直径

的8.5公斤能力。这架直升机把图像从上

来自各方面的寺庙的一部分。下部的图像

从地面被采取。直升机可以携带

不同的相机系统，如微型英寸（35 mm），中（6

厘米×4.5厘米）和全景（6厘米×12厘米）画幅相机

和摄像机。万向节的目的是作为一个缓冲区，可以

吸收噪音和振动。板载系统，

小视频安装摄像机太，其被连接到

地面站将图像发送到在实时监视器

（植，2004年）

中国的测绘科学研究院的一个发展

它用于小型无人机的飞机从一个图像提取和

一个二维GIS数据库的建筑物的3D模型。因为

风，很难控制车辆拍摄姿势

并采取预测的采集点的图像。该

开发商遇到了一些问题，以获得立体图像（王，

2004年）。

2004年的ISPRS大会，也两篇论文发表

关于天马，这是一个很长航时无人机系统

遥感。这些类型的系统有能力

飞很长一段时间，因为太阳能作为电源。

该系统可以携带约300千克的有效载荷（Everaerts，

2004年）。

一些公司已经使用带/直升机（图2-2）

没有用于生产航空影像的GPS导航仪

单体建筑和城市或工业文档

结构（Helicam2004年，2004年波拉克）。

该研究显示在摄影该UAV系统

应用程序是在开始时，即使在第一

应用已经在该年底已经完成

上个世纪七十年代。这些系统的潜力，

由于他们的能力飞附近的不同对象

立场，空中和地面相结合的收购，

由韦斯特 - 艾宾浩斯在1980年就已经指出，但

引起的UAV和振动的问题

这些系统的风和手动控制的影响

限制其接受为摄影测量

平台中来。现在，即使以低成本的GPS / INS-

系统，无人机可以分米精度和导航

的取向参数可用于导航，交

通过减少的控制点的数目的处理。

在与其他移动绘图系统相比，RC-

直升机没有发展到大面积覆盖，为

使用基于摄影胶片相机（23厘米×23厘米）。

该无人直升机可以覆盖小的区域，并在

特别是，它可以从四面八方轻松获取图像

复杂的建筑物（表2-1）。也是由工程费用

利用RC-直升机是比使用飞机或更低

地面设备。有关的国家的更多信息

移动测绘系统的艺术发表在施瓦茨等

人。 （2004）。

表2-1：移动绘图系统（设备和应用程序）的概述。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 系统 | 设备 | | | 应用程序（大小和结构） | | | |
|  | GPS/INS | Laser | Camera | 大面积 | 小面积（<2-4平方米） | 路由映射 | 复杂房屋或结构 |
| 飞行器 | yes | yes | 基于电影的数码相机 | + | -/+ | + | - |
| 直升机 | yes | yes | 数码相机 | - | + | + | - |
| 地面系统  （汽车，火车） | yes | yes | 数码相机 | - | -/+ | + | - |
| RC-直升机 | yes | yes | 数码相机 | - | + | + | + |

1. 直升机系统说明

3.1 UAV Mini Helicopter System

3.1无人机迷你直升机系统

对于Pinchango奥拓的摄影记录，我们

决定利用从调查 - 无人机直升机直升机1B

直升机配备有GPS / INS稳定系统（图

3-1）和weControl一个地面控制站。

此外，对于飞行有必要具有

监控软件，通讯联系，确定航班

系统，地面支持和维护设备，电力

生成，处理，储存和运输设备和

视频链接监控图像重叠作为手动

控制。最后一点很重要，因为它是不明确

如何准确预测点（在和整个飞行

方向），可以飞行。

的飞行计划系统的开发使得

预定点可以装入控制系统

并且在控制软件观看者的数字地图上示出。

直升机的位置和方向显示在地图

太。因此，操作者能够控制它的位置，并

取向（图3-2）。

与控制软件，它可以装入一个飞行

任务。对于图像采集和止损点

路径可以被定义并在此之后，飞行路径将是

自动飞行。

只需要飞行员在危险的出发和降落

领域，如Pinchango奥拓的支持无人机。

起飞后，操作者控制的功能

通过检查按钮无人机系统（位置，航向，

无线链路，GPS，无线电遥控，电池）。如果预测的点不

正确地达到，操作人员可以正确的位置，

高度，并通过命令直升机的偏航角

在笔记本电脑。

与预定点，实际的位置和一个特殊的

稳定剂方向的无人机自动为

纠正，即使光风力影响

位置。直升机其余振动几乎可以

由照相机的一个特殊的安装消除。到现在为止，该

GPS / INS-系统用于导航，而不是为了直接

地理坐标定位。该系统的参数中列出

以下：

Relative positioning accuracy GPS:

- Horizontal: ± 0.5 m

- Vertical: ± 0.3 m

Velocity:

- Forward direction: 20 m/s

- Sideward direction: ±5 m/s

- Backward direction: 5 m/s

- Vertical Direction: ± 2 m/s

- Vertical turning rate: 30 deg/s

Accelerations:

