



北京大學

# 数字媒体软件与系统开发期 末作業

题目：深度伪造与检测期末報告

---

姓 名：干皓丞

学 号：2101212850

院 系：信息工程学院

专 业：计算机应用技术

研究方向：通信及信息安全技术

导 师：王荣刚 教授

二〇二二 年 五 月



## 摘要

在近年大数据、人工智能等计算机学科的蓬勃发展下，其机器学习领域中的深度学习已经大范围的成功应用于许多从大数据分析到计算机视觉等各种复杂问题。同样的深度学习等演算法的新兴领域也有可能被使用在造成隐私、民主和严重的国家安全造成威胁的用途上。近期出现的基于深度学习影响最大的应用之一是"Deepfake"，而所谓的 Deepfake 演算法可以创造出人类肉眼也不容易辨别出真假的影像与照片。因此，在面对个困境来说能够进行自动检测和评估影像、图片、语音等媒体完整性的技术的研究与讨论是必不可少的过程。本作业先说明介绍了人工智能、深度学习与用于深度伪造与检测的背景，第二章再来说明其研究跟工具的分类、第三章则说明目前当下可用的资料集与素材、第四章则将该领域的研究进行归纳整理、第五章则对近来的研究进行说明，最后将这些调查工作进行总结。

该作业所进行得调研工作於此 GitHub 项目：

<https://github.com/kancheng/kan-cs-report-in-2022/tree/main/DMSASD/final>

关键词：深度伪造、深度伪造的检测



## 目录

第一章 深度伪造与检测的背景.....	1
1.1 深度伪造技术.....	1
1.1.1 针对人类脸部的伪造技术 .....	2
1.1.2 人类脸部的表情伪造.....	9
1.1.3 人类语音的伪造 .....	12
1.1.4 现有开源工具 .....	15
第二章 研究工具与手段的分类.....	17
2.1 深度伪造的影像资料集.....	17
2.2 深度伪造的语音资料集.....	18
第三章 深度伪造的资料集 .....	19
第四章 深度伪造的检测技术.....	21
第五章 深度伪造的近期研究.....	23
第六章 结论.....	25
参考文献 .....	27
致谢 .....	31



## 主要符号对照表

$x, y, m, n, t$	标量, 通常为变量
$K, L, D, M, N, T$	标量, 通常为超参数
$x \in \mathbb{R}^D$	D 维列向量
$(x_1, \dots, x_D)$	D 维行向量
$(x_1, \dots, x_D)^T$ or $(x_1; \dots; x_D)^T$	D 维行向量
$x \in \mathbb{R}^{KD}$	(KD) 维的向量
$\mathbb{M}_i$ or $\mathbb{M}_i(\mathbf{x})$	第 $i$ 列为 $\mathbf{1}$ (或者 $\mathbf{x}$ ), 其余为 $\mathbf{0}$ 的矩阵
$diag(\mathbf{x})$	对角矩阵, 其对角元素为 $\mathbf{x}$
$\mathbf{I}_N$ or $\mathbf{I}$	( $N \times N$ ) 的单位阵
$\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{D_1 \times D_2 \times \dots \times D_K}$	大小为 $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_K$ 的张量
$\{x^{(n)}\}_{n=1}^N$	集合
$\{(x^{(n)}, y^{(n)})\}_{n=1}^N$	数据集
$\mathcal{N}(\mathbf{x}; \mu, \Sigma)$	变量 $x$ 服从均值为 $\mu$ , 方差为 $\Sigma$ 的高斯分布

① 本符号对照表内容选自邱锡鹏老师的《神经网络与深度学习》<sup>[1]</sup>一书。





## 第一章 深度伪造与检测的背景

近年来人工智能与深度学习等计算机学科的蓬勃发展，连带也造成的不同研究领域与多样的议题需要进行研讨，比如讨论在以人工智慧应有的社会治理架构下，讨论其机器学习领域等演算法等对于法学所造成的挑战<sup>[2]</sup>，同时另一篇研究也讨论其人工智能与演算法在法律上应用的可能<sup>[3]</sup>。而在机器学习领域下的深度伪造技术则发展有越来越广泛的趋势，而其深度伪造属于机器学习下的深度学习的一部分，而深度学习已经广泛应用于各个领域，其领域包含了计算机视觉与自然语言处理，而本作业则关注当中快速兴起的则是深度伪造的领域，其深度伪造技术<sup>[4]</sup>虽造成了风险，但同时在这些年也有需多研究去分析深度伪造的工作原理，并且引入了许多基于深度学习的方法来检测深度伪造的影像或图像。

综上所述这些技术好的部分则是应用于将古老的照片变成动态的影像，或者是用于一些艺术与网路次文化的创作，又或者是 Reface APP<sup>[5]</sup> 等服务带给大众娱乐，但同时负面的因素也有造成社会动荡的可能，包含知名人士被伪造影像、近而被广泛散布不实资讯与谣言的危险，造成当事人的声誉、社会地位与事业严重打击，还有近期大量知名女姓人士被用于成人色情网站，而受害当事人却因执法基层人员不理解相对应技术亦或是没有完善的检测工具，因而在此方面无法给予有效的协助，而受害人在描述其受害过程时受到再次的心理创伤，同时其深度伪造的假影片在网路散布时，对当事人的伤害就已经造成。再者此技术近期被应用在战争宣传战，将敌对方的政治人物伪造出用于其不正确的政治发言影片，进而造成某方的士气遭到打击。

另外需要注意的在于这些工具非常容易取得，与之相应的是一些相继机构发现这些问题后，进而举办相应的竞赛<sup>[6]</sup>，来推广该技术在此领域的热度。所以本作业即目标即探讨在人工智能下的深度学习领域中深度伪造与其检测的研究整理，同时调研过去 Girish N 等人所汇整的早期图像篡改工作<sup>[7]</sup>与 Nguyen TT 等人对该领域工作地早期总结<sup>[8]</sup>与 Li XR 等人近期来的汇整工作<sup>[9]</sup>与研读，同时对使用深度学习方法下深度伪造与相对应的前沿检测技术进行调查，并对目前最新的研究进行补充。

### 1.1 深度伪造技术

目前对深度伪造技术在视觉上所修改后的影像与图片，其大多是针对人类脸部的替换。而在此大致分为两大部分，其一为对人类的人脸表情进行伪造，让指定窜改者所改造的对象做到窜改者想要的脸部表情与动作，但不对该人脸进行目标人脸的替换，另一类则是根据两个不同影像与影片的人脸进行替换，经过将另一个完全不同身份的

人脸替换过去，从而达到该内容目标人物是窜改者所要之人。该技术从过往运用的三维重建技术等方法来修改之外，一路发展到运用深度学习的方法至今则用生成对抗网路为基础进行仿造，比如 Almars, A. M 等人在该领域工作汇整之一的 CycleGAN，此方法为无监督方法，它提取一张图像的特征，并通过 GAN 架构生成另一张具有相同特征的图像。该方法应用循环损失函数，使他们能够学习潜在特征，且该方法应用循环损失函数，使他们能够学习潜在特征，可以在不使用配对示例的情况下执行图像到图像的转换。换句话说，该模型从源和目标中学习不需要相互关联的图像集合的特征。而更重要的是目前的仿造技术还运用人类语音的修改，从而导致伪造出来的影像结果会更逼真。

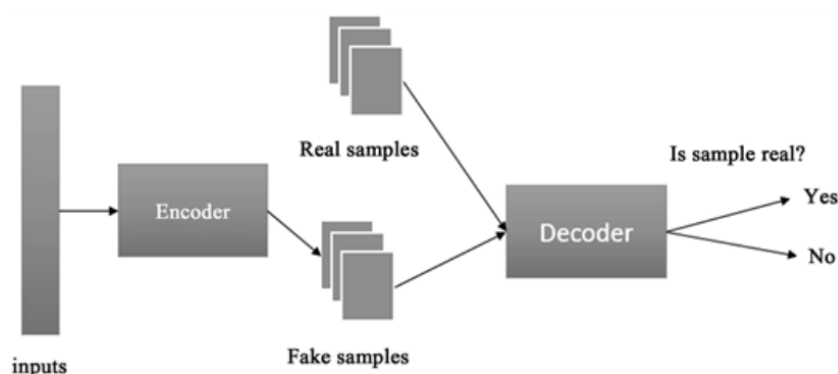


图 1.1 Almars, A. M 等人整理的 GAN 深度伪造示意

### 1.1.1 针对人类脸部的伪造技术

#### 1.1.1.1 过往根据图形学所进行的脸部伪造技术

在过往几年来使用图形学来对人类的脸部进行替换和仿造的技术，一直被很多研究者持续的关注，而在 Zollhöfer M 等人对其领域进行调研总结的工作则说明地当下几个主要根据三维模型重建与追踪再该领域技术上的应用。该研究将讨论重点放在中心任务是使用基于优化的重建算法来恢复和跟踪人脸的三维模型的方法上，同时对现实世界图像形成的基本概念进行了深入的概述，并讨论了使这些算法实用的常见假设和简化。此外，该研究广泛涵盖了用于更好地约束欠约束单目重建问题的先验，并讨论了用于从单目 2D 数据中恢复密集的照片几何 3D 人脸模型的优化技术。最后，在动作捕捉、面部动画以及图像和视频编辑的背景下讨论了所审查算法的各种用例。

