**基于卷积神经网络的城市卫星图像解释**

摘 要

一般的城市卫星图像是包含多个波段信息的卫星图像，但是数据相对不易获取，本课题主要研究对象是RGB三通道的谷歌卫星地图。通过调研多种图像识别模型，最终选定U-Net模型，对卫星图像中的对象划分成10种类别，为每个类别单独训练。并且开发在线平台，提供在线截图识别以及得到相应的统计信息的功能。

**关键词：**卷积神经网络，卫星图像，U-Net网络，图像识别，城市建成区

**Application of Bjerrum Function in Determination of Stability Constants**

换页。英文课题名称：小二号，Times New Roman，加粗，居中，行距18磅，段前0.5行，段后0.5行。上下各空一行。

**ABSTRACT**

四号Times New Roman 居中，段前0.5行，段后0.5行。行距18磅。

Bjerrum function method is a common method to determinate the stability constants. It can determinate the acid stability constants but also the complexes stability constants. According to the different processing methods of data, Bjerrum function method can be subdivided into …….

五号Times New Roman, 首行缩进2个汉字符，行距18磅。

空一行

**Key words：**stability constants, bjerrum function, potential titration, acid, coordination compound

五号Times New Roman，各关键词之间逗号分开，逗号后加一空格。行距18磅。

五号Times New Roman加粗

目 录

[1 引 言 1](#_Toc402184259)

[1.1 稳定常数测定的意义 1](#_Toc402184260)

[1.2 稳定常数测定常用的方法 1](#_Toc402184261)

[1.2.1 Gorden法 2](#_Toc402184262)

[1.2.2 Monte Carlo法 3](#_Toc402184263)

[1.3 生成函数法的基本概况 3](#_Toc402184264)

[1.4 本文所作的工作 3](#_Toc402184265)

[2 理论部分 4](#_Toc402184266)

[2.1 生成函数法的基本关系式 4](#_Toc402184267)

[2.2 各种生成函数法的测定原理 4](#_Toc402184268)

[2.2.1 直接计算生成函数法 4](#_Toc402184269)

[2.2.2 分段拟合生成函数法 4](#_Toc402184270)

[2.2.3 半整数生成函数法 4](#_Toc402184271)

[3 实验部分 6](#_Toc402184272)

[3.1 仪器和试剂 6](#_Toc402184273)

[3.1.1 仪器 6](#_Toc402184274)

[3.1.2 试剂 6](#_Toc402184275)

[3.2 溶液的配制及标定 6](#_Toc402184276)

[3.2.1 NaOH标准溶液的配制及标定 6](#_Toc402184277)

[3.2.2 氯化钾离子强度调节剂的配制 6](#_Toc402184278)

[3.3 实验步骤 6](#_Toc402184279)

[4 结果和讨论 7](#_Toc402184280)

[4.1 多元酸体系的结果和讨论 7](#_Toc402184281)

[4.1.1 直接计算法 7](#_Toc402184282)

[4.1.2 半整数法 7](#_Toc402184283)

[4.1.3 分段拟合法 8](#_Toc402184284)

[4.2 氨基酸合铜体系的结果和讨论 8](#_Toc402184285)

[4.3 关于计算方法的讨论 8](#_Toc402184286)

[4.4 关于其他问题的讨论 8](#_Toc402184287)

[5 结论和展望 9](#_Toc402184288)

[5.1 结论 9](#_Toc402184289)

[5.2 展望 9](#_Toc402184290)

[参考文献 10](#_Toc402184291)

[谢 辞 11](#_Toc402184292)

# 1 引 言

## 1.1城市卫星图像识别、解释的意义

图像识别是随着计算机技术的发展而兴起的一门技术科学，它是从图像的信息和数据出发，在专家经验和已有认识的基础上，利用计算机和数学推理的方法对图像内容进行描述、辨认、分类和解释的过程，是信息科学和人工智能的重要组成部分。传统的图形识别相关研究关注于图像特征的设计，近年来，卷积神经网络的特征学习策略在计算机视觉的一系列领域中取得了广泛的成功，逐步取代了传统的人工设计特征的研究，相比于传统的人工设计特征具有更强的判别和泛化性能。本课题应用卷积神经网络，对城市卫星图像提取特征，进行解释，辅助城规研究。