- Horizontal: 1 m/s 2

- Vertical: 0.5 m/ s 2

地面控制之间的最大可能距离

站和直升机在水平方向和1000米

最大飞行高度为300微米。为安全起见，该

飞行员和操作员必须看到直升机的有效载荷

无人机直升机的能力是8公斤这个时候。

3.2摄像系统

我们决定使用佳能D60，D10，为的是禄莱6006

图像采集。佳能D10/ D60拥有CMOS传感器

6.3兆像素（3072×2048）。摄像头也一

可能性保存图像的辐射分辨率

48位（每通道16位）的RAW格式。由于它们的

高辐射分辨率和短时间进行图像保存

由于CMOS传感器技术，佳能相机是

可用。以降低直升机与透镜的高度

被选为14.26毫米焦距，以获得所需的

图像比例。

照相机系统也可以与其他的数字替换

相机或中等大小的模拟摄像机一样禄6006

（图像格式6厘米×6厘米）。为了充分控制

图像重叠，安装摄像机，其覆盖

在同一地区，如数码相机等。该视频信号是

传送到地面控制站并显示在

显示器或视频眼镜。

由于与货运代理，我们只有两个问题

离开天在秘鲁图像采集。因此，我们决定

采取只用数码相机拍摄的影像。

4飞行计划和第一名的成绩从航班

秘鲁的航班之前，一些测试，以是必要的

检查系统。从Helicam无人机系统是

已经用于在瑞士的照片飞行，但从来没有

被之前施加用于与摄影的航班

预定的飞行路线。

瑞士的试验表明，使用摄像机平台

不足以对我们来说，因为震动是

不被吸收和相机无法对准直

地面。此外，一些问题发动机和气体

发生。对于秘鲁，一个新的平台建于该方式

照相机直下定向和振动被减小

到最低限度。在发动机和汽油进行过修改。

试飞也显示，在手动模式下是不

能够保持预定的航点。因此，所有

航班被做自主，禁止从起飞

降落。飞行员控制这些演习。

对于Pinchango奥拓，1图像的规模面积：4000

数字图像被选中。与固定图像规模和

焦距，飞行高度被定义至56米以上

地面。感兴趣的区域是用一种正射影像位于

（图4-1），将其从与航拍照片制作

比例1：（格鲁恩等，2000）7000。我们定义为两个区域

息，由于缺少时间是不可能的AQUIRE

“一切”。最好的保存完好的墙壁的面积得到了

最高优先级的（图4-1，蓝框），整个结算

（图4-1，红框）的优先级两个用于图像采集。

由于在该区域的污水地形，绝对浮动高度

使用的垂直图像和高程模型被定义

（DTM从航拍图像生成）。与图像

通过在地面上22米15格式和图像重叠

沿着和越过轨道的75％，收购点

进行了计算。所有的公式可以在华纳等人发现。

（1995年）。所有的点都设置为止损点。 最大值

点之间的速度被设定为2米/秒。

随着使用无人机，直升机系统，我们可以覆盖90

整个区域的百分比只有5图像带条和周围

100张图像。投影中心的三维位置可能是

为2的精确度达到所预测的5％的

位置。图4-2中的无人机，直升机在解决

在Pinchango奥拓所示。

使用所获取的图像，我们将产生一个DTM，一个

从整体结算和衍生工具（正射影像图

4-3）。

5.结论和未来的工作

在项目Pinchango奥拓我们做的第一

在一个古老的定居在秘鲁摄影飞行

使用无人机小型直升机系统，其配备

一个GPS/ INS传感器和稳定剂。该飞行计划和

测量表明，该无人机系统提供了巨大的

在文化遗产的优势录音相比，

传统的方法。该RC-直升机易于操作，

即使在微风是能飞的预测飞行轨迹

影响直升机。结果还表明，我们有

处理引擎问题。直升机应具有

能力飞时间超过15分钟，这需要一个

更大的坦克。发动机的动力也应增加，从而使

直升机具有携带一个更高的有效载荷的能力。

与其他无人机描述比较摄影

项目中，该直升机可以在没有地面使用

图像。因为空气中的直升机的稳定性，无

与图像重叠的问题发生。到现在为止，后

处理花费仍然是相同的时间作为普通

摄影航班由于低精度的，

GPS / INS系统。今后，我们将提高准确率

和减少处理时间。

随着Pinchango奥拓的数据，我们计划生产3D-

模型，我们将用激光的比较结果

扫描。我们将生成结算的地图和生产

虚拟3D模型，从两个数据集。

近日，在摄影无人机，直升机所示

能力在近距离应用的移动映射。该

迷你模型直升机的主要问题仍是震动

该系统中，有效载荷能力和所有的融合

传感器。

6.致谢

作者感谢A.格鲁恩教授是谁给了我们机会

实现了激光扫描仪和模型直升机项目

Pinchango奥拓，秘鲁。笔者也想感谢卡斯滕

Lambers和马丁Sauerbier（IGP-苏黎世联邦理工学院），谁

支持激光的规划与实现

直升机在测量奥拓Pinchango。此外，该

笔者是由NTG项目资金非常感谢

项目网络。

7. 参考文献：