而 FaceSwap<sup>[10]</sup> 是一个根据图形学的人脸替换方法，该应用是 Marek Kowalski 于华沙理工大学就读多媒体数学时，所做的练习成果，其应用程序是用 Python 编写的，并使用人脸对齐、高斯牛顿优化和图像混合来将相机看到的人脸与提供的图像中的人脸交换。同时该应用的新版本则基于深度对齐网络方法，如果在 GPU 上运行，它比当

前使用的方法更快，并且提供更稳定和更精确的面部标志。另外 Dale K 等人<sup>[11]</sup>提出了一种替换视频中人类脸部的方法，该方法考虑了源视频和目标视频之间在身份、视觉外观、语音和时间方面的差异。该研究与以前的工作不同，它不需要大量的手动操作或复杂的采集硬件，只需要单机视频，研究者使用 3D 多线性模型来跟踪两个视频中的面部表现，使用相应的 3D 几何，最后将源扭曲到目标面并重新定时源以匹配目标性能。然后，研究者通过视频体积计算最佳接缝，以保持最终合成中的时间一致性。

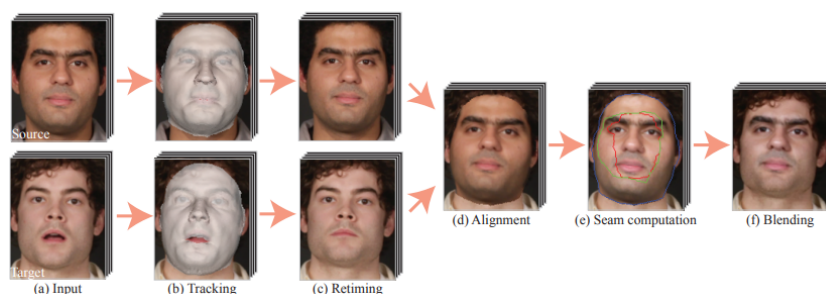


图 1.2 Dale K 等人一种基于图像的面部重建系统

Garrido P<sup>[12]</sup> 等人则研究提出了一种基于图像的面部重建系统，该系统将现有目标视频中的演员面部替换为源视频中用户的面部，同时保留原始目标表现，其系统是全自动的，不需要源表达式数据库。相反，它能够从使用现成相机（例如网络摄像头）捕获的短源视频中产生令人信服的重演结果，用户在其中执行任意的面部表情，研究者的重演流程被设想为部分图像检索和部分面部转移：图像检索基于目标帧的时间聚类 and 一种新颖的图像匹配度量，该度量结合了外观和运动以从源视频中选择候选帧，而面部转移使用保留用户身份的 2D 变形策略。其系统在简单性方面表现出色，因为它不依赖于 3D 人脸模型，它在头部运动下很稳健，并且不需要源和目标性能相似。

同样也是 Garrido P 等人<sup>[13]</sup>，考虑到在许多国家，外国电影和电视作品被配音，即演员的原声被配音演员用该国自己的语言所说的翻译代替，配音是一个复杂的过程，需要特定的翻译和准确定时的朗诵，以使新音频至少粗略地贴合视频中的嘴巴动作。然而，由于原作和配音语言中的音素和视位序列不同，视频与音频的匹配永远不会完美，这是视觉不适的主要来源，在本文中，研究者提出了一种系统来改变视频中演员的嘴部动作，使其与新的音轨相匹配。其研究建立在对配音和目标演员的 3D 面部表演、照明和反照率的高质量单目捕捉的基础上，并结合使用音频分析和时空检索方法来合成一个新的照片般逼真的渲染和高度详细的 3D 形状嘴区域模型来替换目标性能。

而 Nirkin Y 等人<sup>[14]</sup>的研究让我们知道即使人脸图像不受约束且任意配对，它们之间的人脸交换实际上也非常简单。为此，该研究做出以下贡献。(a) 没有像其他人之前提出的那样为人脸分割定制系统，而是展示了标准的全卷积网络 (FCN) 可以实现非常

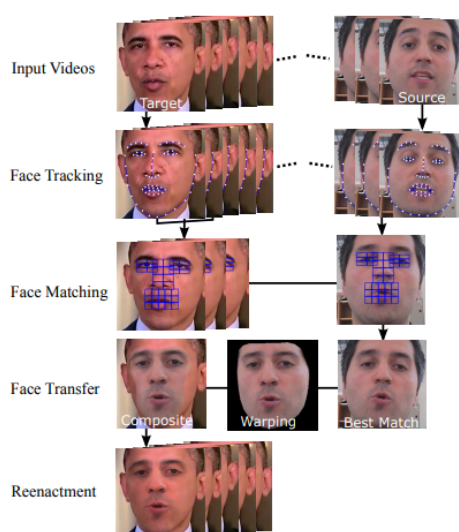


Figure 1. Overview of the proposed system.

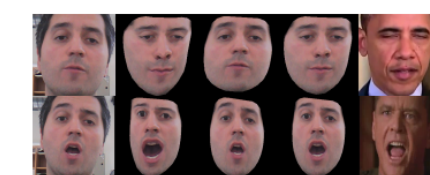


Figure 3. Comparison of warping approaches. Left: Selected user frame. Right: Target pose. Middle left to right: non-rigid warping (Eq. (5)), affine warping (Eq. (6)), and our approach (Eq. (7)).

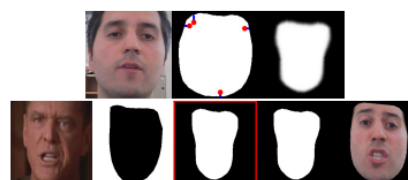


Figure 4. Seam generation. Top: User at rest, source mask with landmarks closest to the boundary in red, and eroded mask. Bottom left: Target frame and mask. Bottom Right: Transferred source frame and mask. Bottom middle: Final blending seam.

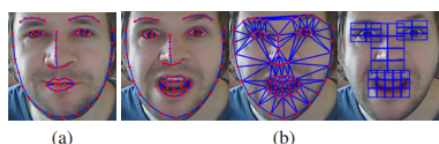

 Figure 2. (a) Annotated reference frame. (b) Expressive face aligned to the reference. Left to right: estimated landmarks, triangulation, and detected regions of interest. The mouth, eyes and nose regions are split into  $3 \times 5$ ,  $3 \times 2$  and  $4 \times 2$  tiles, respectively.

图 1.3 Garrido P 等人一种基于图像的面部重建系统

快速和准确的分割，前提是它在足够丰富的示例集上进行训练。为此，描述了新的数据收集和生成例程，这些例程提供了具有挑战性的分割人脸示例。(b) 使用该研究的分割在前所未有的条件下实现强大的面部交换。(c) 与以前的工作不同，该研究的交换足够强大，可以进行广泛的定量测试。为此，研究者使用野外标记人脸 (LFW) 基准测试并测量对象内和对象间人脸交换对识别的影响。研究表明，其受试者内部交换的面孔仍然与其来源一样可识别，证明了我们方法的有效性。与众所周知的感知研究一致，而更好的面部交换会产生不太可识别的主体间结果。这是第一次在机器视觉系统中定量证明这种效果。

### 1.1.1.2 现在根据深度学习所进行的脸部伪造技术

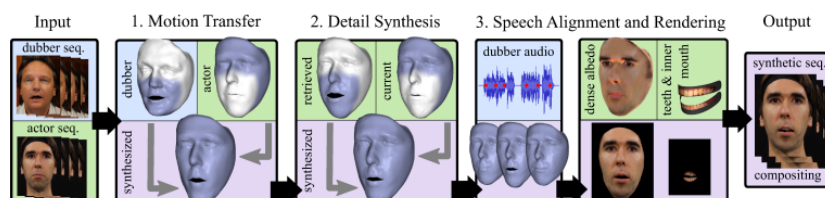
由于过往图形学在面对伪造人类脸部技术有着极大的成本等诸多因素，从而导致该技术很难普遍的进行应用。然而自进入人工智能与机器学习所带动的深度学习热潮下，深度伪造技术在此之后有着非常快速的进展，此时许多研究者们开始关心其深度学习在人类脸部进行替换等应用技术。比如 Lu Z 等人<sup>[15]</sup>则该研究领域所涉及传统方法和高级深度学习方法的典型人脸合成工作进行了全面回顾。特别是，Generative Adversarial Net (GAN) 被突出显示以生成照片般逼真和身份保持的结果。此外，还详细介绍了公开





**Figure 1:** We modify the lip motion of an actor in a target video (a) so that it aligns with a new audio track. Our set-up consists of a single video camera that films a dubber in a recording studio (b + c). Our system transfers the mouth motion of the voice actor (d) to the target actor and creates a new plausible video of the target actor speaking in the dubbed language (e).