城市卫星图像包含一个城市的城市建成区、功能区等信息，通过对一个区域进行一定时间段内的连续遥感观测，应用机器学习的方法，提取图像有关特征，并分析其变化过程与发展规模，对这些大规模稳定的识别时间序列的城市图像，检测城市时空变化，可以得到一个城市的发展变化，从而在市政规划工作的时候提出一些预见性建议。

广义上的图像识别涉及图像处理、图像分类和图像解释三个范畴，本课题将对城市及其周围区域的卫星图像进行处理、分类、解释，得出诸如城市房屋建设规模、工厂规模、绿地规模等多种的城市统计信息，希望能够实现确定城市建成区以及城市功能区的目标，为今后城市诊断提供科学依据。

## 1.2研究历史与现状

传统的计算机识别主要是关注的图像的一些底层信息特征，常用的方法有基于频谱特征的分析方法、共生矩阵、灰度差分统计等。但是，纹理、色彩等底层次的信息判别性能很弱，具有一定的统计特性，对于平移、旋转不敏感，表达高级语义信息较弱。而且使用这种传统的图像识别方法，泛化性能有严重的缺陷，需要不断的定义信息特征。在具体的特定领域应用当中，如果想要对这些底层特征进行整理、抽象，方法更加复杂，难以复用。

与传统计算机图像识别方法不同，深度学习是基于图像特征进行学习的，是机器学习领域一个新的研究方向。深度学习的概念最早由多伦多大学的教授G. E. Hinton提出，主要目标在于利用计算机强大的计算能力模拟人类大脑的神经连接结构。1998 年，Lecun 等人提出了LeNet-5的卷积网络结构，利用监督式的反向传播方法，在字符识别中获得了良好的表现。2012年，Hinton课题组为了证明深度学习的潜力，首次参加ImageNet图像识别比赛，其通过构建的CNN卷积网络AlexNet一举夺得冠军，深度学习领域越加活跃。

深度学习对于图片这种视觉信号的处理流程主要是先进行边缘检测，然后逐步形成更加复杂的视觉形状，通过组合低层特征形成更加抽象的图像表示，从而给出图像数据的分层特征表示。深度学习通过无监督的预训练方法优化网络权重初始值，解决了传统神经网络随机初始化网络初值导致的容易陷入局部最小值的问题。

深度学习领域的城市卫星图像分类方法在国内外有很多专家学者做了大量的研究工作者，并且已经在影像分类和信息提取等研究中得到了广泛的应用，如土地覆盖的分类问题，多时相动态地物的区分、基于多源空间数据的融合分类、模糊分类、融合先验知识的遥感影像分类、影像结构信息提取等。结合人工智能技术和理论，基于图像特征空间分析的非参数型技术分类方法逐步成熟。卫星图像的获取越来越方便，单纯依靠人工目视判读来获取城市中的信息成本高，效率地，而且有一定的主观性，深度学习方法的出现解决了这样的困扰。在深度学习领域中对城市卫星图像识别的常用分类识别方法为前馈网络中的卷积神经网络CNN，及其延伸出来的各种深层卷积网络结构：VGG16、全卷积网络FCN、U-Net等。

## 1.3图像识别中深度学习网络常用方法

### 1.3.1前馈深度学习网络基本概况

F. Rosenblatt提出的感知机是最简单的单层前向人工神经网络，但是无法解决线性不可分问题，1984年日本学者K. Fukushima等人基于感受野的概念，提出的神经认知机可看作卷积神经网络的一种特例, Y. Lecun等提出的卷积神经网络是神经认知机的推广形式。在前馈神经网络中，所有的数据流动方向只沿着一个方向，从输入到输出，中间一般经过多层隐含层，卷积神经网络CNN就是一种前馈深度学习网络。

