

# 一种自动化图像隐写分析平台<sup>①</sup>

李明则, 向阳, 张文华

(西安通信学院, 西安 710106)

**摘要:** 针对目前图像隐写分析手动程序编码操作耗时复杂易错、特征选择单一盲目、数据结果分析手段单一等问题, 利用 MATLAB 开发工具, 设计了一种能自动实现图像隐写分析过程的操作平台. 它节省了研究人员收集各类算法的时间和精力, 减少了人为编码引发的操作错误和操作时间. 手动和自动特征选择与图表信息显示的结合使用, 增加了特征选择与数据结果分析的手段, 提升了隐写分析的进度.

**关键词:** 隐写分析; 特征选择; 数据分析; 自动化; 操作平台

## An Automation Image Steganalysis Platform

LI Ming-Ze, XIANG Yang, ZHANG Wen-Hua

(Xian Communications Institute, Xian 710106, China)

**Abstract:** Nowadays, image steganalysis is of the existence of manual program coding operation time-consuming, complicate and error-prone, feature selection single-blind, results analysis means single. To solve these problems, this paper use MATLAB development tools to design one operation platform. It can automatically achieve the image steganalysis process, which saved time and energy for the researchers to collect various algorithms, reduced operational errors and the operation time caused by manual coding. Combining Manual and automated feature selections with chart information, we can not only increase means of feature selection and experimental result analysis, but also improve overall steganalysis progress.

**Key words:** steganalysis; feature selections; data analysis; automation; operation platform

随着信息隐藏技术<sup>[1]</sup>的快速发展, 大量的隐写工具和软件被不法分子利用, 为了阻截非法信息传递, 隐写分析作为隐写的攻击技术, 开始受到人们的关注. 不同隐写算法所需的敏感特征差异很大, 同一隐写算法在不同的嵌入率下, 它所需的敏感特征也会有所差别<sup>[2]</sup>. 所以对于未知的隐写算法, 想要知道哪种特征或哪些特征组合能得到更好的检测效果, 研究人员需要对所有特征组合一一实验才能获得最准确的结果, 这不仅需要大量的时间和资源, 而且不容易实现. 传统的隐写分析过程都是通过手动程序编码一步步串联实现, 研究人员不知道前一个步骤完成所需的具体时间, 所以不能有效串联好隐写分析的过程, 并且程序编码容易出现误操作. 对于算法的性能, 研究人员通常最关心的是哪几种特征对该种隐写的检测效果最好, 哪种特征

的通用性比较好, 但仅仅靠庞大的数据比对很难得到想要的结果, 并且还容易产生视觉疲劳.

本文从研究人员面临的实际问题出发, 收集了大量常用的各类算法(隐写算法、特征提取算法、分类器), 利用 MATLAB 开发工具编码串联好这些算法, 设计出一种能自动实现图像隐写分析过程的界面操作平台. 它降低了人为编码引发的各类错误, 节省了研究人员的操作时间, 提高了隐写分析的整体进度, 在此基础上增加了一些其他功能: 1)提供了自动和手动两种特征组合选择方式, 解决了研究人员在隐写分析实验中选用特征单一、盲目的问题; 2)通过 ROC 曲线、bar 图、误漏报图像及信息显示, 研究人员可以更直观地分析隐写与隐写分析算法的各自性能; 3)扩展功能提供了添加与删除操作, 研究人员可以添加任何需要验证的

<sup>①</sup> 收稿时间:2013-03-01;收到修改稿时间:2013-04-07

新算法,如:隐写算法、分类算法等,而删除操作则能帮助研究人员清理多余或错误的信息。

总之,利用本平台,研究人员不需要花费时间和精力收集各类算法和代码,也不需要核对操作的正确性,只需掌握简单的界面操作常识就可以快速有效地完成隐写分析的全过程,得出的结论还能为下一步的隐写与隐写分析提供重要的参考意见。

### 1 自动化隐写分析平台设计

图像隐写分析过程包括分类模型的建立以及图像测试两部分,此平台在这基础上增加了参数选择模块、数据分析模块以及扩展模块三部分,其中自动隐写分析流程中涉及的参数由扩展模块与参数选择模块提供。