Garrido et al. / VDub: Modifying Face Video of Actors for Plausible Visual Alignment to a Dubbed Audio Track



**Figure 2:** Overview of our method

图 1.4 Garrido P 等人提出了一种系统来改变视频中演员的嘴部动作，使其与新的音轨相匹配

可用的数据库和评估指标。

当中 FaceSwap<sup>[4]</sup> 是较早的一种利用深度学习来识别和交换图片和视频中的人脸的工具的 GitHub 开源项目，为具有多平台 Deepfakes 软件，其技术由 Tensorflow、Keras 和 Python 提供支持，并在 Windows、macOS 和 Linux 上运行。

该原理为在训练模型期间，去训练两个有共享权重参数的自动编码器，并让其两编码器获得有人类脸部重建效果的能力，其后在所谓换脸阶段，交换两解码器，使之有人类脸部交换的效果。重点在于此行为仅仅需要被篡改目标人物的脸部图像与原人物脸部图像即可进行模型的训练，与过往的成本相比，已大大降低其交换人类脸部成本，但此过程也需要一定的训练模型的基础知识与技术，不然其生成器所产生的品质是很可能达不到理想的成果，此 Deepfakes 生成概念可以从 Li XR 等人<sup>[9]</sup>所整理的工作总结看到。由于上述诸多原因，研究者们开始注意在生成对抗模型上的混合应用，

而所谓的生成对抗模型是源于 Goodfellow, I 等人<sup>[16]</sup>的工作，其研究者提出了一个通过对抗过程估计生成模型的新框架，该研究同时训练两个模型：一个生成模型 G 捕获数据分布，一个判别模型 D 估计样本来自训练数据而不是 G 的概率。G 的训练过程是最大化 D 出错的概率。这个框架对应于一个极小极大的两人游戏，在任意函数 G 和 D 的空间中，存在唯一解，G 恢复训练数据分布，D 处处等于 1/2。在 G 和 D 由多层感知器定义的情况下，整个系统可以通过反向传播进行训练。在训练或生成样本期间，不需要任何马尔可夫链或展开的近似推理网络，实验通过对生成的样本进行定性和定量评估，证明了框架的潜力。而所谓的 Faceswap-GAN 混合 GAN 的深部伪造技术，其模型加入了判别器的对抗损失函数，另外再生成的部分对其生成的图像与原本的图像

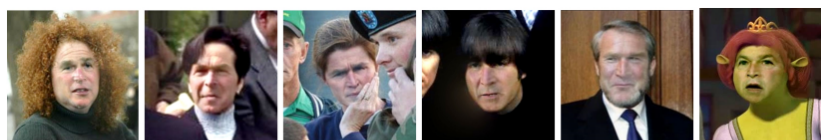


Figure 1: *Inter-subject swapping*. LFW G.W. Bush photos swapped using our method onto very different subjects and images. Unlike previous work [4, 19], we do not select convenient targets for swapping. Is Bush hard to recognize? We offer quantitative evidence supporting Sinha and Poggio [40] showing that faces and context are both crucial for recognition.

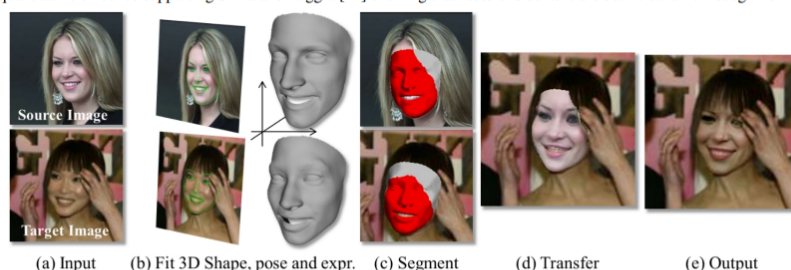


Figure 2: *Overview of our method*. (a) Source (top) and target (bottom) input images. (b) Detected facial landmarks used to establish 3D pose and facial expression for a 3D face shape (Sec. 3.1). We show the 3DMM regressed by [42] but our tests demonstrate that a generic shape often works equally well. (c) Our face segmentation of Sec. 3.2 (red) overlaid on the projected 3D face (gray). (d) Source transferred onto target without blending, and the final results (e) after blending (Sec. 3.3).

图 1.5 Nirkin Y 用分割的思路促进换脸



图 1.6 FaceSwap 的 Jennifer Lawrence/Steve Buscemi FaceSwap using the Villain model

进行相似程度判断，该过程的好处在于会让生成的图像品质提高，且此模型也为了眼珠转动的部分加入了对应的感知损失函数。综上所述，我们可以知道因为 GAN 模型加入了该领域的发展后，使深度伪造技术的成本降低，仿造人类的换脸技术因此变得更加逼真，同时也使此技术流行起来。

而 Korshunova 等人<sup>[17]</sup>将所谓的深度伪造的换脸问题视为风格迁移问题，他们训练一个卷积神经网络，运用对非结构化的图像进行学习，其研究考虑图像中的人脸交换问题，其中输入身份被转换为目标身份，同时保留姿势、面部表情和照明，为了执行这种映射，研究者使用经过训练的卷积神经网络从他/她的照片的非结构化集合中捕获目标身份的外观，此方法是通过在风格转移方面构建人脸交换问题来实现的，其目标是用另一个风格来渲染图像。基于该领域的最新进展，研究者设计了一种新的损失函数，使网络能够产生高度逼真的结果，通过将神经网络与简单的预处理和后处理步骤相结合，研究者的目标是让面部交换实时工作，无需用户输入。另外 Nirkin Y 等人<sup>[18]</sup>则提出了人脸交换 GAN (FSGAN) 用于人脸交换和重演，与以前的工作不同，FSGAN 与主题无关，可以应用于成对的面孔，而无需对这些面孔进行培训。为此，研究者描述了一

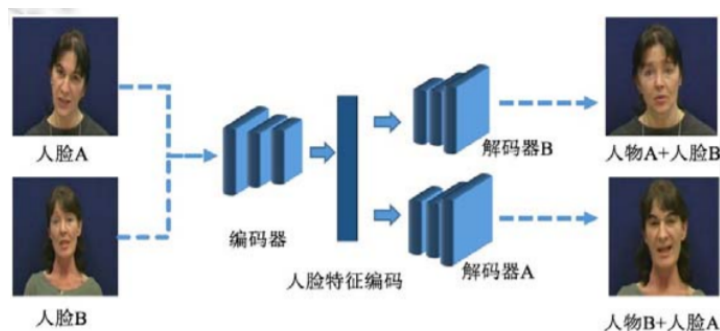
Fig.1 Framework for Deepfakes generation<sup>[1]</sup>图 1 Deepfakes 生成框架<sup>[1]</sup>

图 1.7 Deepfakes 框架



图 1.8 Faceswap-GAN 展示了 v2 GAN 生成的 160 个随机结果，带有自注意力机制

些技术贡献，其推导出了一种新颖的基于循环神经网络 (RNN) 的面部重演方法，该方法可针对姿势和表情变化进行调整，并可应用于单个图像或视频序列，对于视频序列，我们引入了基于重演、Delaunay 三角剖分和重心坐标的人脸视图的连续插值，而被遮挡的人脸区域由人脸补全网络处理。最后，研究者使用人脸融合网络无缝融合两张脸，同时保留目标肤色和光照条件。该网络使用一种新颖的泊松混合损失，它将泊松优化与感知损失相结合。该研究将其方法与现有的最先进系统进行比较，并显示研究的结果在质量和数量上都优越。