卷积神经网络是由多个单层卷积神经网络组成的可训练的多层网络结构，一个典型结构的卷积神经网络包含有输入层、卷积层、下采样（池化层）、全连接层、输出层，其中下采样并不是每一层的必须过程，。比如对于输入图像 ， 即一个具有高稀疏度的二维数组，卷积神经网络通过交替连接的卷积层和下采样层对图像的特征进行提取和压缩降维。

在卷积神经网络中，定义第  层的特征为 ，当 时。对于卷积阶段整体为 ，其中 为第 层卷积核的权值， 表示卷积操作，卷积的结果与偏置向量 相加，然后根据所设定的激活函数获得下一层的特征 。

卷积过程可以拆分成为特征提取和特征映射两部分。

特征提取部分：在卷积层的特征提取过程中的局部感受野概念最早是由D．H．Hubel等人对于视觉皮层细胞研究提出，每个卷积核检测输入特征图上所有位置上的特定特征，实现同一个输入特征图的权值共享，同时滤波器还有一个固定值的偏置向量，

特征映射部分：经过上面所述的特征提取之后，使用激活函数 模拟人脑神经细胞接受刺激之后的情况，常用的有sigmoid、relu方法，将其映射到某一范围内。传统的卷积神经网络旺旺采用tanh、softsign或sigmoid等这种饱和非线性函数，但是因为这种饱和非线性激活函数会随着值的增大而出现梯度消失的现象，所以现在包括谷歌的AlphaGo在内，都在使用relu激活函数,。几种激活函数的公式如下所示：

Relu:



Sigmoid:



Tanh:



Softsign:



池化阶段（下采样阶段），通常在卷积层之后，目的是在保证一定程度的不改变特性的条件下，对得到的每一个特征图进行降维。也有些前馈深度学习网络并不采用池化操作，而是通过在卷积过程中设置相对较大的步长达到类似的效果。池化层采样一般分为平均采样和最大采样，对 的区域进行池化操作的公式分别如下所示：

平均下采样：



最大下采样：





### 1.3.2 反馈深度学习网络基本概况

反馈深度学习网络主要以反卷积网络为代表，Mattew D. Zeiler等人结合卷积网络的架构思想以及基于图像稀疏化表示特征，于2010 IEEE会议上提出了反卷积模型。反卷积网络和卷积网络的整体训练思路相似，但是训练过程反过来了。反卷积深度学习网络，是一种自顶而下的解码过程，将通过滤波器组训练出的卷积特征组合、重构输入信号。在图像分解时，与稀疏编码采用矩阵乘积的形式不同，反卷积网络采用矩阵卷积的形式。而卷积神经网络是通过卷积、非线性激活函数和下采样实现的一种自底向上的编码过程，可以得到多层信息。

反卷积网络的核心是通过网络的方式对抽象的多维数据进行优化表达式，从而高效的提取出数据的特征。反卷积网络在训练过程中，和卷积神经网络一样，进行各层之间可以权值共享，能够从图像的边缘处、基本的几何结构曲线中获得到有很强结构的丰富特征。反卷积网络通过对稀疏的结构层学习，能够有效的提取结构特征，并且将特征可视化。目前反卷积网络主要广泛应用于判别式网络以及无监督的生成网络模型中，对于二维的图像，应用反卷积网络，得到包含图像中边缘信息以及物体对象的抽象表示的多种滤波器集合。

### 1.3.3双向深度网络基本概况

双向深度网络是由编码层和解码层相互叠加组成的。编码和解码有可能独立出现在深度网络的某一层中，也有可能在同一层中既有编码过程又有解码过程。

在经典的循环神经网络中，状态的传输是从前往后单向的，或者是从后向前的反卷积网络。但是，在现实应用中有些情况下，一个节点的输出和该节点的前后节点都有关系，此时双向神经更加适用。双向深度网络的方法将前馈网络和反馈网络相结合，既含前馈网络反向传播的特点, 又与反馈网络的预训练方法类似。一般情况下，双向深度网络的训练包含了单层网络的预训练以及每一层之间的反向迭代误差。

