

دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده برق و کامپیوتر



جلوگیری از تقلب برای احراز هویت مبتنی بر تشخیص چهره

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق
گرایش مخابرات امن و رمزنگاری

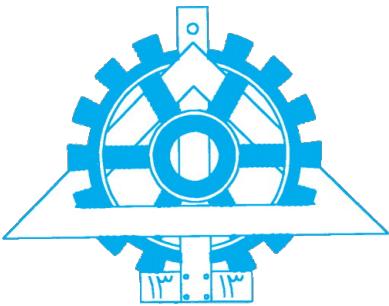
میثم شهبازی دستجرده

استاد راهنما

دکتر محمد علی اخایی

اردیبهشت ۱۴۰۱

سُبْحَانَ رَبِّ الْجَمَلِ



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده برق و کامپیوتر



جلوگیری از نقلب برای احراز هویت مبتنی بر تشخیص چهره

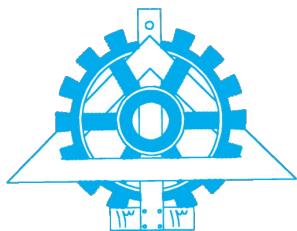
پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق
گرایش مخابرات امن و رمزنگاری

میثم شهبازی دستجرده

استاد راهنما

دکتر محمد علی اخایی

اردیبهشت ۱۴۰۱



دانشگاه تهران
پردیس دانشکده‌های فنی
دانشکده برق و کامپیوتر

گواهی دفاع از پایان‌نامه کارشناسی ارشد

هیأت داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای / خانم میثم شهبازی دستجرده به شماره دانشجویی ۸۱۰۱۹۷۲۸۹ در رشته مهندسی برق - گرایش مخابرات امن و رمزنگاری را در تاریخ با عنوان «جلوگیری از تقلب

برای احراز هویت مبتنی بر تشخیص چهره»

به عدد

و درجه ارزیابی کرد.

امضا	دانشگاه یا مؤسسه	مرتبه دانشگاهی	نام و نام خانوادگی	مشخصات هیأت داوران	ن.
	دانشگاه تهران	استادیار	دکتر محمد علی اخایی	استاد راهنمای	۱
	دانشگاه تهران	دانشیار	دکتر داور داخلی	استاد داور داخلی	۲
	دانشگاه داور خارجی	دانشیار	دکتر داور خارجی	استاد مدعو	۳
	دانشگاه تهران	دانشیار	دکتر نماینده	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	۴

نام و نام خانوادگی معاون آموزشی و تحصیلات

تکمیلی پردیس دانشکده‌های فنی:

تاریخ و امضا:

نام و نام خانوادگی معاون تحصیلات تکمیلی و

پژوهشی دانشکده / گروه:

تاریخ و امضا:

تعهدنامه اصالت اثر

با اسمه تعالیٰ

اینجانب میشم شهبازی دستجرده تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه قبلًا برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتری ارائه نشده است.

نام و نام خانوادگی دانشجو: میشم شهبازی دستجرده

تاریخ و امضای دانشجو:

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر
متعلق به دانشگاه تهران است.

این اثر ناچیز تقدیم می‌شود به :

۱۷۶ امید

و

آرزوی پرپر شده ...

قدردانی

این پایان نامه در زمان همه گیری ویروس کرونا، انجام شده است. در زمانی که محدودیت های کرونایی موجب غیرحضوری شدن آموزش های دانشگاهی شده است. در این شرایط دشوار، حمایت های بی دریغ جناب آقای دکتر محمدعلی اخایی، پیش از پیش به چشم آمد. بر خود لازم می دانم از ایشان به دلیل پی گیری های مرتب جهت پیشبرد پایان نامه در این شرایط کرونایی تشکر و قدردانی کنم. همچنین از آقایان رامین طوسی و سید امین حبیبی به علت مشاوره و راهنمایی های ارزنده تشکر می کنم. همچنین از آقای پویا نریمانی به علت مساعدت در اتصال از راه دور به رایانه های موجود در آزمایشگاه مخبرات امن و رمزگاری، تشکر می کنم و در پایان، بوسه می زنم بر دستان خداوندگاران مهر و مهربانی، پدر و مادر عزیزم و بعد از خدا، ستایش می کنم وجود مقدس شان را و تشکر می کنم از خانواده عزیزم به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان، که بهترین پشتیبان من بودند.

میثم شهبازی دستجرده

اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

یکی از روش‌های احراز هویت خودکار، استفاده از چهره کاربر است. با توجه به پیشرفتهای چشم‌گیر در حوزه تشخیص چهره، استفاده از چهره محبوبیت خاصی پیدا کرده است. در عین حال، استفاده از چهره برای احراز هویت، روشن به طور کامل امن نیست و فرد مهاجم می‌تواند با استفاده از چاپ کردن چهره فرد هدف، یا بازپخش ویدیویی از او، به جای فرد هدف، احراز هویت انجام دهد. از این روش‌ها و الگوریتم‌هایی در این حوزه برای بهبود امنیت سیستم‌های احراز هویت با چهره، در تحقیقات دانشگاهی و صنعتی توسعه داده شده است. هدف از این پژوهشها تشخیص و تمیز تصویر چهره واقعی از تصویر چهره تقلیبی ارائه شده توسط فرد مهاجم است. با رشد استفاده از روش‌های یادگیری عمیق در مسائل بینایی ماشین، در این حوزه نیز از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای طبقه‌بندی تصویر واقعی در مقابل تصاویر تقلیبی ارائه شده توسط فرد مهاجم، استفاده شده است. در این پایان‌نامه با ترکیب روش کلاسیک بینایی ماشین و روش‌های یادگیری عمیق، یک عملگر جدید برای جایگزین کردن در یکی از لایه‌های کانولوشن ارائه شده است. همچنین برای افزایش دقت طبقه‌بندی بین دو دسته تصویر واقعی و تقلیبی تابع هزینه‌ای برای دسته‌بندی دودویی با حاشیه ارائه شده است که افزودن این حاشیه باعث می‌شود نمونه‌های دو کلاس از یکدیگر فاصله داشته باشند. علاوه بر این برای افزایش قابلیت تعمیم‌پذیری شبکه، تابع هزینه‌ی متريک اختصاصی برای مسئله کشف تقلب در چهره، با کمک گرفتن از شناسه اشخاص پیشنهاد شده است. همچنین نتایج روی برخی از دیتاست‌های معروف در این حوزه، گزارش شده و عملکرد کلی الگوریتم پیشنهادی به همراه سرعت اجرا بحث شده است.