同时也可以看到单纯篡改人类脸部属性与虚拟的人类脸部的 GAN 技术应用。比如 Choi Y 等研究者提出了 StarGAN<sup>[19]</sup>，这是一种新颖且可扩展的方法，可以仅使用单个模型为多个域执行图像到图像的转换，StarGAN 的这种统一模型架构允许在单个

网络中同时训练具有不同域的多个数据集。与现有模型相比，这导致 StarGAN 具有卓越的翻译图像质量，以及将输入图像灵活翻译到任何所需目标域的新颖能力，研究者凭经验证明了其方法在面部属性转移和脸部表情合成任务上的有效性。Zhang H 等人提出的 Stackgan<sup>[20]</sup>，其研究者提出了一种用于文本到图像合成的两阶段生成对抗网络架构 StackGAN-v1，Stage-I GAN 根据给定的文本描述勾勒出对象的原始形状和颜色，产生低分辨率图像，Stage-II GAN 将 Stage-I 结果和文本描述作为输入，并生成具有照片般逼真细节的高分辨率图像，其次，针对有条件和无条件的生成任务提出了一种先进的多阶段生成对抗网络架构 StackGAN-v2。研究者的 StackGAN-v2 由树状结构中的多个生成器和判别器组成；从树的不同分支生成对应于同一场景的多个尺度的图像，StackGAN-v2 通过联合逼近多个分布，显示出比 StackGAN-v1 更稳定的训练行为。大量实验表明，所提出的堆叠生成对抗网络在生成照片般逼真的图像方面明显优于其他最先进的方法。Karras T 等人所提出 PGAN<sup>[21]</sup> 的描述了一种用于生成对抗网络的新训练方法。关键思想是逐步增长生成器和判别器：从低分辨率开始，研究者添加了新的层，随着训练的进行，对越来越精细的细节进行建模。这既加快了训练的速度，又极大地稳定了训练，使研究者能够生成质量前所未有的图像，例如 1024<sup>2</sup> 的 CelebA 图像，其研究者还提出了一种简单的方法来增加生成图像的变化，并在无监督 CIFAR10 中实现 8.80 的创纪录初始分数。此外，研究者描述了几个实现细节，这些细节对于阻止生成器和判别器之间的不健康竞争很重要。最后，该研究建议在图像质量和变化方面评估 GAN 结果的新指标，作为额外的贡献，研究者构建了更高品质的 CelebA 资料集版本。这些一系列的 GAN 技术也可以生成虚拟人物的人类面部图像。

另外则是 Grigory 等人<sup>[22]</sup>运用 Mirza M 等人的 conditional-GAN<sup>[23]</sup>，其在这项工作中，Mirza M 等研究者介绍了生成对抗网络的条件版本，它可以通过简单地输入数据  $y$  来构建，我们希望同时对生成器和判别器进行条件处理。该研究展示了该模型可以生成以类标签为条件的 MNIST 数字。其研究还说明了该模型如何用于学习多模态模型，并提供了图像标记应用的初步示例，其中研究者演示了该方法如何生成不属于训练标签的描述性标签。Grigory 等人则在此基础上提出了基于 GAN 的自动人脸老化方法。与以前使用 GAN 来改变面部属性的工作相反，研究者特别强调在他/她的面部老化版本中保留原始人的身份。为此，该研究引入了一种新的方法来优化 GAN 的潜在向量的“身份保持”。通过最先进的人脸识别和年龄估计解决方案对产生的老化和恢复活力的人脸图像进行客观评估，证明了所提出方法的巨大潜力。还有 Huang R 等人<sup>[24]</sup>提出了一种双路径生成对抗网络 (TP-GAN)，用于通过同时感知全局结构和局部细节来进行逼真的正面视图合成。除了常用的全局编码器-解码器网络之外，还提出了四个具有里程碑意义的补丁网络来处理局部纹理。除了新颖的架构外，研究者通过引入对抗性损



失、对称性损失和身份保持损失的组合来很好地约束这个不适定问题，组合的损失函数利用正面人脸分布和预训练的判别式深度人脸模型来指导从侧面看正面视图的身份保持推断。与之前主要依赖中间特征进行识别的深度学习方法不同，该研究的方法直接利用合成的身份保持图像来完成人脸识别和属性估计等下游任务，其实验结果表明，该研究的方法不仅提供了令人信服的感知结果，而且在大姿势人脸识别方面也优于最先进的结果。综上所述因为 GAN 技术的应用于深度伪造领域使其成果越来越真实，从而引来该技术滥用在负面用途开端。

### 1.1.2 人类脸部的表情伪造

所謂的人类脸部的表情伪造在於不去對該目標人物去進行替<sup>[5]</sup>，讓其他不同臉部表情的特徵來改變目標人物的表情。

比如 Thies J 等人<sup>[25]</sup>所提出的一种将面部表情从源视频中的演员实时传输到目标视频中的演员的方法，从而能够对目标演员的面部表情进行临时控制。其方法的新颖之处在于将面部变形和细节的转移和逼真的重新渲染到目标视频中，新合成的表情与真实视频几乎没有区别。为了实现这一点，该研究使用商品 RGB-D 传感器实时准确地捕捉源对象和目标对象的面部表现，对于每一帧，研究者将身份、表情和皮肤反射率的参数模型与输入颜色和深度数据联合拟合，并重建场景照明。对于表达式转移，该研究计算参数空间中源表达式和目标表达式之间的差异，并修改目标参数以匹配源表达式。一个主要挑战是将合成的目标人脸重新渲染到相应的视频流中，这需要仔细考虑照明和阴影设计，两者都必须与现实世界环境相对应。研究者在现场设置中演示了其方法，并修改了视频会议来源，以便实时匹配不同人（例如翻译）的面部表情。另外也是 Thies J 等人<sup>[26]</sup>提出了 Face2Face，这是一种用于对单目目标视频序列（例如 Youtube 视频）进行实时面部重演的新颖方法，源序列也是单目视频流，使用商品网络摄像头实时捕获。其目标是通过源演员为目标视频的面部表情制作动画，并以照片般逼真的方式重新渲染经过处理的输出视频。为此，研究者首先通过基于非刚性模型的捆绑解决了从单目视频中恢复面部身份的约束不足问题。同时运行时使用密集的光度一致性测量来跟踪源视频和目标视频的面部表情。然后通过源和目标之间的快速有效的变形传递来实现重演，从目标序列中检索与重新定位的表情最匹配的嘴巴内部，并对其进行扭曲以产生准确的拟合。最后，研究者令人信服地在相应的视频流之上重新渲染合成的目标人脸，使其与现实世界的照明无缝融合。另外还提出 HeadOn 这是第一个实时的源到目标重演方法，用于完整的人类肖像视频，可以传输躯干和头部运动、面部表情和眼睛注视。给定目标演员的简短 RGB-D 视频，其研究者自动构建个性化几何代理，该代理嵌入参数化头部、眼睛和运动学躯干模型。而一种新颖的实时重演算法使

用此代理将捕获的运动从源演员逼真地映射到目标演员。在粗略的几何代理之上，研究者提出了一种基于视频的渲染技术，该技术通过与视图和姿势相关的纹理合成修改后的目标肖像视频，并在新颖的躯干和头部姿势下创建目标演员的照片般逼真的图像，面部表情和注视方向。为此，研究者建议对源演员的面部和躯干进行稳健的跟踪。

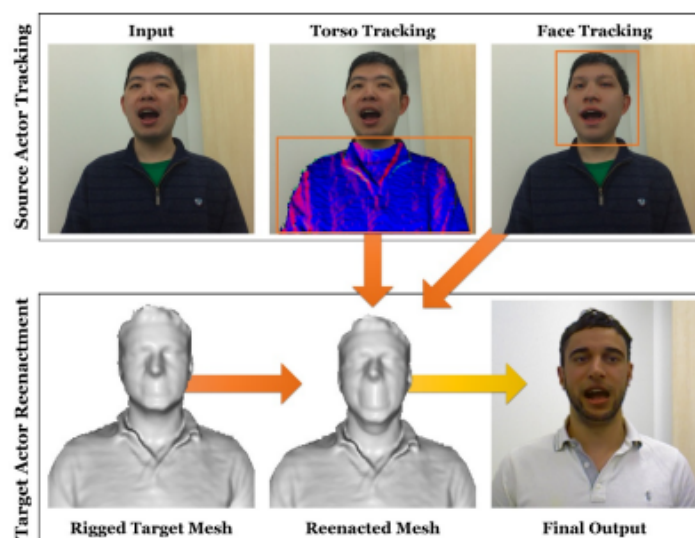


Fig. 2. Overview of our proposed *HeadOn* technique. Based on the tracking of the torso and the face of the source actor, we deform the target actor mesh. Using this deformed proxy of the target actor's body, we use our novel view-dependent texturing to generate a photo-realistic output.

