



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

本科生毕业论文（设计）

Undergraduate Graduation Thesis（Design）

题目 Title: 中山大学

本科毕业论文非正式模版

院 系

School (Department): 数据科学与计算机学院

专 业

Major: 软件工程（移动信息工程）

学生姓名

Student Name: 韩 硕 轩

学 号

Student No.: 15352102

指导教师（职称）

Supervisor (Title): 黄凯 教授

时间：二〇一九年三月二十五日

Date: March 25th 2019

表一 毕业论文（设计）开题报告

Form 1: Research Proposal of Graduation Thesis (Design)

论文 (设计) 题目:

Thesis (Design) Title: 自动驾驶场景下的三维物体检测

(简述选题的目的、思路、方法、相关支持条件及进度安排等)

(Please briefly state the research objective, research methodology, research procedure and research schedule in this part.)

选题目的:

自动驾驶是近年来的研究热点之一，拥有广阔的应用场景和强大的市场支持。自动驾驶的核心是环境感知，即让一辆车较为精确地感知周围环境。在驾驶环境中，车辆对行人的识别，对障碍物的检测和对路径的规划等都需要它能很好地理解环境。本项目基于激光雷达采集的三维点云数据集，采用深度学习的方法，目的是改善现有的物体追踪效果，从而为后续的决策提供可靠基础。

思路:

激光雷达是自动驾驶领域应用最为广泛的传感器之一，它能采集到高分辨率的三位点云数据。深度学习为计算机视觉提供了重要的研究手段，它能在看似混杂的数据中提取出特征供机器来学习。因此本项目基于激光雷达采集到的三维点云数据集，并采用深度学习方法进行研究。

方法:

本项目以一种物体检测效果显著的开源深度学习框架为基础，融合另一种物体追踪框架模型中的部分方法，进一步修改成为现在提出的 Correlated-Voxelnet。

相关支持条件:

实验室服务器：四路 Tesla M40 GPU;

天河二号超算节点：tianhe2-G 集群。

进度安排:

第一阶段：2018 年 11 月 - 2018 年 12 月

论文调研，对目前已经被提出的研究方法建立全面的了解。

第二阶段：2019 年 1 月 - 2019 年 2 月

算法实现阶段。运用深度学习框架，结合多帧融合数据实现三维场景下的物体追踪。

第三阶段：2019 年 3 月

代码调整和优化，以及论文写作。针对结果进行代码调整和参数优化，使得系统准确性和可靠性达到最优。同时撰写和修改论文。

Student Signature:

Date:

指导教师意见:

Comments from Supervisor:

1. 同意开题 2. 修改后开题 3. 重新开题
1. Approved() 2. Approved after Revision() 3. Disapproved()

Supervisor Signature:

Date:

表二 毕业论文（设计）过程检查记录表

Form 2: Process Check-up Form

指导教师分阶段检查论文的进展情况（要求过程检查记录不少于 3 次）

The supervisor should check up the working process for the thesis (design) and fill up the following check-up log. At least three times of the check-up should be done and kept on the log.

第一次检查（First Check-up）：

学生总结

Student Self-Summary:

在这一阶段，XXX 工作基本完成，主要在如下几个方面：

- 1) 完成了第一项。
- 2) 完成了第二项
- 3) 完成了第三项。

指导教师意见

Comments of Supervisor:

论文完成情况良好。

第二次检查（Second Check-up）：

学生总结

Student Self-Summary:

...

指导教师意见

Comments of Supervisor:

...

第三次检查（**Third Check-up**）：

学生总结

Student Self-Summary:

...

指导教师意见

Comments of Supervisor:

...

第四次检查（**Fourth Check-up**）：

学生总结

Student Self-Summary:

...

指导教师意见

Comments of Supervisor:

...