#### 1.1 参数选择模块

在隐写分析过程中,需要用到很多参数变量,不同的参数对隐写分析性能有很大影响。通过参数选择模块,研究人员只需在隐写分析之前选定需用的参数,就能自动实现隐写分析过程。这里的参数包括:图像还原参数、训练测试图像数量、隐写算法、嵌入率、分类器、特征自由组合方式、自动特征选择参数。具体流程如图 1 所示:

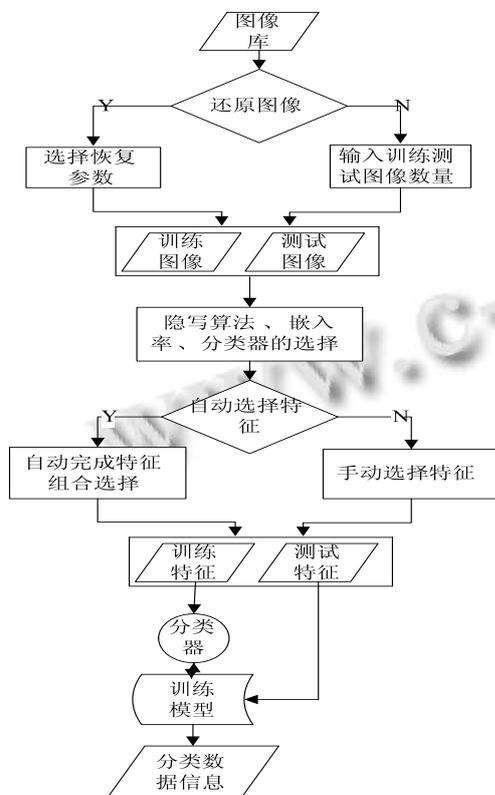


图 1 自动隐写分析流程

训练测试图像数量:训练测试图像库是通过已有大图像库随机抽取一定数量的图像组成的新图像库,大小由研究人员通过弹出的对话框手动输入。

图像还原参数:图像库不同,隐写分析性能会有较大差异<sup>[4]</sup>,为了更好地与先前实验数据进行比较,设置了图像还原参数。研究人员只需在目录中选择已完成的任何实验文件,都可以在这一次实验中使用与先前实验相同的图像库。

隐写算法、嵌入率、分类器:隐写算法的安全性、嵌入率的大小以及分类器的类型决定了隐写分析的难易度,研究人员根据自我需要选择合适参数。

特征自由组合方式:特征作为隐写分析的决定性因子,它的作用不言而喻,所以选择哪类特征成为了隐写分析的头号难题。研究人员根据每个特征对不同隐写算法的敏感程度,自由选择几种对该种算法更为敏感的特征来进行隐写分析,它很好地解决了特征选择单一的问题,也有利于研究人员比较各特征组合的优劣。

自动特征组合参数:由于特征组合方式种类繁多,研究人员不可能一一实现,从而不能选择出最优的特征组合,这就为隐写分析的发展带来了很大困难。基于此,本平台参照 Fridrich 提到的 Rich model<sup>[2]</sup>和 subspace<sup>[3]</sup>,把选用的单个特征当做特征子集,然后从中穷举选择最优的特征组合,这里可以通过界面提供的设置按钮修改参数  $n$ ,默认  $n$  为 2。

不管是手动特征选择还是自动特征选择,最终的输出结果不仅包括了组合特征检测结果,还包括了所有所选单个特征对该种隐写算法的检测贡献,这为特征选择提供了重要的参考。

#### 1.2 数据分析模块

通常隐写分析结果都是一些庞大的数据信息,研究人员必须对它们进行比对分析才能获得最终结论。为了减轻分析难度,节省分析时间,设计了数据分析模块,它由三部分组成:ROC 曲线、bar 图以及误漏报图像信息汇总,如图 2:

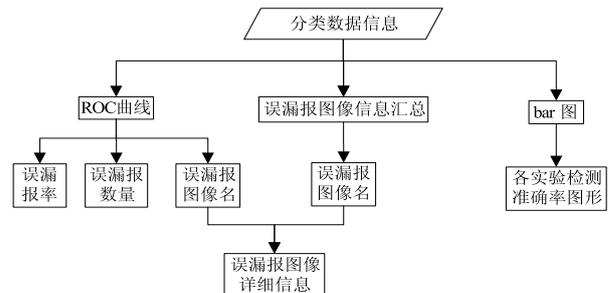


图 2 数据分析模块

ROC 曲线: ROC 曲线不仅显示单个实验检测准确率, 还显示该实验的误漏报图像详细信息, 如: 误漏报图像数量、比例、名称、大小、格式等.

bar 图: 隐写算法、特征提取方式、嵌入率以及分类器不同, 它们的检测结果差异很大. 在隐写分析中, 研究人员不仅想知道对特定隐写算法检测效果最好的特征, 还想知道该种特征对其他隐写算法的检测通用性. 通过 bar 图, 研究人员只需选择目录中存在的文件, 就能直观快速地得到结果.