图 1.9 HeadOn

Kim H 等人<sup>[27]</sup>提出了一种新颖的方法，该方法仅使用输入视频就可以对肖像视频进行逼真的重新动画处理。与仅限于面部表情操作的现有方法相比，研究者率先将完整的 3D 头部位置、头部旋转、面部表情、眼睛注视和眨眼从源演员转移到目标的肖像视频演员，其方法的核心是具有新颖时空架构的生成神经网络。该网络将参数化人脸模型的合成渲染作为输入，并据此预测给定目标演员的照片般逼真的视频帧，这种从渲染到视频的传输的真实性是通过仔细的对抗训练来实现的，因此，研究者可以创建修改后的目标视频，以模仿合成创建的输入的行为。为了实现源到目标视频的重新动画，研究者使用从源视频中重建的头部动画参数渲染合成目标视频，并将其输入到训练好的网络中，从而完全控制目标，凭借自由重组源参数和目标参数的能力，研究者能够演示各种视频重写应用程序，而无需明确建模头发、身体或背景。例如，该研究可以使用交互式用户控制的编辑来重新制作完整的头部，并实现高保真视觉配音。为了证明其成果输出的高质量，研究者进行了一系列广泛的实验和评估，例如，用户研究表明该研究的视频编辑很难检测到。

Thies J 等人<sup>[28]</sup>探索了不完美的 3D 内容的使用，例如，从具有噪声和不完整表面

几何的光度重建中获得，同时仍然旨在产生照片般逼真的（重新）渲染。为了解决这个具有挑战性的问题，研究者引入了延迟神经渲染，这是一种将传统图形管道与可学习组件相结合的图像合成新范例。具体来说，该研究提出了神经纹理，它是作为场景捕获过程的一部分进行训练的学习特征图。与传统纹理类似，神经纹理作为贴图存储在 3D 网格代理之上；然而，高维特征图包含更多信息，可以通过我们新的延迟神经渲染管道进行解释，神经纹理和延迟神经渲染器都是端到端训练的，即使原始 3D 内容不完美，我们也能够合成照片般逼真的图像。与传统的黑盒 2D 生成神经网络相比，研究者的 3D 表示使我们能够明确控制生成的输出，并允许广泛的应用领域。例如，该研究可以合成时间一致的视频重新渲染记录的 3D 场景，因为研究者表示固有地嵌入在 3D 空间中。通过这种方式，可以利用神经纹理在静态和动态环境中以实时速率连贯地重新渲染或操作现有视频内容。该研究在几个关于新视图合成、场景编辑和面部重演的实验中展示了其方法的有效性，并与利用标准图形管道和传统生成神经网络的最先进方法进行了比较。

Suwajanakorn S 等人<sup>[29]</sup>提出了根据循环神经网络来建立人类面部嘴型与人类语音资料的对应，并利用美国总统巴拉克奥巴马的音频，研究者合成了一段高质量的他讲话的视频，并具有准确的口型同步，并合成到目标视频剪辑中，一个循环神经网络在他每周的演讲视频中经过数小时的训练，可以学习从原始音频特征到嘴形的映射。给定每个时刻的嘴巴形状，研究者合成高质量的嘴巴纹理，并将其与适当的 3D 姿势匹配合成，以改变他在目标视频中所说的内容，以匹配输入音轨。其方法产生逼真的结果。

Zakharov E 等人<sup>[30]</sup>研展示了一个具有人物特写镜头画面的图像合成。它在大型视频数据集上执行冗长的元学习，然后能够将以前看不见的人的神经说话头模型的少量和一次性学习构建为具有高容量生成器和鉴别器的对抗性训练问题。至关重要的是，该系统能够以特定于人的方式初始化生成器和判别器的参数，因此尽管需要调整数千万个参数，但训练可以仅基于几张图像并快速完成。其研究表明，这种方法能够学习高度逼真和个性化的新人说话头部模型，甚至是肖像画。

类似的还有 Fried O 等人<sup>[31]</sup>提出了一种新颖的方法来编辑说话头视频的脚本，以生成逼真的输出视频，其中说话者的对话已被修改，同时保持无缝的视听流（即没有跳转）。其方法使用音素、视位、3D 面部姿势和几何形状、反射率、表情和每帧场景照明自动注释输入的说话头视频，要编辑视频，用户只需编辑脚本，然后优化策略选择输入语料库的片段作为基础材料。与所选片段对应的注释参数无缝拼接在一起，并用于生成中间视频表示，其中脸部的下半部分用参数化脸部模型渲染，最后该循环视频生成网络将此表示转换为与编辑后的文字记录相匹配的逼真视频。研究者展示了各种各样的编辑，例如单词的添加、删除和更改，以及令人信服的语言翻译和完整的句子

合成。

Averbuch-Elor H 等人<sup>[32]</sup>提出了一种自动为静止肖像制作动画的技术，使照片中的主体能够栩栩如生并表达各种情感，该研究使用（不同主题的）驾驶视频，并开发了将驾驶视频中主题的表现力转移到目标肖像的方法。与之前需要目标面部的输入视频来重现面部表现的工作相比，我们的技术仅使用单个目标图像，研究者通过模仿驾驶视频中的面部变换的 2D 扭曲对目标图像进行动画处理。由于单独的经线不能承载面部的全部表现力，因此研究者添加了通常与面部表情相关的精细动态细节，例如折痕和皱纹。此外，该研究对隐藏在输入目标面部中的区域产生幻觉，尤其是在嘴巴内。其技术产生了反应式配置文件，静止图像中的人可以自动与他们的观众互动，最后展示了该研究在互联网上的大量静态肖像上运行的技术。

Lample G 等人<sup>[33]</sup>介绍了一种新的编码器-解码器架构，该架构经过训练，可通过直接在潜在空间中解开图像的显著信息和属性值来重建图像。因此，经过训练，其模型可以通过改变属性值来生成输入图像的不同真实版本。通过使用连续的属性值，研究者可以选择在生成的图像中可以感知多少特定属性。此属性可以允许用户使用滑动旋钮修改图像的应用程序，例如混合控制台上的推子，以更改肖像的面部表情或更新某些对象的颜色。与主要依赖于通过在训练时更改属性值来训练像素空间中的对抗性网络的最先进技术相比，该方法产生了更简单的训练方案并且可以很好地扩展到多个属性。其提供的证据表明，该模型可以显著改变属性的感知价值，同时保持图像的自然性。

### 1.1.3 人类语音的伪造

所谓的语音伪造则是根据人工智能的发展下利用相关的技术对人类语音进行合成，其技术分为两大部分，其一为所谓的语音变换 (Voice Conversion)，其二为文本对语音资料的合成 (Text-to-speech)，前者意义为将人的说话的音调改变为目标人物的音调，后者则是搜集大量的语音与对应文本资料来完成指定语音资讯的输出。这些成果除了可以让一些人无法辨识出是否为当事人，跟甚者能够欺骗过一些语音辨识系统。过往语音伪造都为高斯混合模型 (Gaussian Mixture Model, GMM) 与隐马尔可夫模型 (Hidden Markov Model, HMM)，但随人工智能等领域带动深度学习的技术改进，在这块语音伪造技术则有着明显的突破。

其 Van Den Oord A 等人提出第一个端到端的语音合成器 WaveNet，一种用于生成原始音频波形的深度神经网络。该模型是完全概率和自回归的，每个音频样本的预测分布都以所有先前的样本为条件；尽管如此，该研究证明它可以在每秒数万个音频样本的数据上进行有效训练。当应用于文本到语音时，它产生了最先进的性能，人类听

众认为它比英语和普通话的最佳参数和连接系统听起来更自然。单个 WaveNet 可以以相同的保真度捕获许多不同说话者的特征，并且可以通过调节说话者身份在它们之间切换。当训练为音乐建模时，我们发现它会生成新颖且通常高度逼真的音乐片段。其研究者还表明它可以用作判别模型，为音素识别返回有希望的结果。