واژگان کلیدی احراز هویت، استفاده از چهره، امنیت سیستم‌های احراز هویت، ترکیب روش‌های بینایی ماشین با یادگیری عمیق، تابع هزینه با حاشیه، بایومتریک، تابع هزینه متريک اختصاصی

فهرست مطالب

ث	فهرست تصاویر
ج	فهرست جداول
ح	فهرست الگوریتم‌ها
د	فهرست برنامه‌ها
۱	فصل ۱: مقدمه
۱	۱.۱ پیشگفتار
۳	۲.۱ اهداف
۴	۳.۱ دستاوردهای پژوهش
۴	۴.۱ ساختار پایان‌نامه
۵	فصل ۲: مروری بر مطالعات انجام شده
۵	۱.۲ مقدمه
۷	۲.۲ تحلیل ریز بافت و عملگر LBP
۱۰	۳.۲ روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق
۱۱	۱.۳.۲ ترکیب روش‌های یادگیری عمیق و ویژگی‌های دستی
۱۳	۲.۳.۲ استفاده از تخمین سیگنال کمکی
۱۸	۳.۳.۲ استفاده از شبکه‌های مولد تهاجمی و تابع هزینه‌های مختلف
۲۴	۴.۲ دیتاست‌های مورد استفاده

۲۴	دیتابست Replay	۱.۴.۲
۲۵	دیتابست CASIA	۲.۴.۲
۲۶	دیتابست MSU	۳.۴.۲
۲۶	دیتابست OULU	۴.۴.۲
۲۸	دیتابست SIW	۵.۴.۲
۲۹	فصل ۳: روش تحقیق	
۲۹	مقدمه	۱.۳
۲۹	محتوا (نامگذاری بر اساس روش تحقیق و مسأله مورد مطالعه)	۲.۳
۲۹	علت انتخاب روش	۱.۲.۳
۲۹	تشریح کامل روش تحقیق	۲.۲.۳
۳۳	فصل ۴: نتایج	
۳۳	مقدمه	۱.۴
۳۳	نتایج روی دیتابست های CASIA و MSU	۲.۴
۳۴	محتوا	۳.۴
۳۴	اعتبارسنجی	۴.۴
۳۵	فصل ۵: بحث و نتیجه‌گیری	
۳۵	مقدمه	۱.۵
۳۶	محتوا	۲.۵
۳۶	جمع‌بندی	۱.۲.۵
۳۶	نوآوری	۲.۲.۵
۳۷	پیشنهادها	۳.۲.۵
۳۷	محدودیت‌ها	۴.۲.۵

۴۵	پیوست ۶: آشنایی سریع با برخی دستورات لاتک
۴۵	۱.۶ بندها و زیرنویس‌ها
۴۶	۲.۶ فرمول‌های ریاضی
۴۶	۱.۲.۶ یک زیربخش
۴۶	۱.۱.۲.۶ یک زیرزیربخش
۴۷	۳.۶ نوشه‌های فارسی و انگلیسی مخلوط
۴۷	۴.۶ افزودن تصویر به نوشته
۴۸	۵.۶ محیط‌های شمارش و نکات
۴۸	۶.۶ تعریف و قضیه
۴۹	۷.۶ چگونگی نوشتن و ارجاع به مراجع
۵۱	پیوست ۷: جدول، نمودار و الگوریتم در لاتک
۵۱	۱.۷ جدول
۵۲	۲.۷ معادلات ریاضی و ماتریس‌ها
۵۳	۳.۷ الگوریتم
۵۳	۱.۳.۷ الگوریتم ساده با دستورهای فارسی
۵۳	۲.۳.۷ الگوریتم پیچیده و تودرتو با دستورهای فارسی
۵۳	۳.۳.۷ الگوریتم با دستورهای لاتین
۵۵	۴.۷ کد
۵۵	۵.۷ تصویر
۵۶	۶.۷ نمودار
۵۶	۷.۷ نحوه قرارگیری اشیای شناور
۵۹	پیوست ۸: مراجع، واژه‌نامه و حاشیه‌نویسی
۵۹	۱.۸ مراجع و نقل قول‌ها
۶۰	۱.۱.۸ مدیریت مراجع با BibTeX
۶۱	۲.۱.۸ سبک‌های مورد تأیید دانشگاه تهران

۳.۱.۸ سبک‌های فارسی قابل استفاده در زی پرشین	۶۲
۴.۱.۸ ساختار فایل مراجع	۶۳
۵.۱.۸ نحوه اجرای BibTeX	۶۵
۲.۸ واژه‌نامه‌ها و فهرست اختصارات	۶۵
۳.۸ حاشیه‌نویسی در نسخه پیش‌نویس	۶۷

فهرست تصاویر

۱.۱	نمونه‌ای از تصاویر واقعی و تقلیبی در حوزه چهره [۱]	۳
۱.۲	ساختار کلی الگوریتم‌های کشف تقلب در چهره	۶
۲.۱	مثالی از محاسبه LBP	۸
۳.۱	روش تصمیم‌گیری بر اساس استفاده از LBP [۲]	۹
۴.۱	روش تحلیل ریزبافت در نواحی مختلف تصویر [۳]	۱۰
۵.۱	حالات مختلف ترکیب ویژگی‌های دستی و ویژگی‌های یادگیری عمیق [۴]	۱۲
۶.۱	روش ترکیب LBP و کانولوشن [۵]	۱۲
۷.۱	روش‌های مختلف یادگیری عمیق در حوزه کشف تقلب چهره [۴]	۱۳
۸.۱	استفاده از عمق برای کشف تقلب در چهره [۶]	۱۴
۹.۱	روش استفاده از عمق و تخمین rPPG [۷]	۱۵
۱۰.۱	استفاده از ویژگی‌های عمیق در طول زمان [۸]	۱۵
۱۱.۱	نحوه محاسبه تابع هزینه CDL	۱۶
۱۲.۱	عملگر کانولوشن تغییر یافته [۹]	۱۷
۱۳.۱	روش استفاده از فیلتر bilateral در شبکه عمیق [۱۰]	۱۸
۱۴.۱	تابع هزینه BCE روی یک صفحه مسطح به جای یک نورون [۱۱]	۱۸
۱۵.۱	ساختار بر پایه استفاده از شبکه مولد برای تخمین علائم تقلب در سطوح مختلف [۱۲]	۱۹
۱۶.۱	نحوه عملکرد تابع هزینه سه‌گانه روی فاصله بردارهای ویژگی [۱۳]	۲۰
۱۷.۱	نحوه اثر تابع هزینه روی فاصله نمونه‌ها در دیتاست‌های مختلف [۱۴]	۲۱
۱۸.۱	تابع هزینه نامتقارن برای کاهش فاصله نمونه‌های از یک کلاس [۱۵]	۲۱

۱۹.۲ ساختار U-net و تابع هزینه سه‌گانه [۱۶]	۲۲
۲۰.۲ کاهش فاصله نمونه‌های واقعی تا مرکز و افزایش فاصله نمونه‌های تقلبی تا مرکز [۱۷]	۲۲
۲۱.۲ استفاده از LBP در کنار عمق برای یافتن ویژگی‌های خوش ساخت [۱۸]	۲۳
۲۲.۲ نمونه‌هایی از دیتاست Replay [۳]	۲۵
۲۳.۲ نمونه‌هایی از دیتاست CASIA [۱۹]	۲۵
۲۴.۲ نمونه‌هایی از دیتاست MSU [۴۶]	۲۶
۲۵.۲ نمونه‌های واقعی در دیتاست OULU [۱]	۲۷
۲۶.۲ نمونه‌های تقلبی در دیتاست OULU [۱۰]	۲۷
۲۷.۲ نمونه‌های از دیتاست SIW [۷]	۲۸
۱.۶ در این تصویر یک شیر علاوه‌مند به لاتک را در حال دویدن می‌بینید.	۴۷
۱.۷ دوشیر	۵۶
۲.۷ یک نمودار زیبا با ارقام فارسی و قابلیت بزرگ‌نمایی بسیار، بدون از دست دادن کیفیت.	۵۷

فهرست جداول

۳۰	اندیس‌های به کار رفته در مدل ریاضی	۱.۳
۳۱	پارامترهای مدل ریاضی	۲.۳
۳۱	متغیرهای مدل ریاضی	۳.۳
۳۴	خطای برابر روی دیتاست‌های CASIA و MSU	۱.۴
۵۱	مدلهای تبدیل.	۱.۷
۵۲	مدلهای تبدیل دیگر.	۲.۷

فهرست الگوریتم‌ها

۵۳	الگوریتم DLT برای تخمین ماتریس هوموگرافی.	۱.۷
۵۴	الگوریتم اجرای برنامه شبیه‌سازی	۲.۷
۵۵	الگوریتم RANSAC برای تخمین ماتریس هوموگرافی.	۳.۷

فهرست برنامه‌ها

۵۵ نمونه کد MATLAB ۱.۷

فصل ۱

مقدمه

۱.۱ پیشگفتار

یک سیستم احراز هویت بهوسیله چهره را در نظر بگیرید که کاربر در مقابل دوربین قرار گرفته و سیستم از طریق تایید مشخصات چهره، به او اجازه دسترسی می‌دهد. حال فرض کنید کاربر غیر مجاز تصویر کاربر قبل^۱ تایید شده در سیستم را روی کاغذ چاپ کند و کاغذ را در مقابل دوربین سیستم قرار دهد. در این صورت کاربر غیر مجاز می‌تواند خود را به جای کاربر مجاز به سیستم بشناساند و به اطلاعات محربانه فرد دیگری، به کمک تنها یک تصویر چاپ شده، دسترسی پیدا کند. این یک مثال ساده برای تداعی مشکل امنیتی سیستم‌های احراز اصالت با چهره است.