误漏报图像信息汇总: 使用漏报图像并避免误报图像能提高隐写的安全性能, 而隐写分析则可以通过增大检测易漏报图像力度来减少秘密信息泄露. 所以, 通过误漏报图像信息汇总, 可以快速查找出不同特征在同一隐写中误漏报图像, 这也为隐写分析实验中图像的选择起到指导作用.

### 1.3 扩展模块

平台的扩展模块设计了添加与删除操作, 删除操作是清除错误或无用的算法, 为了防止误操作与非法操作, 对删除操作设定了访问权限. 研究人员如果想要检测新的隐写算法的抗检测性、新的特征提取算法的检测效果、新的分类器的分类能力, 添加功能都能满足需求, 具体流程如图 3 所示:

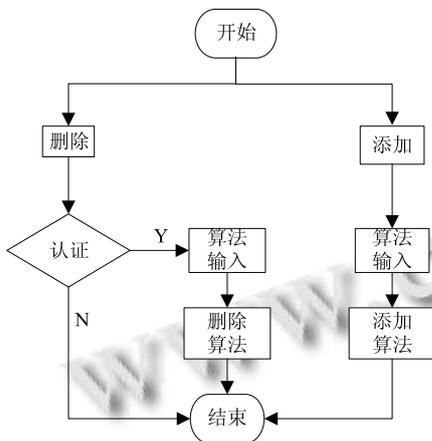


图 3 扩展模块

## 2 关键技术

### 2.1 用穷举 $n$ 元法选择最优特征组合

常用的特征组合选择方法有前向选择法、后向选择法、穷举法. 前向选择是利用 Boosting 算法从弱分类器构造强分类器过程中所赋的权值对特征进行取舍. 后向选择是遍历当前特征, 将准确率下降最小的特征

删除, 接着对剩下特征迭代计算, 直至剩余特征数. 穷举  $n$  元法是对所有  $n$  个特征数的特征组合都进行训练分类, 从中选择出分类效果最好的组合. 前两者虽然耗时较短, 但是它不能得到最优的特征组合. 所以本平台通过穷举法  $n$  元法选择出最优特征组合,  $n$  由设置按钮设定.

## 3 自动化平台验证

### 3.1 平台实验环境

平台提供了 3 种隐写算法, 21 种特征, 4 种分类器.

#### 3.1.1 隐写算法

nsF5<sup>[5]</sup>是在传统 F5 的基础上的加入了矩阵编码来进行优化的算法; MB<sup>[6]</sup>是由 Sallee 提出的基于整体模型匹配的隐写算法; PQ<sup>[7]</sup>是选取 JPEG 量化过程中失真较小的系数进行嵌入达到减小扰动量, 编码方式选用了湿纸编码<sup>[8]</sup>(wet paper codes).

#### 3.1.2 特征

所有特征名的表示方式: domain\_type\_other 表示在 domain 域用 type 方法的特征. domain: JPEG 域块内为 dctIntra, 块间为 dctInter; 空域为 spatial, 小波域为 wavelet. HCF 表示直方图特征函数, hist 表示直方图统计特征. other 部分将在具体特征介绍中说明. 对于共生矩阵的阈值, 1 阶阈值为 5, 2 阶阈值为 4, 3 阶阈值为 3, 4 阶阈值为 2.