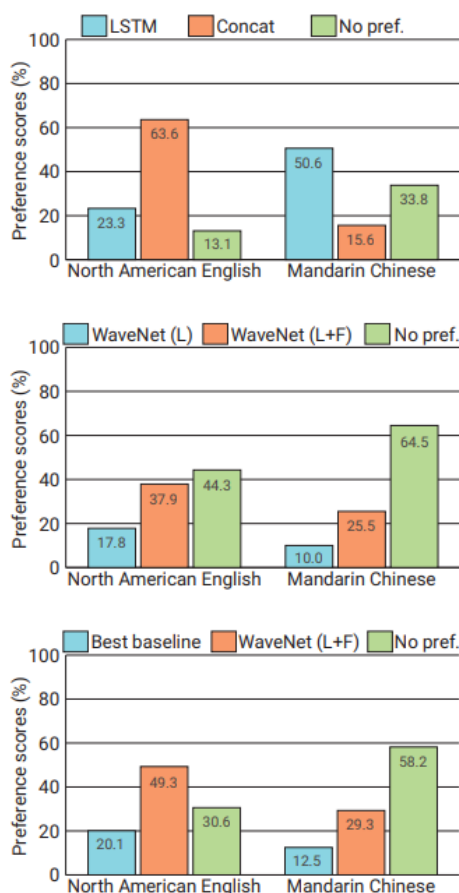


Figure 5: Subjective preference scores (%) of speech samples between (top) two baselines, (middle) two WaveNets, and (bottom) the best baseline and WaveNet. Note that LSTM and Concat correspond to LSTM-RNN-based statistical parametric and HMM-driven unit selection concatenative baseline synthesizers, and WaveNet (L) and WaveNet (L+F) correspond to the WaveNet conditioned on linguistic features only and that conditioned on both linguistic features and  $\log F_0$  values.

图 1.10 Van Den Oord A 等人提出 WaveNet

Arik S 等人<sup>[34]</sup>展示了 Deep Voice，这是一个完全由深度神经网络构建的生产质量的文本到语音系统，Deep Voice 为真正的端到端神经语音合成奠定了基础。该系统包括五个主要构建块：定位音素边界的分割模型、字素到音素的转换模型、音素持续时间预测模型、基频预测模型和音频合成模型。对于分割模型，该研究提出了一种使用连接主义时间分类 (CTC) 损失的深度神经网络执行音素边界检测的新方法，对于音频合成模型，研究者实现了 WaveNet 的变体，它需要的参数更少，训练速度比原始模型快。通过为每个组件使用神经网络，研究者的系统比传统的文本到语音系统更简单、更灵活，传统的文本到语音系统的每个组件都需要费力的特征工程和广泛的领域专业知识。

最后，研究者展示其系统的推理可以比实时更快地执行，并描述了在 CPU 和 GPU 上优化的 WaveNet 推理内核，与现有实现相比可实现高达 400 倍的加速。

Wang Y 等人<sup>[35]</sup>文本到语音合成系统通常由多个阶段组成，例如文本分析前端、声学模型和音频合成模块，构建这些组件通常需要广泛的领域专业知识，并且可能包含脆弱的设计选择。该研究介绍了 Tacotron，这是一种直接从字符合成语音的端到端生成文本到语音模型。给定 text and audio 对，可以通过随机初始化完全从头开始训练模型。研究者提出了几种关键技术，以使序列到序列框架在这项具有挑战性的任务中表现良好。Tacotron 在美国英语上的主观 5 级平均意见得分为 3.82，在自然度方面优于生产参数系统。此外，由于 Tacotron 在帧级别生成语音，因此它比样本级别的自回归方法要快得多。

同时 Arik S 等人<sup>[36]</sup>介绍了一种使用低维可训练说话人嵌入来增强神经文本到语音 (TTS) 的技术，以从单个模型生成不同的声音。作为起点，研究者展示了对单说话人神经 TTS 的两种最先进方法的改进：Deep Voice 1 和 Tacotron。该研究介绍了 Deep Voice 2，它基于与 Deep Voice 1 类似的管道，但使用更高性能的构建块构建，并展示了与 Deep Voice 1 相比显著的音频质量改进，其研究通过引入后处理神经声码器来改进 Tacotron，并展示了显著的音频质量改进。然后，研究者在两个多说话人 TTS 数据集上演示了该研究的 Deep Voice 2 和 Tacotron 多说话人语音合成技术。并展示了单个神经 TTS 系统可以从每个说话者不到半小时的数据中学习数百个独特的声音，同时实现高音频质量合成并几乎完美地保留说话者的身份。

Ping W 等人<sup>[37]</sup>展示了 Deep Voice 3，这是一种基于全卷积注意力的神经文本到语音 (TTS) 系统，Deep Voice 3 在自然度上与最先进的神经语音合成系统相匹配，同时训练速度提高了十倍。该研究将 Deep Voice 3 扩展到 TTS 前所未有的数据集大小，对来自 2000 多个扬声器的超过 800 小时的音频进行训练。此外，研究确定了基于注意力的语音合成网络的常见错误模式，演示了如何减轻它们，并比较了几种不同的波形合成方法，最后还描述了如何在一台单 GPU 服务器上推理扩展到每天一千万个查询。

Pascual S 等人<sup>[38]</sup>当前的语音增强技术在频谱域上运行和/或利用一些更高级别的特征，它们中的大多数处理有限数量的噪声条件并依赖一阶统计数据。为了规避这些问题，由于深度网络能够从大型示例集中学习复杂功能，因此越来越多地使用它们。在这项工作中，研究建议使用生成对抗网络进行语音增强。与当前技术相比，该研究在波形级别上操作，端到端训练模型，并将 28 个扬声器和 40 种不同的噪声条件合并到同一模型中，以便在它们之间共享模型参数。研究者使用具有两个扬声器和 20 种替代噪声条件的独立、看不见的测试集来评估所提出的模型，增强的样本证实了所提出模型的可行性，客观和主观评价都证实了它的有效性。有了这个，研究者开始探索用于

语音增强的生成架构，这可能会逐渐结合进一步的以语音为中心的设计选择，以提高它们的性能。

Donahue C 等人<sup>[39]</sup> 音频信号以高时间分辨率进行采样，学习合成音频需要在一系列时间尺度上捕获结构。生成对抗网络 (GAN) 在生成本地和全局连贯的图像方面取得了广泛成功，但它们在音频生成方面的应用却很少。该研究的研究者介绍了 WaveGAN，这是将 GAN 应用于原始波形音频的无监督合成的首次尝试，WaveGAN 能够合成一秒钟的具有全局相干性的音频波形切片，适用于音效生成。其实验表明，在没有标签的情况下，WaveGAN 在小词汇量语音数据集上训练时学会了生成可理解的单词，并且还可以合成来自其他领域的音频，例如鼓、鸟的发声和钢琴。研究者将 WaveGAN 与将设计用于图像生成的 GAN 应用于类似图像的音频特征表示的方法进行比较，发现这两种方法都有前景。

#### 1.1.4 现有开源工具

由 Thanh Thi Nguyen 等人<sup>[40]</sup>的工作可以看到深度学习已成功应用于解决从大数据分析到计算机视觉和人类水平控制的各种复杂问题。然而，深度学习的进步也被用于创建可能对隐私、民主和国家安全造成威胁的软件。最近出现的深度学习驱动的应用之一是 deepfake。Deepfake 算法可以创建人类无法区分真实图像和视频的虚假图像和视频。因此，能够自动检测和评估数字视觉媒体完整性的技术的提议是必不可少的。本文介绍了用于创建深度伪造的算法的调查，更重要的是，介绍了迄今为止文献中提出的用于检测深度伪造的方法。我们对与深度伪造技术相关的挑战、研究趋势和方向进行了广泛的讨论。通过回顾 deepfake 的背景和最先进的 deepfake 检测方法，本研究提供了 deepfake 技术的全面概述，并有助于开发新的、更强大的方法来处理日益具有挑战性的 deepfake。当中他们为其为深度伪造的工具进行现有的总结条列如下：

- Faceswap : <https://github.com/deepfakes/faceswap>
- Faceswap-GAN : <https://github.com/shaoanlu/faceswap-GAN>
- Few-Shot Face Translation : <https://github.com/shaoanlu/fewshot-facetranslation-GAN>
- DeepFaceLab : <https://github.com/iperov/DeepFaceLab>
- DFaker : <https://github.com/dfaker/df>
- DeepFake tf : <https://github.com/StromWine/DeepFake>
- AvatarMe : <https://github.com/lattas/AvatarMe>
- MarioNETte : <https://hyperconnect.github.io/MarioNETte>
- DiscoFaceGAN : <https://github.com/microsoft/DiscoFaceGAN>
- StyleRig : <https://gvv.mpi-inf.mpg.de/projects/StyleRig>