هر چه محربانگی و اهمیت اطلاعات ذخیره شده درون سیستم بیشتر باشد، مشکل امنیتی ذکر شده توجه بیشتری می‌طلبد. برای مثال فرض کنید سیستم مذبور با اطلاعات حساب بانکی یا اوراق بهادر یا داده‌های محربانه یک شرکت تجاری مرتبط باشد؛ در این صورت تمامی این اطلاعات حیاتی در معرض خطر آسیب پذیری فرآیند تشخیص و تایید چهره خواهد بود.

این چالش در ادبیات موضوع «جلوگیری از تقلب برای احراز هویت مبتنی بر تشخیص چهره^۱» نام دارد. در این عنوان، قسمت احراز هویت مبتنی بر تشخیص چهره در واقع شاخه از بایومتریک^۲ است و قسمت جلوگیری از تقلب، به مسائل امنیتی کار می‌پردازد. هدف از بایومتریک، تشخیص خودکار افراد بر اساس ویژگی‌های زیست‌شناختی و یا رفتار اشخاص است. برای مثال چهره، عنیه، اثر انگشت، صدا و طرز راه رفتن نمونه از

¹Anti-spoofing for authentication based on face recognition

²Biometric

ویژگی هایی است که هر فرد را به صورت منحصراً از فرد دیگر تمیز می دهد. تأکید بایومتریک بر «خودکار بودن» فرآیند تشخیص فرد است؛ به همین دلیل لازم است که دخالت انسان در این فرآیند حداقل شود و سیستم به صورت غیر نظری^۳ فرد را تشخیص دهد. در میان شاخصه های ذکر شده برای کاربرد بایومتریک، استفاده از چهره اهمیت خاصی دارد. روش های بینایی ماشین برای تشخیص چهره سابق طولانی دارند و به تازگی راه حل های استفاده از هوش مصنوعی، تشخیص چهره را دقیق تر و متداول تر کرده است. از طرفی چهره در مقایسه با اثر انگشت یا صدا و... نمایان گر آشناتر برای شناسایی یک فرد است. این ویژگی های چهره چه در ابزار شناسایی چه در قربات استفاده، موجب شده است تشخیص چهره، کاربردهای دیگری نظیر پزشکی قانونی، دوربین های مدار بسته، اجازه کنترل و دسترسی به سیستم، دولت و تجارت الکترونیک داشته باشد.

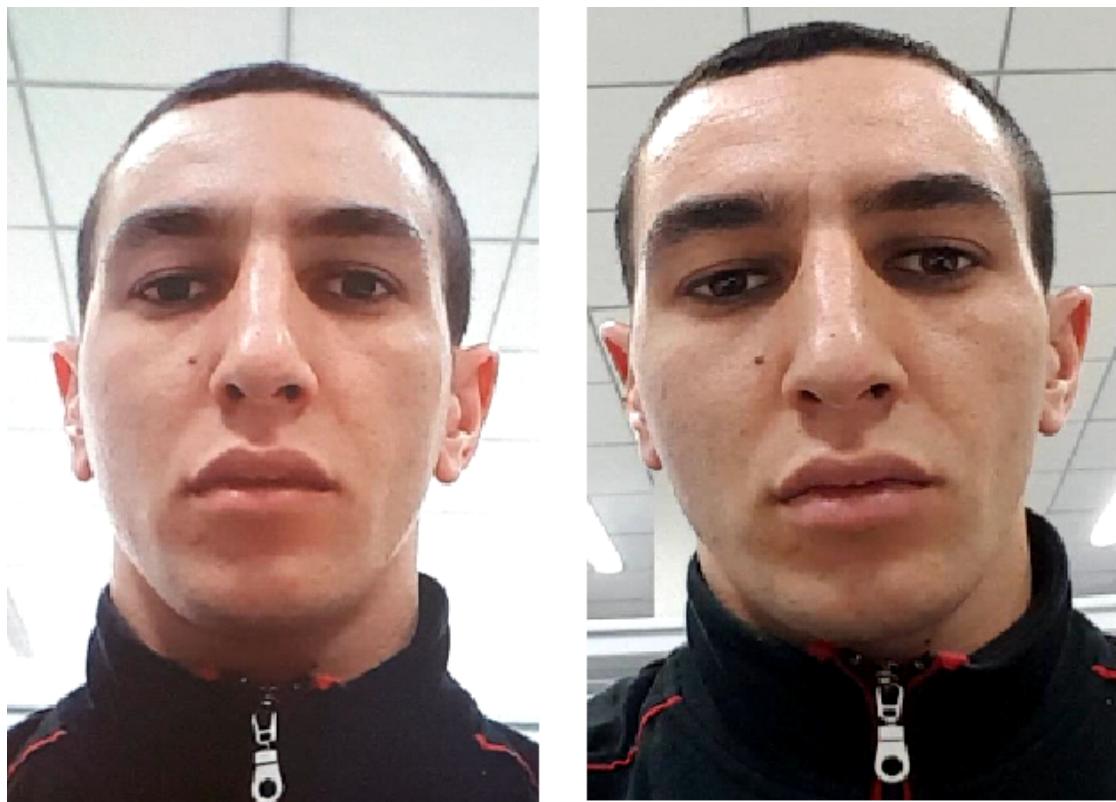
این کاربرد گسترده و رشد استفاده از چهره در سیستم ها، مسائل امنیتی را نیز به همراه دارد. مهاجم براحتی و با هزینه کمی می تواند تصویر فرد مورد نظر خود را از طریق شبکه های اجتماعی یا تصویر برداری از فاصله دور به دست آورد و اقدامات لازم برای حمله را به عمل آورد. این نوع حمله با ابزارهای مختلفی می تواند صورت بگیرد. برای مثال مهاجم می تواند تصویر فرد هدف را روی کاغذ چاپ کند، یا از یک فیلم یا تصویر ذخیره شده در نمایشگر دیجیتال استفاده کند. همچنین با استفاده از گریم یا ماسک می تواند چهره خود را شبیه به چهره فرد هدف کند. در میان انواع حمله ذکر شده استفاده از چاپ تصویر و استفاده از نمایشگر دیجیتال متداول تر است. استفاده از ماسک به دلیل هزینه بالا و سختی اجرا، چندان متداول نیست. با توجه به اهمیت موضوع و نگرانی در مورد امنیت سیستم های احراز هویت مبتنی بر تشخیص چهره، تحقیقات فراوانی در دانشگاه برای فائق آمدن بر این چالش انجام شده است. که دامنه وسیعی از روش های مبتنی بر بینایی ماشین کلاسیک و روش های جدیدتر مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری عمیق را شامل می شود.