##### 1) DCT 域特征

dctIntra\_1D1D: 根据 DCT 域块内块间系数之间存在依赖性关系, 从水平、垂直、对角、反对角四个方位对相邻系数密度取其共生矩阵, 再结合微观校准<sup>[9]</sup>方式得到特征, 然后结合校准前后之间的差值、商值得到 324 维特征;

dctIntra\_HCF: 根据 DCT 相邻系数之间的关系, 提取直方图特征函数<sup>[10]</sup>193 维;

dctIntra\_HCF\_New: 图像经笛卡尔积校准<sup>[11]</sup>后, 依据文献[10]的直方图特征函数提取方式, 求和取其平均值, 得到新校准的 193 维特征;

dctIntra\_HCF\_diff(dctIntra\_HCF\_div):

dctIntra\_HCF\_New 与 dctIntra\_HCF 的差值(商值);

dctIntra\_aDbD(dctInter\_aDbD): 对块内(块间)DCT 域系数从水平、垂直、对角、反对角四个方位取其残差的共生矩阵, 然后取平均值;

dctIntra\_aDbD\_Car(dctInter\_aDbD\_Car): 对上面

特征的校准, 这里的校准笛卡尔积校准. 这里  $a$  取 1 和 3,  $b$  取 3.

2) 空域特征

spatial\_aDbD(spatial\_aDbD\_ix): 根据图像相邻像素之间的依赖性关系, 从水平、垂直、对角、反对角四个方位对其相邻像素的残差求共生矩阵, 然后取其平均值, 其中 ix 表示以上四个方向的反向特征. 这里  $a$  取 3,  $b$  取 3 和 4.

spatial\_hist\_2D(spatial\_hist\_3D): 对图像相邻像素值分别取 2 阶(3 阶)残差, 然后对残差后的系数取直方图统计特征各 256 维.

3) 小波域特征

wavelet\_HCF: 图像经小波三级分解后得到 13 个小波子带, 然后对这些子带的系数直方图进行傅里叶变换, 最后计算变换之后子带的 3 阶特征函数, 得到 39 维特征, 然后参考 xuan<sup>[12]</sup>的校准, 提取相同特征, 最后得到一个 78 维的直方图特征函数;

wavelet\_2D2D: 图像经一级小波分解后, 取其低频子带, 对其低频子带的水平、垂直、对角、反对角四个方位进行块内块间 2 阶残差的 2 阶共生矩阵, 取其平均值各 81 维, 合成 162 维特征.

3.1.3 分类器

LIBSVM<sup>[13]</sup>由台湾大学林智仁教授开发出来的小型软件; LS\_SVM<sup>[14]</sup>是 Suykens 提出的, 它的训练优化时间更快, 大大降低了 SVM 的计算量; 2012 年, Bayram 等人提出了整体分类器 ensemble<sup>[3]</sup>, 它解决了高维大图像库问题; Fisher 是最基础的线性分类器, 它的分类速度最快, 但分类性能较差.

实验所用图像库是 ucid<sup>[15]</sup>经灰度处理后的图像库, 图像尺寸为 512×384(384×512), 共 1337 张.

3.2 自动隐写分析实现

通过参数选择模块, 选择的隐写算法、嵌入率、特征与分类器分别为: nsF5、0.05、dctIntra\_1D1D、Ensemble, 训练测试库大小为(1000,337), 其余参数都为“否”, 结果如图 4 所示:

3.3 数据分析模块应用

3.3.1 ROC 曲线

通过 ROC 曲线, 研究人员不仅能得到实验的隐写分析准确率, 还能获得误漏报图像的详细信息. 图 5 和 6 是 MB2 在嵌入率为 0.05, 特征为 dctIntra\_1D1D, 分类器为 ensemble 的 ROC 曲线及图像信息显示结果:



图 4 自动隐写分析检测

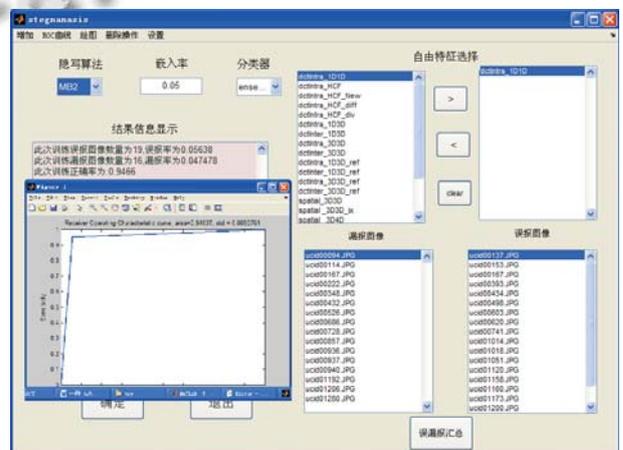


图 5 MB2 隐写分析结果与 ROC 曲线



图 6 漏报图像 ucid00034.jpg 图像的信息

通过 ROC 曲线, 研究人员可以获得本次实验的准确率以及误漏报图像的详细信息. 当然只通过一次实验不能说明这些图像易被检测, 所以平台设计了误漏报图像汇总功能. 研究人员可以选择同一种隐写算法