学生签名（Student Signature）：

日期（Date）：

指导教师签名（Supervisor Signature）：

日期（Date）：

| | |
|--------------------------------|--|
| 总体完成情况 (Overall Assessment) | 指导教师意见 Comments from Supervisor: |
| | 1、按计划完成，完成情况优（Excellent）：（ ） 2、按计划完成，完成情况良（Good）：（ ） 3、基本按计划完成，完成情况合格（Fair）：（ ） 4、完成情况不合格（Poor）：（ ） 指导教师签名（Supervisor Signature）： 日期（Date）： |

表三 毕业论文（设计）答辩情况登记表

Form 3: Thesis Defense Performance Form

| | | | |
|---|---|-------------|--------------------------------------|
| 答辩人 Student Name | 韩 硕 轩 Han Shuoxuan | 专业 Major | 软件工程（移动信息工程） Software Engineering |
| 论文(设计) 题目 Thesis（Design） Title | 自动驾驶场景下的三维物体检测 3-D Object Detection in Automatic Drive Scene | | |
| 答辩小组成员 Committee Members | | | |
| <div>答辩记录 Records of Defense Performance:</div> <div></div> <div>记录人签名（Clerk Signature）：</div> <div>日期（Date）：</div> | | | |

学术诚信声明

本人所呈交的毕业论文，是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，所有数据、图片资料均真实可靠。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本论文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确的方式标明。本毕业论文的知识产权归属于培养单位。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

本人签名：

日期：

Statement of Academic Integrity

I hereby acknowledge that the thesis submitted is a product of my own independent research under the supervision of my supervisor, and that all the data, statistics, pictures and materials are reliable and trustworthy, and that all the previous research and sources are appropriately marked in the thesis, and that the intellectual property of the thesis belongs to the school. I am fully aware of the legal effect of this statement.

Student Signature:

Date:

自动驾驶场景下的三维物体检测

[摘 要] 摘要内容应概括地反映出本论文的主要内容，主要说明本论文的研究目的、内容、方法、成果和结论。要突出本论文的创造性成果或新见解，不要与引言相混淆。语言力求精练、准确，以300—500字为宜。在摘要的下方另起一行，注明本文的关键词（3—5个）。关键词是供检索用的主题词条，应采用能覆盖论文主要内容的通用技术词条（参照相应的技术术语标准）。按词条的外延层次排列（外延大的排在前面）。摘要与关键词应在同一页。

[关键词] 自动驾驶；激光雷达；深度学习；计算机视觉；点云；物体追踪

Unofficial L^AT_EX Template for SYSU Graduation Thesis

[Abstract] 英文摘要内容与中文摘要相同，以 250—400 个实词为宜。摘要下方另起一行注明英文关键词（Keywords3—5 个）。

[Keywords] Autonomous Driving, LiDAR(Light Detection And Ranging), Deep Learning, Computer Vision, Point Cloud, Object Tracking

目录

| | | |
|-------------|----------------|-----------|
| 第一章 | 引言 | 1 |
| 1.1 | 选题背景与意义 | 1 |
| 1.2 | 问题描述 | 1 |
| 1.3 | 本文的论文结构与章节安排 | 1 |
| 第二章 | 简单的使用例子 | 2 |
| 2.1 | 图像的插入 | 2 |
| 2.2 | 表格的插入 | 4 |
| 2.3 | 公式 | 4 |
| 2.4 | 算法流程图 | 5 |
| 2.5 | 例子与证明 | 5 |
| 2.6 | 其他的一些用法 | 6 |
| 第三章 | 研究方法 | 7 |
| 第四章 | 实验与结果 | 8 |
| 第五章 | 总结与展望 | 9 |
| 5.1 | 工作总结 | 9 |
| 5.2 | 研究展望 | 9 |
| | 致谢 | 10 |
| 附录 A | 补充更多细节 | 11 |