این مسئله می تواند از دید یک مسئله بینایی ماشین تعریف شود به گونه ای که ورودی مسئله تصویر از چهره یک فرد است و خروجی سیستم یک برچسب چهره واقعی یا تقلیلی است. دقت الگوریتم برای اعلام این برچسب گذاری، سهم مهمی در امینت کلی سیستم خواهد داشت. در برخی از روش ها از اطلاعات بیشتری نظیر سنسور حرارتی و یا مادون قرمز در کنار تصویر استفاده می شود اما این امر موجب افزایش هزینه خواهد شد. همچنین الگوریتم ها بر اساس استفاده از تنها یک تصویر یا یک دنباله ویدیویی نیز قابل تقسیم هستند.

با وجود تلاش های تحقیقاتی در این زمینه که بیش از یک دهه قدمت دارد همچنان مسئله کشف تقلب در تشخیص چهره یک مسئله چالشی می باشد. یکی از دلایل چالشی بودن آن، خلاقیت فرد مهاجم برای اعمال حمله جدید است به گونه ای که این نوع حمله قبل از داده های آموزشی شبکه وجود نداشته است. یک چالش دیگر تفاوت کیفیت و رزولوشن ابزارهای حمله، نظیر صفحه نمایش و کاغذ چاپ است. این مسئله زمانی بعنوان تر می شود که حتی برای کاربر انسانی نیز تمیز چهره واقعی و تقلیلی دشوار خواهد شد. برای مثال در شکل ۱.۱ یکی از تصاویر

³Unsupervised

تقلبی و دیگری واقعی است. همانطور که مشاهده می شود تشخیص چهره واقعی از تقلبی به آسانی میسر نیست.



شکل ۱.۱: نمونه‌ای از تصاویر واقعی و تقلبی در حوزه چهره [۱]

۲.۱ اهداف

در این پایان‌نامه برای کشف تقلب در تصویر چهره، تمرکز بر روش‌هایی است که تنها از تصویر رنگی به عنوان ورودی استفاده می‌شود. این رویکرد موجب کاهش هزینه سیستم و قابل استفاده بودن بیشتر خواهد شد. همچنین از انواع حمله‌های مختلف موجود، تنها موارد چاپ روی کاغذ و بازپخش ویدیو بررسی می‌گردد. با آن که حمله‌های دیگری نظیر استفاده از ماسک سه بعدی نیز وجود دارد اما اعمال چنین حمله‌هایی هزینه‌بر و دشوارتر از نظر اجرا است. بنابرین توجه پایان‌نامه روی حملاتی است که متداول‌تر و بیشتر قابل اجرا است. در این پایان‌نامه با ترکیب روش کلاسیک بینایی ماشین و روش‌های جدید یادگیری عمیق ساختاری برای طبقه‌بندی دقیق‌تر ارائه شده است. این ساختار شامل یک عملگر جدید است که از عملگر LBP کلاسیک الهام گرفته شده

است، با این تفاوت که این عملگر همانند عملگر کانولوشن در شبکه‌های عمیق دارای پارامتر برای یادگیری عملگر بهینه با توجه به داده‌های ورودی است. همچنین دو تابع هزینه جدیدی ارائه شده است که هدف آن افزایش دقت و تعمیم‌پذیری شبکه روی داده‌های آزمون نشده است.

۳.۱ دستاوردهای پژوهش

در این پایان‌نامه داده می‌شود روش ارائه شده شامل عملگر تحلیل ریزبافت و تابع هزینه جدید موجب افزایش دقت طبقه‌بندی و تعمیم‌پذیری آن می‌شود. همچنین برای پیاده‌سازی، برنامه‌نویسی به زبان پایتون انجام شده است و ملاحظات پیاده‌سازی و چالش‌های مربوط به آن، توضیح و تفسیر شده است. علاوه بر این، برای کار کردن با داده‌های ویدیویی و استفاده از آن، الگوریتمی ارائه شده است که روند آموزش شبکه را تسريع بخشد. کدهای مرتبط با برنامه در یک مخزن گیت‌هاب^۴ به صورت متن‌باز منتشر شده است. برنامه به‌گونه‌ای نوشته شده است که نتایج آن قابل بازتولید باشد.

۴.۱ ساختار پایان‌نامه

در فصل دو، ابتدا مروری بر پژوهش‌های انجام شده در حوزه کشف تقلب انجام می‌شود. تحقیقات انجام شده در این حوزه بسیار وسیع است و تتها به مرور روش‌هایی که اهمیت بیشتر در ادبیات موضوع و روش‌هایی که رویکرد مشابهی با این پایان‌نامه داشته‌اند پرداخته می‌شود. در فصل سه، روش پیشنهادی به صورت مبانی نظری گفته می‌شود و در فصل چهار، ابتدا ملاحظات پیاده‌سازی روش ارائه شده بیان می‌گردد و سپس با استفاده از معیارهای ارزیابی متداول در این حوزه، به بررسی دقت روش پیشنهادی پرداخته می‌شود. فصل آخر به نتیجه گیری و بحث در مورد روش پیشنهادی می‌پردازد.

⁴<https://github.com/meysamshahbazi/fas>

فصل ۲

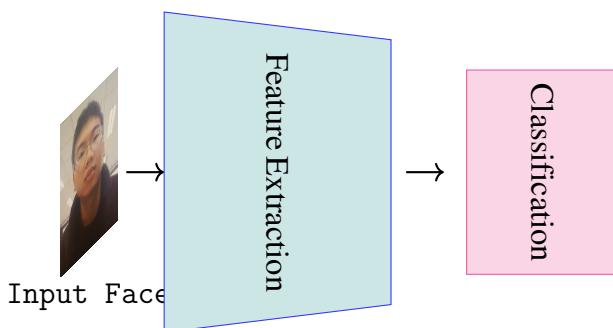
مروری بر مطالعات انجام شده

۱.۲ مقدمه

این فصل به مروری بر برخی از مهم‌ترین روش‌های موجود در حوزه کشف تقلب می‌پردازد. در ابتدا دسته‌بندی کلی برای حل مسئله کشف تقلب ارائه می‌شود و سپس دامنه تمرکز روی یک شاخه از این روش‌ها محدود می‌گردد. هرچند که امروزه استفاده از روش‌های یادگیری عمیق گسترش فراوان یافته است و در بسیاری از مسائل بینایی ماشین، روش‌های کلاسیک منسخ شده‌اند؛ اما این از اهمیت روش‌های کلاسیک نمی‌کاهد. روش‌های کلاسیک بینایی ماشین در مقایسه با روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق، از آنجا که تمرکز بیشتری روی الگوریتم تا تمرکز روی استفاده از داده داشته‌اند، می‌توانند دید میدانی خوبی از نزدیک شدن به مسئله بدهنند.

در این پایان‌نامه سعی شده است که از این دید کلاسیک برای حل مسئله با بهره گرفتن از ابزارهای یادگیری عمیق استفاده شود. پس در این فصل ابتدا روش‌های کلاسیک مورد بررسی قرار می‌گیرند و سپس مروری بر روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق انجام می‌گیرد. همانطور که در شکل ۱.۲ مشخص است روش کلی الگوریتم‌های کشف تقلب و به طور کلی بسیاری از مسائل بینایی ماشین ابتدا استخراج ویژگی از تصویر یا ویدیوی ورودی است و سپس طبقه‌بندی ویژگی‌های بهدست آمده است. استخراج ویژگی نقش مهمی در دقت طبقه‌بندی خواهد داشت. یک استخراج ویژگی، یک تابع از تصویر ورودی به یک بردار است و زمانی استخراج ویژگی به درستی انجام گرفته است که بردار خروجی شامل اطلاعات اساسی و مهم برای طبقه‌بندی صحیح باشد.