的所有实验文件，得到它的总误差漏报图像，再从中提取有用信息。

### 3.3.2 bar 图

对于特定的隐写算法，哪种特征检测效果更好，它的通用性如何，这是隐写分析的目标，bar 图能很好地解决这一问题。下面以 nsF5 在嵌入率为 0.15 时为例，各特征的检测结果如图 7 所示：

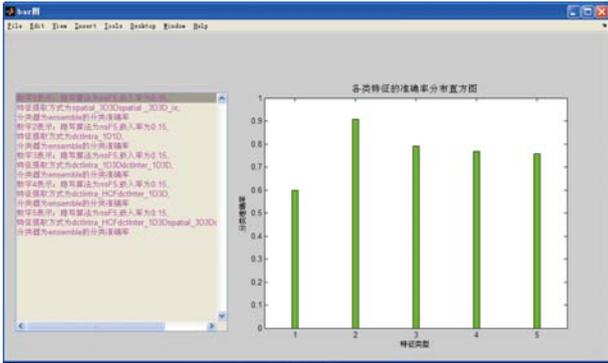


图 7 各特征正确检测比例

从图 7 可以看出，条状 2 效果最好，其次是 3 和 4。从左边显示框中可知：2、3、4 分别为 dctIntra\_1D1D、dctIntra\_1D3DdctInter\_1D3D、dctIntra\_HCFdctInter\_1D3D。为了验证 dctIntra\_1D1D 的通用性，选取各类隐写算法在特征为 dctIntra\_1D1D 的隐写分析实验，如图 8 所示：

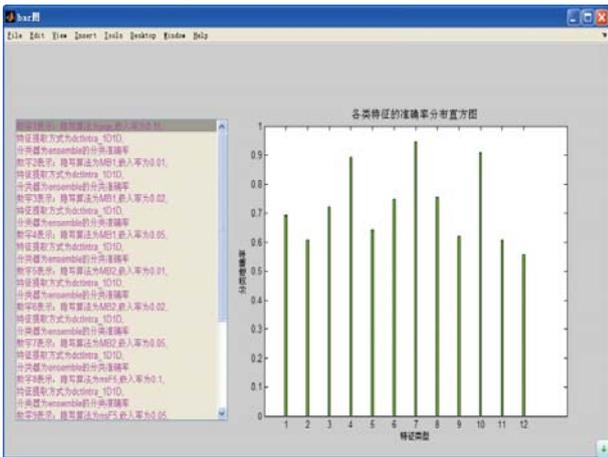


图 8 dctIntra\_1D1D 对不同隐写算法的检测结果

从图 8 可看出，嵌入率越高，隐写分析检测效果越好，dctIntra\_1D1D 对 MB2 检测效果最好，其次是 MB1，但是对于 PQE 和 nsF5 算法检测结果较差。

通过以上两个步骤，研究人员不需要分析复杂的

数据，只通过直观的图像信息显示就能得到隐写算法与特征及图像文件之间的关系。

### 3.4 自动特征选择实例

特征的自动选择是把单个特征当成一个特征子集，对这些特征子集进行重新组合形成新的特征，最后利用穷举 n 元法选择出最优 n 元特征组合，这里通过设置按钮设定 n 为 4。下面以 PQE 隐写为例，在嵌入率为 0.1 时，隐写分析结果如图 9 所示：



图 9 自动特征选择 pqe

实验结果发现，经过自动特征选择，得到最优四子集特征组合为：dctIntra\_HCF\_diff、dctIntra\_3D3D\_Car、spatial\_3D3D、spatial\_3D4D625。它的分类准确率为 0.7597，比手动选择的 0.7255 要更高。不仅如此，自动特征选择还提供了最优组合中单个特征的分类准确率，这也为下一步隐写分析提供了参考。从这也可以看出，自动特征选择能在一定程度上解决特征选择的问题。