- FaceShifter : <https://lingzhili.com/FaceShifterPage>
- FSGAN : <https://github.com/YuvalNirkin/fsgan>
- StyleGAN : <https://github.com/NVlabs/stylegan>
- Face2Face : <https://justusthies.github.io/posts/face2face/>
- Neural Textures : <https://github.com/SSRSGJYD/NeuralTexture>
- Transformable Bottleneck Networks : <https://github.com/kyleolsz/TB-Networks>
- "Do as I Do" Motion Transfer : <https://github.com/carolineec/EverybodyDanceNow>
- Neural Voice Puppetry : <https://justusthies.github.io/posts/neural-voicepuppetry>



## 第二章 研究工具与手段的分类

由于深度伪造的技术蓬勃发展，在这过程中的也出现针对于此的开源数据集，由 Li XR 等人的工作总结中则将其条列，同时分为影像资料集与语音资料集如下：

### 2.1 深度伪造的影像资料集

- UADFV<sup>[41]</sup>: 早期的研究数据来源, 使用 FakeAPP<sup>[42]</sup> 工具进行合成, 同时在 Youtube 平台搜集素材, 其资料分别有 49 真实未修改的影像与 49 个已经修改过的伪造影像。
- FaceForensics(FF)<sup>[43]</sup>: 从 Youtube8M<sup>[44]</sup> 的来源中将与人类脸部有关联的目标中取出 1004 的影像, 并用 Face2Face 进行改造 1004 个资料集。
- FaceForensics++(FF++)<sup>[45]</sup>: 与 FaceForensics(FF) 类似, 该来源从 Youtube 平台取得 1000 个影像, 同时使用 4 种方式进行伪造, 而当中四种方法包含了 Deepfakes、Face2Face、FaceSwap、Neural Textures。
- Deepfake-TIMIT<sup>[46]</sup>: 根据 Faceswap-GAN 方法进行伪造, 同时该资料集也是第一个使用 GAN 所产生的伪造资料集。其资料是根据 VidTIMIT 来源去选 32 人, 然后进行两两替换产生。
- Mesonet data<sup>[47]</sup>: 从 Youtube 所产生的数据集。
- Celeb-DF<sup>[48]</sup>: 来源从 Youtube 进行搜集, 同时考量 UADFV、FaceForensics++(FF++)、Deepfake-TIMIT 等缺陷后, 对伪造的方法进行改良。
- DeepfakeDetection(DFD)<sup>[49]</sup>: 由 Google 公司所制作的资料集, 当中请 28 个演员来做出 363 个原始影像资料。
- DFDC preview Dataset<sup>[50]</sup>: 由脸书在 The Deepfake Detection Challenge 所举办的比赛中所开放的测试资料集, 当中有 5214 个影像。
- DFDC<sup>[51]</sup>: 由脸书在 The Deepfake Detection Challenge 比赛所提供的正式资料集。
- DeeperForensics-1.0<sup>[52]</sup>: 由南洋理工和商汤科技从 26 个国家收集 100 名演员的脸部数据, 过程中将 FaceForensics++ 资料集中的 1000 笔原始影像作为目标影像进行训练, 产生 50000 笔未修改影像跟 10000 笔修改影像。

## 2.2 深度伪造的语音资料集

- ASVspoof 2015 database<sup>[53]</sup>: 为因应语音伪造欺骗的问题，而在 2015 年所举办的 synthetic and converted speech 竞赛，当中开放第一个大规模的语音伪造资料集，该资料集根据 106 位不同的人的语音纪录，其分别为 45 名男性，61 名女性组成的训练资料集有 3750 笔原始语音资料片段与 12625 组成的欺骗片段，另外验证资料集则有 3497 笔原始语音资料片段与 49875 组成的欺骗片段，而最后测试资料集则为 9404 笔原始资料集与 184000 笔欺骗语音资料所组成。
- ASVspoof 2019 database<sup>[54]</sup>: 2019 年所举办的 synthetic and converted speech 竞赛则根据 107 名不同的人士所撷取的原始资料，所建立起的资料集。

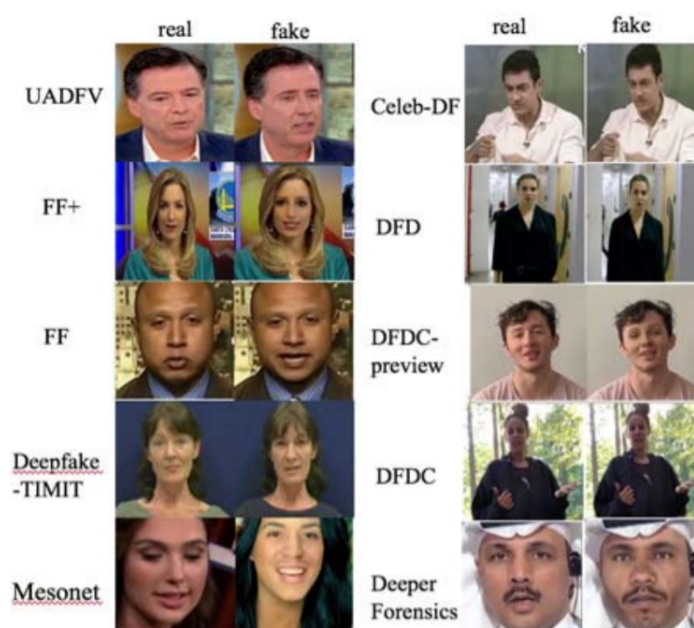


图 2.1 Li XR 等人<sup>[9]</sup>的工作总结的资料对比

## 第三章 深度伪造的资料集

根据由 Thanh Thi Nguyen 等人<sup>[40]</sup>的在深度伪造的工作中



## 第四章 深度伪造的检测技术

下列为本次作业所搜集而来的文献表，根据本次作业的 7 项来源进行搜集，其包括 IEEE Transaction/Magazine/Journal、IET (IEE) Proceeding/Magazine/Journal、ACM、Springer、Elsevier、Google 学术、Beidu 学术等，最后明确标示使用的平台搜寻引擎跟文献年份。



## 第五章 深度伪造的近期研究





## 第六章 结论



## 参考文献

- [1] 邱锡鹏. 神经网络与深度学习[M/OL]. 北京: 机械工业出版社, 2020. <https://nndl.github.io/>.
- [2] 邱文聪. 第二波人工智慧知识学习与生产对法学的挑战—资讯、科技与社会研究及法学的对话[J]., 2021.
- [3] 陈弘儒. 初探目的解释在法律人工智慧系统之运用可能[J]., 2021.
- [4] Deepfakes.[EB/OL]. <https://github.com/deepfakes/faceswap>.
- [5] Reface app.[EB/OL]. <https://hey.reface.ai/>.
- [6] Deepfake detection challenge.[EB/OL]. <https://www.kaggle.com/c/deepfake-detection-challenge>.
- [7] GIRISH N, NANDINI C. A review on digital video forgery detection techniques in cyber forensics[J]. Science, Technology and Development, 2019, 3(6): 235-239.
- [8] NGUYEN T T, NGUYEN Q V H, NGUYEN C M, et al. Deep learning for deepfakes creation and detection: A survey[J]. ArXiv preprint arXiv:1909.11573, 2019.
- [9] 李旭嵘纪守领吴春明刘振广邓水光程鹏杨珉孔祥维. 深度伪造与检测技术综述[J]. 软件学报, 2021, 32(2): 496. DOI: 10.13328/j.cnki.jos.006140.
- [10] FaceSwap.[EB/OL]. <https://github.com/MarekKowalski/FaceSwap/>.
- [11] DALE K, SUNKAVALLI K, JOHNSON M K, et al. Video face replacement[C]//Proceedings of the 2011 SIGGRAPH Asia conference. [S.l. : s.n.], 2011: 1-10.
- [12] GARRIDO P, VALGAERTS L, REHMSEN O, et al. Automatic face reenactment[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. [S.l. : s.n.], 2014: 4217-4224.
- [13] GARRIDO P, VALGAERTS L, SARMADI H, et al. Vdub: Modifying face video of actors for plausible visual alignment to a dubbed audio track[C]//Computer graphics forum: vol. 34: 2. [S.l. : s.n.], 2015: 193-204.
- [14] NIRKIN Y, MASII, TUAN A T, et al. On face segmentation, face swapping, and face perception[C]//2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018). [S.l. : s.n.], 2018: 98-105.
- [15] LU Z, LI Z, CAO J, et al. Recent progress of face image synthesis[C]//2017 4th IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR). [S.l. : s.n.], 2017: 7-12.
- [16] GOODFELLOW I, POUGET-ABADIE J, MIRZA M, et al. Generative adversarial nets[J]. Advances in neural information processing systems, 2014, 27.
- [17] KORSHUNOVA I, SHI W, DAMBRE J, et al. Fast face-swap using convolutional neural networks[C]//Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. [S.l. : s.n.], 2017: 3677-3685.
- [18] NIRKIN Y, KELLER Y, HASSNER T. Fsgan: Subject agnostic face swapping and reenactment[C]//Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision. [S.l. : s.n.], 2019: 7184-7193.