تفاوت عمدی الگوریتم‌های کلاسیک و یادگیری عمیق در قسمت استخراج ویژگی است. بدین صورت که در روش‌های کلاسیک، ویژگی‌ها با استفاده از یک روش ایستا انتخاب می‌شوند ولی در روش‌های شبکه عصبی عمیق با استفاده از بهینه‌سازی یک تابع هزینه، روی داده‌های آموزش، استخراج ویژگی‌های مدنظر یاد گرفته می‌شوند.



شکل ۱.۲: ساختار کلی الگوریتم‌های کشف تقلب در چهره

در روش‌های کلاسیک، با استفاده از الگوریتم‌های بینایی ماشین، سعی در یافتن یک مؤلفه‌ی مفید از تصویر است که به یافتن علائم مربوط به تقلب در تصویر کمک کند. روش‌های کلاسیک به دو دسته سخت‌افزاری و نرم‌افزاری تقسیم می‌شوند. [۲۰]

در روش‌های سخت‌افزاری یا از یک سخت‌افزار خاص استفاده می‌شود، یا از یک تعامل فیزیکی با کاربر نظری چشمک زدن و یا پاسخ به یک چالش استفاده می‌گردد. در حالت استفاده از سخت‌افزار خاص، یک دوربین حرارتی یا چند طیفی به کار برده می‌شود. در این حالت تمایز بین تصویر صورت واقعی و یک کاغذ از طریق بررسی طیف نوری یا حرارت مشخص می‌گردد. در حالت‌های دیگر از کاربر خواسته می‌شود یک سری کلمات را ادا کرده‌یا با دست خود حرکت خاصی را انجام دهد. لازم به ذکر است که در روش‌های سخت‌افزاری، قسمت نرم‌افزار حذف نمی‌شود و پردازش‌ها به صورت خاص متناسب با سخت‌افزار در خواهند آمد. این بدین معنی است که استفاده از سخت‌افزار، طراحی الگوریتم را حذف نخواهد کرد، بلکه نوع الگوریتم، خاص منظوره بر اساس سخت‌افزار مورد استفاده خواهد شد. مشکل روش‌های سخت‌افزاری این است که هزینه اضافی دارد و تعامل بیشتر کاربر با سیستم را تحمیل می‌کند. تعامل بیشتر، زمان احراز هویت را طولانی‌تر می‌کند که مطلوب نیست.

در روش‌های نرم‌افزاری از سخت‌افزار اضافه‌ای استفاده نمی‌شود؛ و تنها از همان دوربین معمولی، تصویربرداری صورت می‌گیرد؛ اما از یک الگوریتم هوشمند بر پایه‌ی بینایی ماشین استفاده خواهد شد. روش‌های نرم‌افزاری به دو دسته ایستان و پویا تقسیم می‌شود. در روش‌های ایستان، پردازش تنها روی یک فریم تصویر انجام می‌شود و تقلب را با اطلاعات تک تصویر بررسی می‌کند؛ هر چند که این روش‌ها را در دنباله ویدیویی نیز می‌توان به کار برد و روی هر فریم، این پردازش صورت بگیرد. این روش‌ها هزینه محاسباتی کمتری در مقایسه با روش‌های پویا دارند. روش‌های ایستان به سه دسته تحلیل ریزبافت ۱، تحلیل فرکانس و روش ترکیبی تقسیم می‌شود. در تحلیل ریزبافت از الگوهای بافت تصویر استفاده می‌شود. این الگوهای مقیاس ذره بینی بررسی می‌گردند. معروف‌ترین عملگر برای این تحلیل عملگر الگوهای دودویی محلی ۲ (LBP) است که با جزئیات در ادامه توضیح خواهد داده شد. در روش تحلیل فرکانسی بر اساس تبدیل فوریه و تحلیل مولفه‌های فرکانسی صورت می‌گیرد و شامل

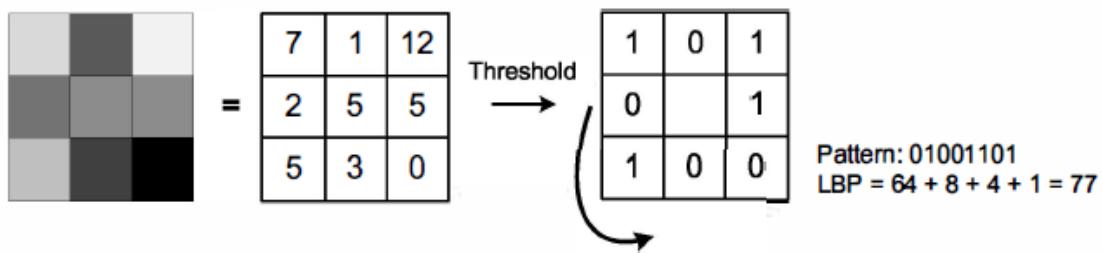
استفاده از فیلتر تفاضلی گوسی و تبدیل کسینوسی می‌شود. در روش‌های پویا از اطلاعات فریم‌های متوالی نیز در کنار هم استفاده می‌شود و برای تحلیل، وابستگی فریم‌های متوالی بررسی می‌شود. در مقایسه با روش‌های ایستان زمان پردازش بیشتری دارند اما دقت بهتری را ارائه می‌کنند. روش‌های پویا به سه دسته تحلیل حرکت، تحلیل بافت و روش‌های ترکیبی تقسیم می‌شود. در روش پویا از حرکت عضلات صورت به‌وسیله حرکت سر، دهان و چشم بهره برده می‌شود. الگوریتم‌های مورد استفاده در این در بیشتر موارد بر مبنای الگوریتم optical flow است. همچنین روش‌های جداسازی صورت از پس‌زمینه و اطلاعات فرکانسی متحرک نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از تغییرات بافت در بین فریم‌های متوالی استفاده می‌شود.

۲.۲ تحلیل ریز بافت و عملگر LBP

در میان روش‌های نرم‌افزاری ذکر شده، تحلیل ریزبافت در این پایان‌نامه اهمیت بسزایی دارد. یکی از تفاوت‌های بین تصویر واقعی و تقلیلی در بررسی بافت اجزای صورت در مقیاس ذره‌بینی ۱ است. در این مقیاس اثر دانه‌ای چاپ تصویر روی کاغذ منجر به تفاوت با بافت طبیعی چهره انسان نمایان می‌شود. همچنین صورت انسان در مقایسه با تصویر نمایش داده شده روی نمایشگر دیجیتال از نظر بافت پیکسلی متفاوت خواهد بود. همچنین صورت واقعی در مقایسه با تصویر چاپ شده یا نشان داده شده روی نمایشگر دیجیتال از نظر انعکاس نور و بازتاب و تشکیل سایه تفاوت دارد. علاوه بر این‌ها تصاویر تقلیلی در مجموع کمی تاری در کیفیت خود دارند. از این رو مسئله کشف تقلب، شباهت‌هایی با مسائل تحلیل کیفیت تصاویر و نهان‌کاوی دارد.