预训练：一般情况下，双向深度网络的预训练采用的是贪心算法。在第 层的单层中，输入的信号设为 ，权值为 ， 表示输入信号与权值计算得到信号 传递到下一层，此时信号再与权值 生成信号 作为输入。训练的目标是通过贪心的策略使得相差最小，也就是 。

反向迭代误差：与传统反向迭代方法一样，将训练数据集输入后经过隐藏层，最终到达输出层之后，和实际值之间计算误差，将误差从输入层向隐藏层反向传播，直至传播迭代到输入层。双向深度网络通过这种反向迭代误差的方法，对整个深度网络结构当中的权值进行微调。

## 1.4 本文所作的工作

本文结合深度学习中的卷积和反卷积过程，调研后选用U-Net模型，成功应用在了城市卫星图像识别当中，并且根据模型预测效果做成一个完整的网站服务。主要工作如下：

（1）在原有的基础上对U-Net网络模型进行了一些调整，建立模型对城市卫星图像中的一般建筑、工厂、道路、水体、裸地、阴影、运动场、建筑场地、乡村建筑这10类分别进行了训练。实现了对RGB三通道城市图像的像素级别识别。

（2）对于每种类别的预测效果，去除噪点，制定策略合并到一张图像中，确定物体边界、大小。

（3）开发平台，通过使用谷歌地图和谷歌静态地图API，完成在线选点预测、查看。

# 2 理论部分

## 2.1计算机视觉理论

## 2.1卷积神经网络CNN

F. Rosenblatt[3]提出的感知机是最简单的单层前向人工神经网络，但是无法解决线性不可分问题。1984年日本学者K. Fukushima[6]等基于感受野的概念，提出的神经认知机可看作卷积神经网络的一种特例, Y. Lecun[5]等提出的卷积神经网络是神经认知机的推广形式。

卷积神经网络是逐步兴起的一种前馈人工神经网络结构，因为利用卷积神经网络在图像和语音识别方面能够给出更优预测结果, 这一种技术也被广泛的传播可应用。卷积神经网络的特点在于,采用原始信号（一般为图像）直接作为网络的输入，避免了传统识别算法中复杂的特征提取和图像重建过程。

卷积神经网络的核心思想主要有局部感受野、权值共享和池化技术。

1、局部感受野（Receptive Field）：在机器视觉领域的深度神经网络中有一个概念叫做感受野，用来表示网络内部的不同位置的神经元对原图像的感受范围的大小。普通的多层感知器中，隐层节点会全连接到一个图像的每个像素点上；而在卷积神经网络中，每个隐层节点只连接到图像某个足够小局部的像素点上，从而大大减少需要训练的权值参数。

2、权值共享：在卷积神经网中，同一个卷积核内，所有的神经元的权值是相同的，从而大大减少需要训练的参数。

3、池化：在卷积神经网络中，没有必要一定就要对原图像做处理，而是可以使用某种“压缩”方法，这就是池化，也就是每次将原图像卷积后，都通过一个下采样的过程，来减小图像的规模。