- [19] CHOI Y, CHOI M, KIM M, et al. Stargan: Unified generative adversarial networks for multi-domain image-to-image translation[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. [S.l. : s.n.], 2018: 8789-8797.
- [20] ZHANG H, XU T, LI H, et al. Stackgan++: Realistic image synthesis with stacked generative adversarial networks[J]. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2018, 41(8): 1947-1962.
- [21] KARRAS T, AILA T, LAINE S, et al. Progressive growing of gans for improved quality, stability, and variation[J]. ArXiv preprint arXiv:1710.10196, 2017.
- [22] ANTIPOV G, BACCOUCHE M, DUGELAY J L. Face aging with conditional generative adversarial networks[C]//2017 IEEE international conference on image processing (ICIP). [S.l. : s.n.], 2017: 2089-2093.
- [23] MIRZA M, OSINDERO S. Conditional generative adversarial nets[J]. ArXiv preprint arXiv:1411.1784, 2014.
- [24] HUANG R, ZHANG S, LI T, et al. Beyond face rotation: Global and local perception gan for photorealistic and identity preserving frontal view synthesis[C]//Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. [S.l. : s.n.], 2017: 2439-2448.
- [25] THIES J, ZOLLHÖFER M, NIESSNER M, et al. Real-time expression transfer for facial reenactment.[J]. ACM Trans. Graph., 2015, 34(6): 183-1.
- [26] THIES J, ZOLLHOFER M, STAMMINGER M, et al. Face2face: Real-time face capture and reenactment of rgb videos[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. [S.l. : s.n.], 2016: 2387-2395.
- [27] KIM H, GARRIDO P, TEWARI A, et al. Deep video portraits[J]. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2018, 37(4): 1-14.
- [28] THIES J, ZOLLHÖFER M, NIESSNER M. Deferred neural rendering: Image synthesis using neural textures[J]. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2019, 38(4): 1-12.
- [29] SUWAJANAKORN S, SEITZ S M, KEMELMACHER-SHLIZERMAN I. Synthesizing Obama: Learning Lip Sync from Audio[J/OL]. ACM Trans. Graph., 2017, 36(4). <https://doi.org/10.1145/3072959.3073640>. DOI: 10.1145/3072959.3073640.
- [30] ZAKHAROV E, SHYSHEYA A, BURKOV E, et al. Few-Shot Adversarial Learning of Realistic Neural Talking Head Models[C]//Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). [S.l. : s.n.], 2019.
- [31] FRIED O, TEWARI A, ZOLLHÖFER M, et al. Text-Based Editing of Talking-Head Video[J/OL]. ACM Trans. Graph., 2019, 38(4). <https://doi.org/10.1145/3306346.3323028>. DOI: 10.1145/3306346.3323028.
- [32] AVERBUCH-ELOR H, COHEN-OR D, KOPF J, et al. Bringing Portraits to Life[J/OL]. ACM Trans. Graph., 2017, 36(6). <https://doi.org/10.1145/3130800.3130818>. DOI: 10.1145/3130800.3130818.
- [33] LAMPLE G, ZEGHIDOUR N, USUNIER N, et al. Fader Networks: Manipulating Images by Sliding Attributes[C/OL]//GUYON I, LUXBURG U V, BENGIO S, et al. Advances in Neural Information

- Processing Systems: vol. 30. [S.l.]: Curran Associates, Inc., 2017. <https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/file/3fd60983292458bf7dee75f12d5e9e05-Paper.pdf>.
- [34] ARIK S Ö, CHRZANOWSKI M, COATES A, et al. Deep voice: Real-time neural text-to-speech[C]//International Conference on Machine Learning. [S.l. : s.n.], 2017: 195-204.
  - [35] WANG Y, SKERRY-RYAN R, STANTON D, et al. Tacotron: Towards end-to-end speech synthesis[J]. ArXiv preprint arXiv:1703.10135, 2017.
  - [36] GIBIANSKY A, ARIK S, DIAMOS G, et al. Deep voice 2: Multi-speaker neural text-to-speech[J]. Advances in neural information processing systems, 2017, 30.
  - [37] PING W, PENG K, GIBIANSKY A, et al. Deep Voice 3: 2000-Speaker Neural Text-to-Speech.[J]., 2017.
  - [38] PASCUAL S, BONAFONTE A, SERRA J. SEGAN: Speech enhancement generative adversarial network[J]. ArXiv preprint arXiv:1703.09452, 2017.
  - [39] DONAHUE C, MCAULEY J, PUCKETTE M. Adversarial audio synthesis[J]. ArXiv preprint arXiv:1802.04208, 2018.
  - [40] NGUYEN T T, NGUYEN Q V H, NGUYEN D T, et al. Deep Learning for Deepfakes Creation and Detection: A Survey[EB/OL]. arXiv. 2019. <https://arxiv.org/abs/1909.11573>.
  - [41] MATERN F, RIESS C, STAMMINGER M. Exploiting visual artifacts to expose deepfakes and face manipulations[C]//2019 IEEE Winter Applications of Computer Vision Workshops (WACVW). [S.l. : s.n.], 2019: 83-92.
  - [42] FakeApp.[EB/OL]. <https://www.deepfakescn.com>.
  - [43] RÖSSLER A, COZZOLINO D, VERDOLIVA L, et al. Faceforensics: A large-scale video dataset for forgery detection in human faces[J]. ArXiv preprint arXiv:1803.09179, 2018.
  - [44] ABU-EL-HAJJA S, KOTHARI N, LEE J, et al. Youtube-8m: A large-scale video classification benchmark[J]. ArXiv preprint arXiv:1609.08675, 2016.
  - [45] ROSSLER A, COZZOLINO D, VERDOLIVA L, et al. Faceforensics++: Learning to detect manipulated facial images[C]//Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. [S.l. : s.n.], 2019: 1-11.
  - [46] KORSHUNOV P, MARCEL S. Deepfakes: a new threat to face recognition? assessment and detection[J]. ArXiv preprint arXiv:1812.08685, 2018.
  - [47] AFCHAR D, NOZICK V, YAMAGISHI J, et al. Mesonet: a compact facial video forgery detection network[C]//2018 IEEE international workshop on information forensics and security (WIFS). [S.l. : s.n.], 2018: 1-7.
  - [48] LI Y, YANG X, SUN P, et al. Celeb-df: A new dataset for deepfake forensics[J]., 2019.
  - [49] DeepfakeDetection[EB/OL]. <https://github.com/ondyari/FaceForensics>.
  - [50] DOLHANSKY B, HOWES R, PFLAUM B, et al. The deepfake detection challenge (dfdc) preview dataset[J]. ArXiv preprint arXiv:1910.08854, 2019.
  - [51] DFDC.[EB/OL]. <https://www.kaggle.com/c/deepfake-detection-challenge/data>.

- [52] JIANG L, LI R, WU W, et al. Deepforensics-1.0: A large-scale dataset for real-world face forgery detection[C]//Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. [S.l. : s.n.], 2020: 2889-2898.
- [53] ASVspoof 2015 database.[EB/OL]. <https://datashare.is.ed.ac.uk/handle/10283/853>.
- [54] ASVspoof 2015 database.[EB/OL]. <https://datashare.is.ed.ac.uk/handle/10283/853>.

## 致谢

非常感谢王荣刚教授，在数字媒体软件与系统开发课让学生上进行了充分搜集了深度伪造与检测的文献搜集，该工作也帮助到学生目前的开发与研究工作进度，同时也对目前深度伪造的进展有所调研，同时也将此流程在其他课程的作业上进行测试获得良好的回馈。最后感谢在这一年来一起寒窗苦读得同学与所有老师，还有默默在开源社群与前沿研究奉献的技术人员跟研究者们。