康威，A，R，不稳定的1995年自主控制

使用载波相位模型直升机仅GPS。论文上

电气工程部门。斯坦福大学。

Cheffins，O. W​​.，从垂直heighting 1969年准确度

摄影用直升机获得。伦敦。英国。该

摄影记录。卷。六，第34号。

艾森比斯，H.，2002年WITAS无人机（沃伦伯格实验室

Infromation技术及自主无人系统

区车辆） - 用GPS直升机的定位。

林雪平。

艾森比斯，H.，2003年毕业论文：Positions- UND

Orientierungsbestimmung EINES autonomen Helikopters -

Vergleich zwischen direkter Georeferenzierung UND

空中三角测量麻省理工学院Videobilddaten。研究所

摄影测量与遥感。技术大学

德累斯顿。德累斯顿。

埃克章，2001年导航算法与应用

无人驾驶直升机。论文在瑞士联邦

苏黎世技术研究所。

Everaerts，J.，Lewyckyi，N.，Fransaer，D.，2004年伊斯坦布尔。

天马：astratospheric长航时无人机系统的设计

遥感。 IAPRS，卷。三十五，B2部分。

格鲁恩，A.，贝尔，S.，Beutner S.，2000：

的三维记录和可视化：在沙信号

纳斯卡Geoglyphs。在：国际档案馆

摄影测量与遥感，第一卷。三十三，部分B5，

Comm.V，第53-61。

Helicam瑞士，2004年www.helicam.ch（根据2004年10月8日）

Hongoh，D.，梶，K.，本田，Y.，2001年开发

使用遥控直升机和地面真相测量系统

BRDF模型林区。第22届亚洲会议

遥感。

张，H. S.，李J. C.，金，M. S.，康一，J.，金，C. K.

全国重点文物保护单位管理的2004年建设

使用遥控直升机摄影测量系统的系统。

伊斯坦布尔。 IAPRS，卷。三十五，部分B5。

冀州，W.，宗建，L.，成明，李，2004年。

从单一的无人机图像楼房改建。

伊斯坦布尔。 IAPRS，卷。三十五，部分B8。

永井，M.，柴崎，R.，Manandhar，D，赵，H.，2004年。

数字表面和特征提取由发展

整合激光扫描仪和CCD传感器IMU。伊斯坦布尔。

IAPRS，卷。三十五，部分B5。

Podobnikar，T.，Perko，D.，Hladnik，D.，Krevs，M.，CEH，M.，

Stancic，Z.，2004年Geografski informacijski SISTEMI v Sloveniji。

卢布尔雅那。 CIP - Katalozni了ZAPIØpublikaciji。

普尔兹比拉，H.-J.，韦斯特 - 艾宾浩斯，W.，1979年麻省理工学院Bildflug

ferngelenktem Kleinflugzeug。 Bildmessung UND Luftbildwesen。

（杂志）附耳Photogrammetrie UND Fernerkundung。赫伯特

Wichman出版社。卡尔斯鲁厄。

Reindel，马库斯，2002年Pinchango奥拓：黄金矿工

结算帕尔帕，Peru.In：IIND的SBA论文集

会议“道路战争与和平管道”。布鲁塞尔。

比利时。 16-17 2002年11月（印刷）。

施瓦茨，K，P，埃尔 - Sheimy，N.，2004年移动制图

系统 - 艺术和未来趋势的国家。伊斯坦布尔。 IAPRS，

卷。三十五，部分B1。

UVS国际，2004年www.uvs-international.org（ACC。

2004年10月8日）

华纳，E. S.，格雷厄姆，R. W.，读，R. E.，1996年小

格式化航拍。 Whittles出版。

马耳他。

韦斯特 - 艾宾浩斯，W.，1980年航空摄影无线电

遥控模型直升机。伦敦。英国。该

摄影记录。卷。 ×第55。

WeControl。 2004年www.wecontrol.ch（根据2004年10月8日）

WITAS，2004年www.ida.liu.se/ext/witas（根据2004年10月8日）

雅马哈，2004年www.yamaha-motor.co.jp/global/business/sky/

解决方案/ index.html的（根据2004年10月8日）

安田，Y。，Miyatsuka，Y。，2001年考古3D

可视化对于中国堡垒遗址。大城府。泰国。

ISPRS车间委员会5“重新创建可视化

文化遗产的动画。

Zischinsky，钍，Dorfner，L.，Rottensteine​​r，F.，2​​000。

在建筑新的模型直升机系统中的应用

摄影。阿姆斯特丹。 IAPRS卷。三十三。 B5 / 2