## 4 总结与展望

自动化图像隐写分析平台的实现，节省了研究人员收集各类算法的时间和精力，减少了人为编码引发的操作错误和操作时间，增加了对实验结果的分析手段，提高了整体的隐写分析进度，得出的结论也能为以后的隐写和隐写分析提供指导作用。

### 参考文献

- 汪小帆,戴跃伟,茅耀斌.信息隐藏技术—方法与应用.北京:机械工业出版社,2001.147.
- Kodovský J, Fridrich J. Steganalysis of JPEG Images Using

- Rich Models. IEEE Transactions on Information Forensics and Security. Department of Electrical and Computer Engineering Binghamton University, Binghamton, 2012:13902–6000.
- 3 Kodovsky J, Fridrich J, Holub V. Ensemble Classifiers for Steganalysis of Digital Media. IEEE Transactions on Information Forensics and Security,2012.
  - 4 Pevný T, Bas P, Fridrich J. Steganalysis By Subtractive Pixel Adjacency Matrix. IEEE Transaction on Information Forensics And Security,2010,5(2):215–224.
  - 5 Westfeld A. F5-A Steganographic Algorithm High Capacity Despite Better Steganalysis. Proc. of 4th International Workshop on Information Hiding,2001:289–302.
  - 6 Sallee P. Model-based steganography. Proc.of International workshop on Digital Watermarking, Berling: Springer-Verlag, 2004:154–167.
  - 7 Fridrich J, Goljan M, Soukal D. Perturbed Quantization Steganography Using Wet Paper Codes. Proc. of the 6th ACM Multimedia & Security Workshop,2004,20(9):4–15.
  - 8 Fridrich J, Goljan M, Soukal D. Wet Paper Codes With Improved Embedding Efficiency. IEEE Transactions on Information Security and Forensics,2006,1(1):102–110.
  - 9 Liu Q. Steganalysis of DCT-embedding based adaptive steganography and YASS. Proc. of the 13th ACM Multimedia & Security Workshop,2011,9:77–86.
  - 10 Penvy T, Fridrich J. Merging Markov and DCT features for Multi-class JPEG Steganalysis. Proc. of SPIE Electronic Imaging, Security, Steganography and Watermarking of Multimedia Contents IX. 2007,650530212-650530213.
  - 11 Kodovsky J, Fridrich J. Calibration revisite. Proc. of The 11th ACM Multimedia & Security Workshop,2009,9(7):63–74.
  - 12 Shi YQ, Xuan GR, Yang CY. Effective steganalysis based on statistical moments of wavelet characteristic function: Proc.of IEEE International Conference on Information Technology: Coding and Computing,2005:768–773.
  - 13 Chang CC, Lin CJ. LIBSVM:A Library For Support Vector Machines.[2012-11-15].http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm.
  - 14 Suykells JAK, VaIldevalle J. Least Squares Support Vector Machines Classifiers. Nellore Processing Letters,1999,9(3):293–300.
  - 15 Schaefer G, Stich M. Uncompressed colour image database v2.2003.[2012-08-26].http://vision.cs.aston.ac.uk/datasets/UCID/data/ucid.v2.tar.gz.

(上接第 90 页)

能组件,目前已投入使用.我们下一步的主要工作是在虚拟博物馆运行期间发现用户在使用各种功能时存在的交互体验问题以及系统性能问题,即使予以修正和完善.与此同时,由于三维信息内容文件量相较于传统图文文件体积更大,需要消耗更大的网络带宽和下载时间,我们会继续对虚拟博物馆的资源文件体积进行优化,以提高用户的浏览体验并降低网站服务器负担.

### 参考文献

- 1 张驰,罗铁坚,王相根.基于 Web 的信息可视化系统的设计与实现.计算机系统应用,2009,18(12):5-9.
- 2 Bender M,Klein R,Disch A,Ebert A..A functional framework for Web-based information visualization systems. Visualization and Computer Graphics,2000.
- 3 朱惠娟.基于 Unity3D 的虚拟漫游系统.计算机系统应用,2012,21(10):36-39.
- 4 干建松.基于 Unity3D 的室内漫游仿真系统.淮阴师范学院学报(自然科学版),2011,10(6):515-518.
- 5 王树斌.浅析 Unity3d 开发游戏流程及常用技术.电脑知识与技术,2012,8(22):5351-5352.