در [۲] برای اولین بار از عملگر الگوهای دودویی محلی یا به اختصار LBP در حوزه کشف تقلب در چهره استفاده شده است. این عملگر از تعریف بافت از در یک همسایگی در مقیاس محلی الهام گرفته است و یک توصیف‌گر قوی بافت است. به‌منظور آشنایی اولیه، این عملگر ابتدا در یک پنجره سه در سه تعریف می‌شود و سپس رابطه محاسبه آن به صورت کلی تعریف می‌شود. در شکل ۲.۲ مثالی از محاسبه این عملگر در پنجره سه در سه نشان داده شده است. ابتدا پیکسل‌های کناری با پیکسل میانی مقایسه می‌شوند، سپس بر مبنای بزرگ‌تر یا کوچک‌تر بودن مقادیر از پیکسل میانی مقدار یک یا صفر به آنها اختصاص داده می‌شود و سپس این دنباله دودویی در یک جهت دایره‌ای خوانده و یک عدد هشت بیتی می‌دهد. در پنجره سه در سه ۸ پیکسل مجاور موجود هست و تعداد حالت‌هایی که خروجی عملگر می‌تواند داشته باشد برابر با $2^8 = 256$ است.

تعریف رسمی این عملگر به صورت کلی برای شعاع R و تعداد نقاط نمونه برداری P در محیط دایره به صورت



شکل ۲.۲: مثالی از محاسبه LBP

رابطه ۱.۲ است.

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(I_p - I_c) 2^p \quad (1.2)$$

که در آن $s(\cdot)$ یک تابع غیر خطی است.

$$s(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

این رابطه بیان می‌کند برای محاسبه ریزبافت هر پیکسل در هر نقطه ابتدا یک دایره به شعاع R در نظر گرفته و روی محیط آن P نقطه به فواصل مساوی باید انتخاب شود. در صورتی که برخی نقاط انتخاب شده روی پیکسل خاصی قرار نگیرد باید با استفاده از درون‌بابی دو خطی^۱، مقدار پیکسلی به آن تخصیص داده شود. سپس مقدار این پیکسل‌های روی دایره با پیکسل مرکز دایره مقایسه شده و دنباله دودویی ایجاد می‌گردد. این عمل بدین صورت ادامه می‌یابد که مرکز دایره لغزانده شده و هر بار برای هر پیکسل تصویر ورودی، مقدار LBP محاسبه می‌گردد.

یکی از ویژگی‌های مهم این عملگر، مقاوم بودن در برابر تغییرات یکسان پیکسل‌های تصویر ورودی است. فرض کنید تمامی پیکسل‌ها در یک عدد ثابت ضرب شده یا با یک مقدار ثابت جمع شوند در این صورت به علت اینکه خروجی تابع غیرخطی تغییر نخواهد کرد مقدار نهایی خروجی LBP تغییری نمی‌کند. همچنین این عملگر بار محاسباتی کمی دارد پس سریع است. تفاضل گیری و اعمال تابع غیر خطی^(۱) ساده است و اعمال ضرب

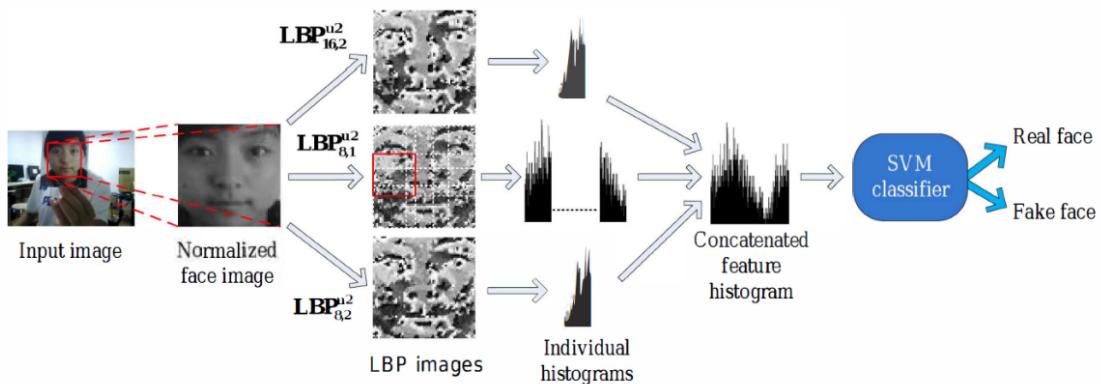
2^p به کمک شیفت، قابل انجام است.

$$I \rightarrow \alpha I \rightarrow s(\alpha I_p - \alpha I_c) = s(I_p - I_c) \quad (2.2)$$

$$I \rightarrow I + \beta \rightarrow s((I_p + \beta) - (I_c + \beta)) = s(I_p - I_c) \quad (3.2)$$

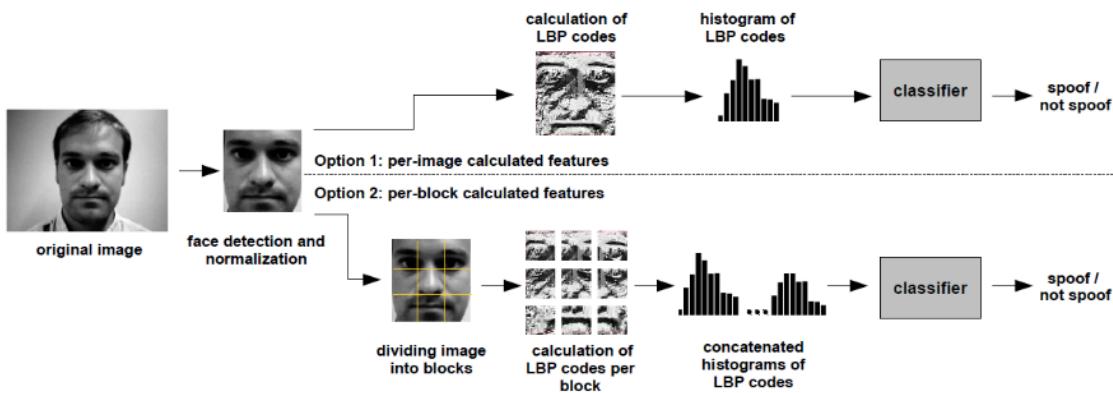
یک نسخه تکامل یافته از LBP نسخه‌ی یکنواخت این عملگر است که با نشان داده می‌شود. این عملگر از این روش معرفی شده است که برخی از الگوهای دودویی بیشتر از سایرین در تصویر متداول‌اند. یک LBP را یکنواخت گویند اگر حداقل دو تغییر از صفر به یک یا برعکس در نمایش دودویی آن به صورت چرخشی وجود داشته باشد. برای محاسبه برچسب خروجی در حالت یکنواخت، هر الگوی یکنواخت با یک مقدار مجزا نشان داده می‌شود و تمامی حالت‌های غیر یکنواخت به یک مقدار متناظر می‌شوند.

هر خروجی LBP می‌تواند نمایانگر وجود یک نوع الگوی ریزبافت باشد. برای مثال یک LBP با مقدار خاص می‌تواند نشانگر نقطه، گوش، مسطح و... باشد. پس فراوانی این الگوها در تصویر اهمیت دارد. پس از محاسبه LBP به ازای هر پیکسل تصویر، هیستوگرام آن محاسبه می‌شود و از طریق توزیع فراوانی الگوهای ریزبافت‌های متفاوت موجود در تصویر، در مورد واقعی یا غیر واقعی بودن آن تصمیم‌گیری می‌شود.



شکل ۳.۲: روش تصمیم‌گیری بر اساس استفاده از LBP [۲]

روش محاسبه و تصمیم‌گیری ارائه شده در [۲] در مورد واقعی یا تقلیلی بودن تصویر چهره با استفاده از تحلیل ریزبافت به صورت شکل ۳.۲ است. ابتدا با استفاده از الگوریتم تشخیص چهره، مختصات صورت انتخاب شده و مقادیر پیکسلی چهره به صورت نرمالیزه می‌شود. سپس عملگر LBP با شعاع‌های متفاوت اعمال شده و هیستوگرام آنها محاسبه می‌شود، سپس این هیستوگرام‌ها کنار هم گذاشته می‌شود و با الگوریتم SVM طبقه‌بندی



شکل ۴.۲: روش تحلیل ریزبافت در نواحی مختلف تصویر [۳]

صورت می‌گیرد.