插图目录

2-1 镶嵌在文中的图像 2

2-2 单张图像 2

2-3 并排的多张图像 3

2-4 并排的多张图像加各自的注解 3

2-5 复杂的两列对象的插入 3

A-1 一个配有彩色表格的插图 11

表格目录

2.1 典型的实验对比表格 4

2.2 复杂一些的表格 4

第一章 引言

1.1 选题背景与意义

让机器节省甚至替代人力一直是科技发展的大方向。自动驾驶汽车，一种通过传感器和电脑实现无人驾驶的智能汽车，则是近些年来越来越受到关注的一个研究热点。如果自动驾驶技术能在生活中得到广泛应用，那么人们的生活质量将大幅提高。举两个很贴近校园生活的例子：很多学校都有校内接送学生的电动车，它的时间和线路相对固定，驾驶巴士的司机常年做着重复劳动，十分枯燥；很多同学喜欢叫外卖，因此无数的递送员每天奔波于商家和宿舍之间，还经常因为无法按时送达被投诉。但假如能应用成熟的自动驾驶技术，这样的情况将得到极大改善。不仅如此，在国家快速现代化发展的大环境下，自动驾驶还可以缓解城市交通拥堵、交通事故发生频繁等问题。所以，自动驾驶技术的发展对于国家和社会具有重要意义。虽然介绍本项研究工作研究设想、研究方法或实验设计、理论依据或实验基础；涉及范围和预期结果等。要求言简意赅，注意不要与摘要雷同或成为摘要的注解。

1.2 问题描述

在

1.3 本文的论文结构与章节安排

本文共分为五章，各章节内容安排如下：

第一章引言。

第二章综述。

第三章。

第四章实验和结果。

第五章总结与展望。

第二章 简单的使用例子

2.1 图像的插入

2.1.1 镶嵌在文中的图像

论文主体是毕业论文的主要部分，必须言之成理，论据可靠，严格遵循本学科国际通行的学术规范。在写作上要注意结构合理、层次分明、重点突出，章节标题、公式图表符号必须规范统一。论文主体的内容根据不同学科有不同的特点，一般应包括以下几个方面：（1）毕业论文（设计）总体方案或选题的论证；（2）毕业论文（设计）各部分的设计实现，包括实验数据的获取、数据可行性及有效性的处理与分析、各部分的设计计算等；（3）对研究内容及成果的客观阐述，包括理论依据、创新见解、创造性成果及其改进与实际应用价值等；（4）论文主体的所有数据必须真实可靠，凡引用他人观点、方案、资料、数据等，无论曾否发表，无论是纸质或电子版，均应详加注释。自然科学论文应推理正确、结论清晰；人文和社会学科的论文应把握论点正确、论证充分、论据可靠，恰当运用系统分析和比较研究的方法进行模型或方案设计，注重实证研究和案例分析，根据分析结果提出建议和改进措施等。