## 2.2 各种生成函数法的测定原理

### [2.2.1 直接计算生成函数法](#直接计算生成函数法测定稳定常数的原理)

……。

### 2.2.2 分段拟合生成函数法

……。

### 2.2.3 半整数生成函数法

……。

## 2.3 过拟合问题

### [2.2.1 直接计算生成函数法](#直接计算生成函数法测定稳定常数的原理)

……。

### 2.2.2 分段拟合生成函数法

……。

### 2.2.3 半整数生成函数法

……。

# 3 实验部分

## 3.1 仪器和试剂

### 3.1.1 仪器

### 3.1.2 试剂

……。

## 3.2 溶液的配制及标定

### 3.2.1 NaOH标准溶液的配制及标定

### 

### 3.2.2 氯化钾离子强度调节剂的配制

……。

## 3.3 实验步骤

……。

# 4 结果和讨论

## 4.1 多元酸体系的结果和讨论

### 4.1.1 直接计算法

……。

### 4.1.2 半整数法

A. 半整数法的求解过程

a. 可以直接得到半整数的情况

从表4.1可见，当为0.5和1.5时的pH分别是5.32和2.74，即……。

b. 无法直接得到半整数的情况

在用半整数生成函数法直接求解时，会遇到这样的问题……。表4.4列出了滴定过程中乙二酸溶液的各主要物理量的部分数据。从表4.4可见，……。

图表可横版

表序写在表题左方不加标点，空一格写表题，表题末尾不加标点，表格逐章编序，表序必须连续，如表4.4表示第四章的第四个表。表题：小五，宋体（英文Times New Roman），居中置于表上方，行距18磅，段前0行，段后0行。

……

（1）表格上下与正文之间各空一行；（2）采用三线表，两端与页面对齐；

（3）表中文字：小五，宋体 （英文Times New Roman），行距18磅，段前0行，段后0行。

……。

表4.4 草酸的部分数据列表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *V*/mL | *E*/mV | pH | [H+]/（mol·L-1） |  |
| …… | …… | …… | …… | …… |
|  |  |  |  |  |
| 1.00 | 2.62×102 | 2.22 | 6.07×10-3 | 1.14 |
| 1.50 | 2.60×102 | 2.27 | 5.42×10-3 | 1.10 |
|  |  |  |  |  |
| …… | …… | …… | …… | …… |

续表4.4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *V*/mL | *E*/mV | pH | [H+]/（mol·L-1） |  |
| …… | …… | …… | …… | …… |
| …… | …… | …… | …… | …… |
| …… | …… | …… | …… | …… |

（1）若表格分页，则该表第2页的表题省略，但表头（即“*V*/mL┄”所在行）应重写，并在表右上方加注“续表X.X”；

（2）“续表X.X”的格式：小五，宋体（英文Times New Roman），行距18磅，段前0行，段后0行，右空2格。



（1）图居中，上下与正文之间各空一行；

（2）图中文字：小五，宋体（英文Times New Roman），行距1倍，段前0行，段后0行。

图4.1 乙二酸 ≥1.15数据段曲线及其拟合曲线（实线--实际曲线，虚线--拟合曲线）

针对这种情况，可以采用多项式拟合的方法求解。以乙二酸为例，在Excel中，选取1.28<<1.15之间的数据，以为横坐标，pH为纵坐标，做-pH曲线（见图4.1），并添加趋势线，选择相关系数*R*2最接近1的多项式作为拟合方程，……。