در [۳] بر خلاف روش قبلی تنها از عملگر LBP یکنواخت در پنجره سه در سه به صورت نرمالیزه شده استفاده شده است و از عملگر LBP با شعاع‌های متعدد [۲] استفاده نشده است. همچنین در [۳] به این نکته پرداخته شده است که باید به ریزبافت در نواحی مختلف صورت توجه داشت و توزیع فراوانی ریزبافتها را نباید صرفاً در کل ناحیه صورت بررسی کرد. در این روش در یک حالت هیستوگرام LBP صورت در کل تصویر محاسبه می‌شود؛ در حالت دیگر ناحیه صورت به ۹ ناحیه تقسیم شده و در هر کدام به صورت جداگانه هیستوگرام LBP محاسبه می‌شود و این هیستوگرام‌ها در کنار هم قرار داده می‌شود. سپس هیستوگرام‌ها به عنوان یک بردار ویژگی به طبقه‌بند داده می‌شود. در این روش توزیع هر تصویر با توزیع هیستوگرام تصویر چهره واقعی مقایسه می‌شود این مقایسه به روش comparison histogram X ۲ انجام می‌گیرد.

دو روش گفته شده از LBP به صورت ایستا استفاده کرده‌اند. یعنی ورودی سیستم تنها یک تصویر از چهره فرد است. از آنجا که اطلاعات بین فریم‌ها یعنی تحلیل یک دنباله ویدیویی، می‌تواند به دقت تشخیص کمک کند، پریریا و همکاران عملگر LBP را در فضای سه بعدی گسترش داده‌اند تا از اطلاعات بافت در حوزه مکانی تصویر و حوزه زمانی بین فریم‌های متوالی در تصمیم‌گیری استفاده شود [۲۱].

۳.۲ روش‌های مبتنی بر یادگیری عمیق

در عملگر LBP انتخاب ویژگی به صورت دستی انجام می‌گیرد. انگیزه انتخاب ویژگی به صورت هوشمند موجب استفاده از روش‌های یادگیری عمیق برای این کار شده است. ایده استفاده از یادگیری عمیق در حوزه کشف

تقلب در تشخیص چهره برای اولین بار توسط ینگ و همکاران مطرح شد [۲۲]. روش ارائه شده در این کار بدين صورت است که ابتدا صورت تشخیص داده می شود و پنجره انتخاب شده برای صورت، به گونه ای در مقیاس های مختلف بزرگ می شود که شامل پس زمینه صورت نیز باشد. چرا که اطلاعات پس زمینه نیز می تواند به کشف تقلب کمک کند. سپس این تصاویر به یک شبکه ALEXNET [۲۳] داده می شود و این شبکه کانولوشن ویژگی های مدل نظر را استخراج می کند و در انتهای به وسیله SVM طبقه بندی صورت می گیرد. با اینکه این کار در سال ۲۰۱۴ انجام شده است، اما کاشف به عمل آمده است که استفاده خام از شبکه عصبی عمیق به تنها یعنی نمی تواند به دقت مطلوب برسد. به همین دلیل تاکنون پژوهش ها در این حوزه ادامه داشته است و ایده های مختلفی برای بهبود عملکرد و افزایش دقت طبقه بندی مطرح شده است.

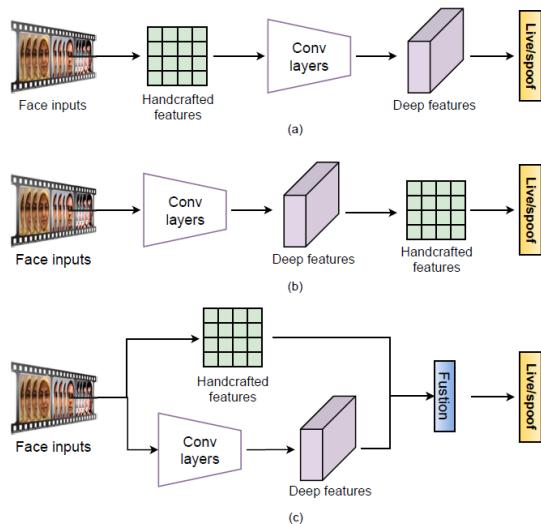
روش گفته شده روی یک فریم کار می کند. برای بهره بردن از اطلاعات بین فریم های مختلف استفاده از کانولوشن سه بعدی پیشنهاد شده است [۲۴، ۲۵]. شیوه دیگر برای کمک گرفتن اطلاعات فریم های متوالی استفاده از ساختار LSTM [۲۶] پس از شبکه کانولوشن است که کارهای [۲۷، ۲۸] از این ساختار استفاده کرده اند.

۱.۳.۲ ترکیب روش های یادگیری عمیق و ویژگی های دستی

یک ایده برای افزایش دقت شبکه عصبی پیشنهاد ترکیب ویژگی های لایه های کانولوشن با ویژگی های دستی ۱ است. نمای کلی حالت مختلفی که می توان برای این کار، ساختار ارائه کردد در شکل ۵.۲ نشان داده شده است [۴] حالت های مختلف این روش بدين صورت است که می توان ابتدا ویژگی دستی را استخراج کرد و این ویژگی ها را به یک شبکه عمیق داد. یا می توان ابتدا از شبکه عمیق برای استخراج ویژگی استفاده کرد و سپس روی ویژگی های عمیق به دست آمده از روش های استخراج ویژگی دستی استفاده کرد یا آنکه ویژگی های عمیق و ویژگی های دستی را با هم ادغام کرده و سپس به طبقه بند داده شود.

برای مثال فنگ و همکاران [۲۹] پیشنهاد داده اند که از شبکه ای از قبل آموخته داده شده استفاده شود. بدين صورت که از شبکه VGG-face [۳۰] که برای تشخیص چهره، روی حجم زیادی داده آموخته داده شده است، استفاده می شود و این شبکه روی داده های مربوط به کشف تقلب، تنظیم دقیق ۱ می گردد. در مرحله بعد از وزن های بهبود یافته استفاده می شود و تصاویر نمونه به شبکه داده می شود و سپس مقادیر لایه های میانی شبکه، به صورت ماتریسی روی هم قرار داده می شوند و میانگین گرفته می شود سپس مقادیری که مقدار زیادی دارند نگه داشته می شوند و بعد آن ها با الگوریتم PCA کاهش داده می شود. سپس ماتریس کاهش بعد داده شده به یک طبقه بند SVM داده می شود و تصمیم گیری انجام می شود.

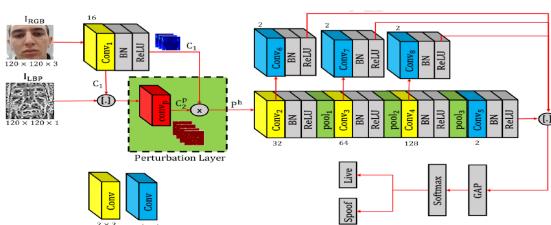
لی و همکاران ابتدا یک شبکه عصبی VGG-face را روی داده های مربوط به تشخیص تقلب تنظیم دقیق



شکل ۵.۲: حالت های مختلف ترکیب ویژگی های دستی و ویژگی های یادگیری عمیق [۴]

کرده اند و سپس روی کانال های مختلف در لایه های شبکه، عملگر LBP را اعمال کرده اند. با گرفتن هیستوگرام روی آن از SVM برای طبقه بندی استفاده کرده اند [۳۱]. رحمان و همکاران روی تصویر ورودی عملگر LBP زده اند و با ترکیب ویژگی های لایه اول کانولوشن و خروجی LBP را به ادame شبکه عصبی داده اند [۵]. این ایده در شکل ۶.۲ نشان داده شده است.