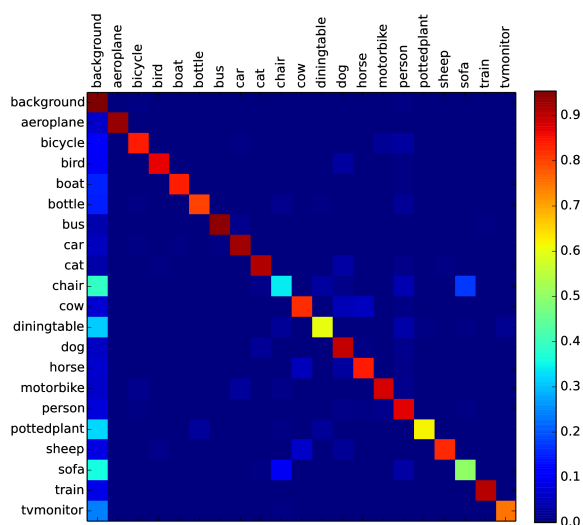


图 2-1 镶嵌在文中的图像

2.1.2 单张图像的插入

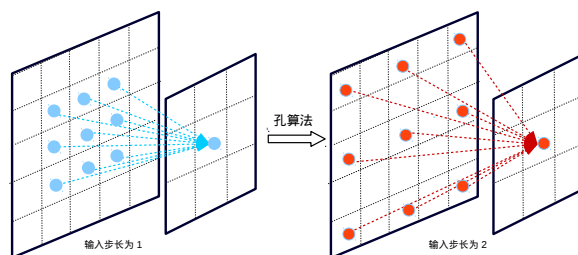


图 2-2 单张图像

2.1.3 多张图像的并排插入



图 2-3 并排的多张图像

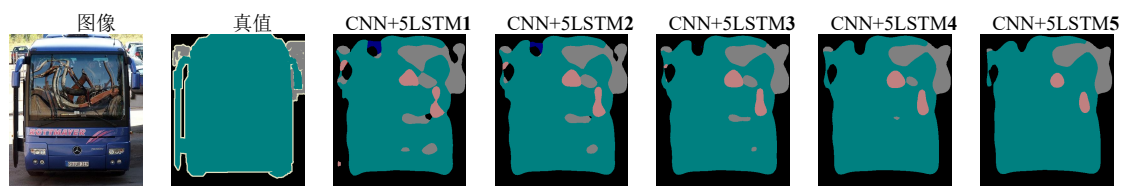
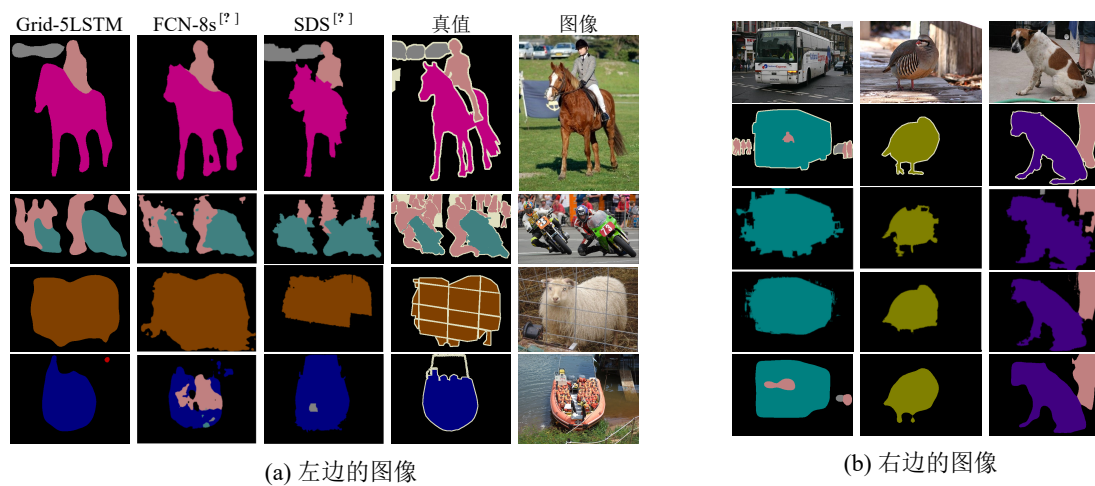


图 2-4 并排的多张图像加各自的注解

2.1.4 两列图像的插入



(a) 左边的图像

(b) 右边的图像

图 2-5 复杂的两列对象的插入

2.2 表格的插入

| Method | Pixel Acc. | Mean Acc. | Mean Iu. |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Liu 等人 ^[?]] | 76.7 | - | - |
| Tighe 等人 ^[?]] | 78.6 | 39.2 | - |
| FCN-16s ^[?]] | 85.2 | 51.7 | 39.5 |
| Deeplab-LargeFOV ^[?]] | 85.6 | 51.2 | 39.7 |
| Grid-LSTM5 | 86.2 | 51.0 | 41.2 |