B. 半整数法的计算结果

利用半整数生成函数法，对各种多元酸三次平行实验数据分别进行处理，并求平均值，结果见……。

（1）插图应有图序和图题，全文插图以章分组编序号，图序必须连续，不得重复或跳缺。如图4.1表示第四章的第一幅图。

（2）图题：小五，宋体（英文Times New Roman），居中置于图下方，行距18磅，段前0行，段后0行。

C. 半整数法计算结果的讨论

……。

### 4.1.3 分段拟合法

……。

## 4.2 氨基酸合铜体系的结果和讨论

……。

## 4.3 关于计算方法的讨论

## 4.4 关于其他问题的讨论

# 5 结论和展望

段落号：（1）…。

（2）…。

（3）…。

## 5.1 结论

（1）生成函数法可以分为直接计算生成函数法、分段拟合生成函数法及半整数生成函数法。这三种方法有如下特点：①……；②……；③……。

（2）本文运用三种不同生成函数法，测定了多元酸和氨基酸合铜配合物的稳定常数，得到了……。

（3）三种生成函数法中无论哪一种方法，对待测酸或配合物稳定常数的大小均有一定的要求，如……。

……。

## 5.2 展望

（1）生成函数法理论可靠，计算方便，但……。

（2）在生成函数法的应用中，还有以下问题有待研究和解决：①……；②……。

……。

段内层次号 ：①…；②…。

# 

注：期刊若只有期，没有卷，则可以省略卷号，如参考文献[1]示例。若只有卷，没有（或不分）期，则可以省略期号，如参考文献[2]示例。

# 参考文献

期刊中析出的文献

1. 李炳穆.理想的图书馆员和信息专家的素质与形象[J].图书情报工作，2000(2):5-8.
2. DES MARAIS D J, STRAUSS H, et al. Carbon isotope evidence for the stepwise oxidation of the Proterozoic environment[J]. Nature, 1992, 359: 605-609.
3. 陈桂娥，樊行雪，许振良.线性滴定中稳定常数测定方法比较[J].华东理工大学学报，1996，22(5): 620-625.

普通图书

1. 蒋有绪，郭泉水，马娟，等.中国森林群落分类及其群落学特征[M].北京：科学出版社，1998.
2. International Federation of Library Association and Institutions. Names of persons: national usages for entry in catalogues[M]. 3rd ed. London: IFLA International Office for UBC, 1977.

论文集，会议录

1. 雷光春.综合湿地管理:综合湿地管理国际研讨会论文集[C].北京:海洋出版社，2012.
2. BABU B V, NAGAR A K, DEEP K, et al. Proceedings of the Second International Conference on Soft Computing for Problem Solving, December 28-30, 2012[C]. New Delhi: Springer, 2014.
3. 孔宪京，邹德高，徐斌，等.台山核电厂海水库护岸抗震分析与安全性评价研究报告[R].大连:大连理工大学工程抗震研究所，2009.

报 告

1. World Health Organization. Factors regulating the immune response: report of WHO Scientific Group[R]. Geneva: W H O, 1970.

学位论文

1. 王燕.氨基酸–金属离子体系的测定[D].上海:同济大学，2009.
2. CALMS R B. Infrared spectroscopic studies on solid oxygen[D]. Berkeley: University of California, 1965.

专利文献

1. 刘加林.多功能一次性压舌板:中国，92214985.2[P]. 1993-04-01.

专著中析出的文献

1. 白书农.植物开花研究[M]//李承森.植物科学进展.北京:高等教育出版社，1998:146-163.
2. 钟文发.非线性规划在可燃毒物配置中的应用[C]//赵玮.运筹学的理论与应用:中国运筹学会第五届大会论文集.西安:西安电子科技大学出版社，1996:468-471.
3. 张田勤.罪犯DNA库与生命伦理学计划[N].大众科技报，2000-11-12(7).

标准文献

1. 全国信息与文献标准化技术委员会.文献著录:第4部分 非书资料: GB/T 3792.4-2009[S].北京:中国标准出版社，2010:3.
2. 萧钮.出版业信息化迈人快车道[EB/OL].(2001-12-19)[2002-04-15].http://www.creader. com/news/20011219/200112190019.html.

电子文献

1. Dublin core metadata element set: version 1.1[EB/OL].(2012-06-14)[2014-06-11].http:// dublincore.org/documents/dces/.
2. Zeiler M D, Krishnan D, Taylor G W, et al. Deconvolutional networks[C]//Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on. IEEE, 2010: 2528-2535.

（1）所有引用的期刊需写出完整刊名。按论文中参考文献出现的次序，用阿拉伯数字自然编号，序码加方括号，顶格书写。

（2）五号，宋体（英文Times New Roman），行距18磅，段前0行，段后0行。

（3）参考文献不少于10篇，其中外文文献不少于2篇 （这是最低要求。各学院可以根据本学院情况制定数量要求）。

# 谢 辞

正文内容

出自内心，有感而发。正文：五号，宋体（英文Times New Roman），两端对齐，段落首行左缩进2个汉字符，行距18磅，段前0行，段后0行。