表 2.1 典型的实验对比表格

| Method | aero | bike | bird | boat | bottle | bus | car | cat | chair | cow | table | dog | horse | mbike | person | plant | shep | sofa | train | tv | mIoU. |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| CNN | 72.6 | 29.6 | 70.2 | 53.1 | 65.1 | 81.0 | 74.3 | 79.8 | 25.0 | 64.8 | 47.8 | 69.5 | 66.2 | 65.2 | 74.2 | 42.1 | 69.6 | 38.8 | 74.4 | 58.6 | 62.5 |
| CNN+1LSTM | 71.5 | 30.6 | 70.5 | 53.8 | 64.9 | 82.4 | 77.1 | 79.5 | 25.1 | 65.8 | 47.8 | 71.5 | 64.6 | 67.0 | 74.0 | 43.9 | 69.6 | 38.6 | 74.9 | 59.4 | 63.0 |
| CNN+2LSTM | 76.1 | 32.6 | 72.1 | 57.0 | 65.3 | 83.6 | 75.4 | 81.7 | 24.7 | 69.3 | 47.5 | 72.3 | 68.9 | 69.5 | 74.7 | 41.5 | 69.8 | 38.3 | 77.8 | 62.1 | 64.3 |
| CNN+3LSTM | 77.7 | 32.3 | 72.6 | 60.0 | 68.3 | 85.5 | 78.5 | 82.3 | 25.3 | 71.1 | 49.7 | 71.5 | 69.7 | 70.8 | 75.9 | 47.9 | 71.2 | 38.9 | 80.2 | 61.7 | 65.8 |
| CNN+4LSTM | 79.1 | 33.7 | 73.6 | 62.0 | 70.4 | 85.5 | 80.9 | 83.7 | 24.1 | 70.7 | 45.7 | 73.7 | 69.6 | 72.1 | 75.6 | 47.2 | 76.0 | 37.3 | 80.5 | 62.2 | 66.4 |
| CNN+5LSTM | 79.9 | 33.6 | 73.6 | 61.7 | 68.0 | 88.5 | 80.9 | 84.0 | 23.6 | 71.3 | 49.7 | 73.1 | 71.3 | 72.9 | 76.4 | 48.9 | 75.1 | 38.1 | 84.5 | 63.8 | 67.2 |
| CNN+5LSTM† | 84.8 | 36.4 | 82.0 | 69.4 | 73.0 | 87.2 | 81.8 | 86.1 | 34.5 | 82.4 | 53.1 | 81.5 | 77.4 | 79.0 | 81.3 | 54.8 | 81.1 | 47.0 | 84.3 | 67.3 | 72.3 |

表 2.2 复杂一些的表格

2.3 公式

没有编号的公式

$$\mathbf{z}^{(l)} = \mathbf{W}^{(l)} \mathbf{a}^{(l-1)} + \mathbf{b}^{(l)}$$

$$\mathbf{a}^{(l)} = f(\mathbf{z}^{(l)})$$

公式中含有中文

$$\text{像素准确率} = \sum_{i=1}^{n_{cl}} n_{ii} / \sum_{i=1}^{n_{cl}} t_i$$

$$\text{平均像素准确率} = \frac{1}{n_{cl}} \sum_{i=1}^{n_{cl}} (n_{ii} / t_i) \quad (2.1)$$

$$\text{Mean IU} = \frac{1}{n_{cl}} \sum_{i=1}^{n_{cl}} \frac{n_{ii}}{t_i + \sum_j^{n_{cl}} n_{ji} - n_{ii}}$$

公式中含有矩阵

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} I * \mathbf{x}_i \\ \mathbf{h} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

每行后面都有编号的公式

$$\frac{\partial}{\partial W_{ij}^{(l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y) = \frac{\partial J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y)}{\partial z_i^{(l+1)}} \cdot \frac{\partial z_i^{(l+1)}}{\partial W_{ij}^{(l)}} = \delta_i^{(l+1)} a_j^{(l)} \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial}{\partial b_i^{(l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y) = \frac{\partial J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y)}{\partial z_i^{(l+1)}} \cdot \frac{\partial z_i^{(l+1)}}{\partial b_i^{(l)}} = \delta_i^{(l+1)} \quad (2.4)$$

2.4 算法流程图

算法 2.1: 梯度下降算法

输入: m 个训练样本

- 1 对于 $l = 1$ 转到 n_l 进行 初始化: $\Delta \mathbf{W}^{(l)} = 0$, $\Delta \mathbf{b}^{(l)} = 0$;
 - 2 对于每个 训练样本 进行
 - 3 对于 $l = 1$ 转到 $n_l - 1$ 进行 前向传播: $\mathbf{z}^{(l+1)} = \mathbf{W}^l \mathbf{a}^l + \mathbf{b}^l, \mathbf{a}^{(l+1)} = f(\mathbf{z}^{(l+1)})$;
 - 4 输出误差计算: $\delta^{(n_l)} = \frac{\partial}{\partial \mathbf{z}^{(n_l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y)$;
 - 5 对于 $l = n_l - 1$ 转到 1 进行 后向传播: $\delta^{(l)} = ((\mathbf{W}^{(l)})^T \delta^{(l+1)}) f'(\mathbf{z}^{(l)})$;
 - 6 对于所有 层 l 进行
 - 7 计算梯度: $\nabla_{\mathbf{W}^{(l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y) = \delta^{(l+1)} (\mathbf{a}^{(l)})^T$
 - 8 $\nabla_{\mathbf{b}^{(l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y) = \delta^{(l+1)}$;
 - 9 累加梯度: $\Delta \mathbf{W}^{(l)} \leftarrow \Delta \mathbf{W}^{(l)} + \nabla_{\mathbf{W}^{(l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y)$;
 - 10 $\Delta \mathbf{b}^{(l)} \leftarrow \Delta \mathbf{b}^{(l)} + \nabla_{\mathbf{b}^{(l)}} J(\mathbf{W}, \mathbf{b}; \mathbf{x}, y)$;
 - 11 对于所有 层 l 进行
 - 12 更新权重: $\mathbf{W}^{(l)} \leftarrow \mathbf{W}^{(l)} - \alpha \left[\frac{1}{m} \Delta \mathbf{W}^{(l)} \right]$
 - 13 $\mathbf{b}^{(l)} \leftarrow \mathbf{b}^{(l)} - \alpha \left[\frac{1}{m} \Delta \mathbf{b}^{(l)} \right]$
-

2.5 例子与证明

2.5.1 例子

例 2.1 这是一个例子, 用以验证特殊环境的字体成功更改为楷体。

证明 1. 大前提 2. 小前提结论: 示例结论

□

2.6 其他的一些用法

2.6.1 子章节编号

2.6.1.1 更小的章节

更小的章节编号也是支持的。

2.6.2 列表的使用

这是一个无序列表

- 引用文献^[?]
- 字体变红，粗体

这是一个有序列表

- 1) 索引前面的章节 2.3、图像2-5、表格2.1
- 2) 加脚注^①

^① <http://cs231n.github.io/transfer-learning/>

第三章 研究方法

第四章 实验与结果

第五章 总结与展望

5.1 工作总结

本文所述框架是基于两种效果显著的三维物体检测与追踪开源框架改进而来。然而，在追踪取得较高精确度的同时，该框架的速度还有待提升。目前的追踪速度只有约 2 秒每帧，尚不能达到自动驾驶的要求。

5.2 研究展望

随着硬件设备的性能不断提高，伴随 5G 时代的到来，自动驾驶汽车的各个部件之间的通讯将更加稳定高效，而日渐成熟的三维物体检测与追踪技术也将为人们带来更安全和舒适的自动驾驶体验。

致谢

四年时间转眼即逝，青涩而美好的本科生活快告一段落了。回首这段时间，我不仅学习到了很多知识和技能，而且提高了分析和解决问题的能力与养成了一定的科学素养。虽然走过了一些弯路，但更加坚定我后来选择学术研究的道路，实在是获益良多。这一切与老师的教诲和同学们的帮助是分不开的，在此对他们表达诚挚的谢意。

首先要感谢的是我的指导老师林惊教授。我作为一名本科生，缺少学术研究经验，不能很好地弄清所研究问题的重点、难点和热点，也很难分析自己的工作所能够达到的层次。林老师对整个研究领域有很好的理解，以其渊博的知识和敏锐的洞察力给了我非常有帮助的方向性指导。他严谨的治学态度与辛勤的工作方式也是我学习的榜样，在此向林老师致以崇高的敬意和衷心的感谢。

最后我要感谢我的家人，正是他们的无私的奉献和支持，我才有了不断拼搏的信息的勇气，才能取得现在的成果。

陈冠英

2019年3月25日

附录 A 补充更多细节

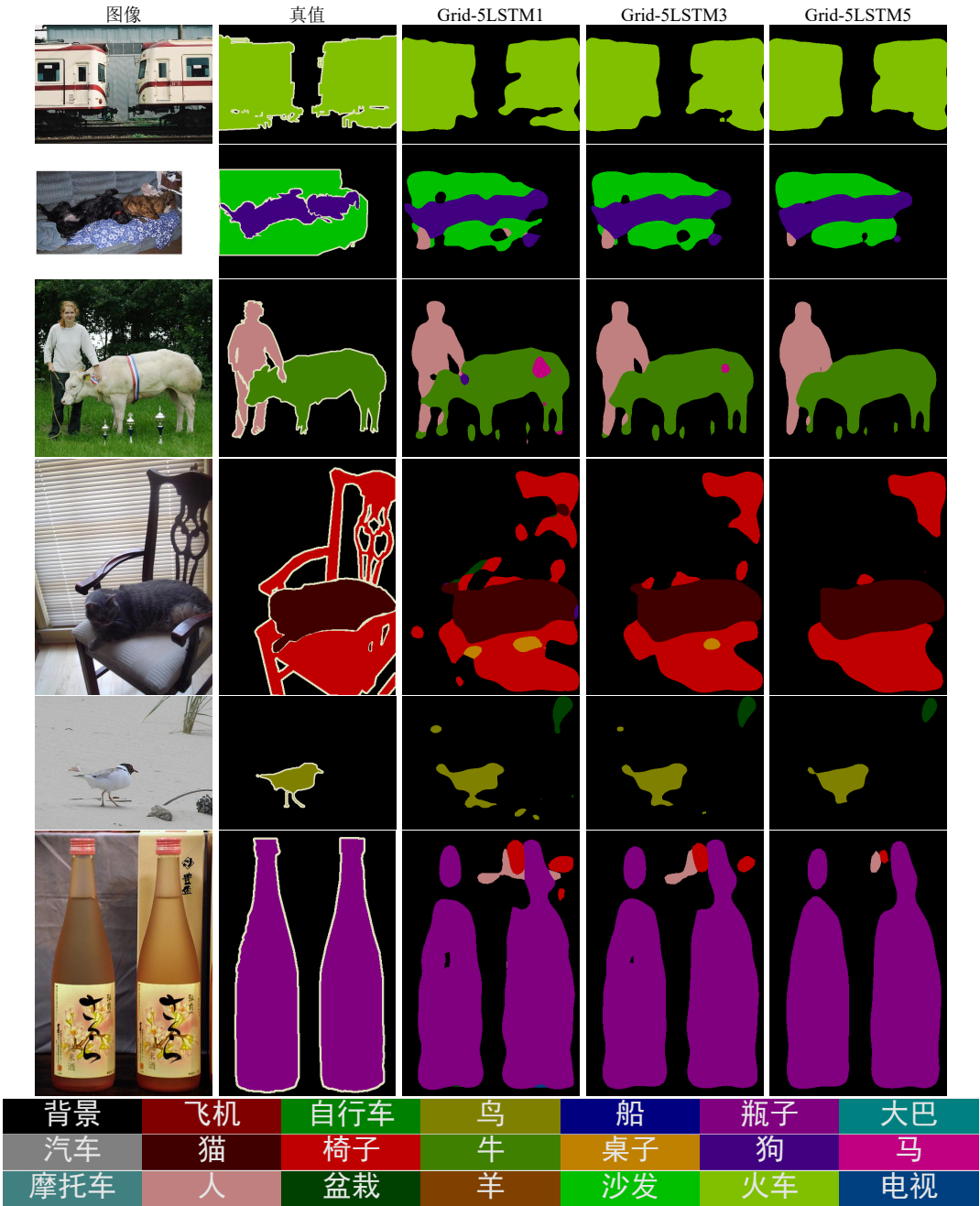


图 A-1 一个配有彩色表格的插图

毕业论文 (设计) 成绩评定记录

Grading Sheet of the Graduation Thesis (Design)

| | | |
|--|--|--|
| <p>指导教师评语</p> <p>Comments of Supervisor:</p> <p>某某同学针对什么问题研究了什么算法/实现了什么系统/针对这个系统做了什么测试, 本文选题合理, 实验结果表明技术路线……论文写作规范, 引用文献充分, 符合中山大学本科论文的规范, 是篇优秀/良好/中等/合格的论文。</p> <p>成绩评定</p> <p>Grade:</p> <p>指导教师签名</p> <p>Supervisor Signature: Date:</p> | | |
| <p>答辩小组或专业负责人意见</p> <p>Comments of the Defense Committee:</p> <p>成绩评定</p> <p>Grade:</p> <p>签名: Date:</p> <p>Signatures of Committee Members</p> | | |
| <p>院系负责人意见</p> <p>Comments of the Academic Chief of School:</p> <p>成绩评定</p> <p>Grade:</p> <p>签名 院系盖章</p> <p>Signature: Stamp: Date:</p> | | |