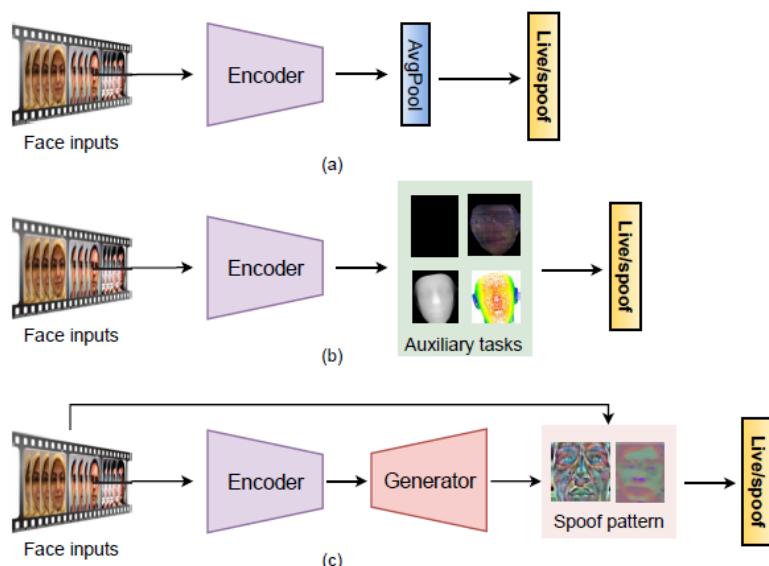
روش های ترکیبی بین ویژگی های دستی و ویژگی های یادگیری عمیق دارای یک قسمت ایستا هستند که حین آموزش شبکه تغییری نخواهند کرد. برای روش های مبتنی بر شبکه عصبی مطلوب این است که تمامی قسمت های شبکه به صورت انتها به انتها یاد گرفته شود.



شکل ۶.۲: روش ترکیب LBP و کانولوشن [۵]

۲.۳.۲ استفاده از تخمین سیگنال کمکی

در روش‌های بیان شده روال آموزش شبکه عصبی بهینه کردن تابع هزینه آتروپی متقطع دودویی^۱ است. با این رویکرد که در انتهای شبکه یک نورون برای تصمیم‌گیری وجود دارد و تابع هزینه روی این نورون اعمال می‌شود. مشکل این روش این است که شبکه ممکن است ویژگی‌های غیر مطلوبی را پیدا کند که هر چند در جداسازی داده‌های آموزش مفید است اما ممکن است مشابه این ویژگی‌ها در داده‌های آزمون وجود نداشته باشد. این مشکل با عنوان بیش‌برازش^۲ در علم یادگیری ماشین شناخته می‌شود.

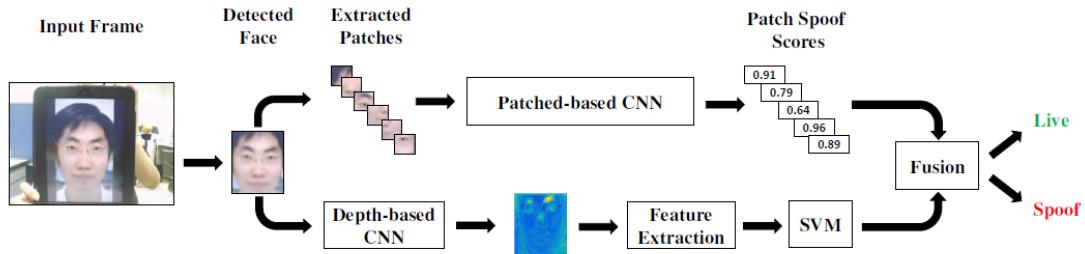


شکل ۷.۲: روش‌های مختلف یادگیری عمیق در حوزه‌ی کشف تقلب چهره [۴]

برای مثال ممکن است شبکه در حین آموزش به قاب صفحه نمایشی که برای حمله استفاده شده است توجه کند، اما در داده‌های آزمون مشابه این قاب وجود نداشته باشد. بدین منظور تلاش محققان برای یافتن ویژگی‌های خوش‌ساخت^۱ به ایده نظارت کمکی^۲ رسانده است [۷]. در روش‌های نظارت کمکی سعی می‌شود از تخمین یک مورد کمکی برای استنتاج تقلبی یا واقعی بودن چهره استفاده شود. یکی از موارد مهم کمکی در این حوزه تخمین عمق صورت است.

به طور کلی روش دقیق برای محاسبه عمق، استفاده از دوربین مخصوص است که برای هر پیکسل مقدار متناظر با عمق آن پیکسل را نیز بدهد. همچنین با استفاده از روش‌های سه‌بعدی‌سازی و استفاده از حداقل دو دوربین، بازسازی مدل سه‌بعدی امکان پذیر است. اما در کشف تقلب در حالت نرم‌افزاری مطلوب این است که این کار به وسیله‌ی تنها یک دوربین ساده انجام شود. لذا در این حالت تنها می‌توان تخمینی از عمق را داشت. استفاده از عمق از این شهود‌گرفته شده است که مغز انسان چهره واقعی را دارای عمق می‌بیند، برای مثال بینی

نزدیک‌تر از گونه‌ها است، اما چهره تقلیبی که روی صفحه نمایش یا کاغذ چاپ شده قرار دارد دارای عمقی مسطح است. در روش‌هایی که از عمق به عنوان یک سیگنال کمکی استفاده کرده‌اند، پیش از آموزش شبکه کشف تقلب، از یک شبکه تخمین عمق مثل PRNet [۳۲] استفاده می‌شود. و عمق به دست آمده را بین صفر و یک نرمالایز می‌شود. برای تصاویر واقعی این تصویر به عنوان عمق ذخیره شده و برای تصاویر تقلیبی، عمق مسطح صفر در نظر گرفته می‌شود. اکنون از این برچسب عمق برای آموزش ساختار شبکه عصبی توسعه داده شده استفاده می‌شود [۶، ۷، ۱۴، ۳۳].

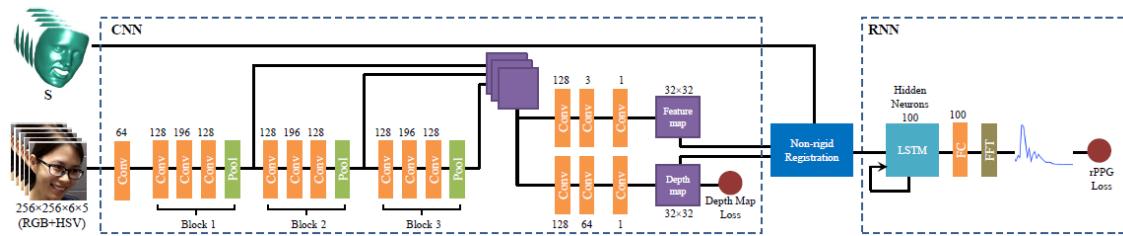


شکل ۸.۲: استفاده از عمق برای کشف تقلب در چهره [۶]

اتوم و همکاران [۶] برای اولین بار در این حوزه از عمق به عنوان سیگنال کمکی استفاده کرده‌اند. روش ارائه شده بدین صورت است که ابتدا از تصویر ورودی، صورت تشخیص داده شده و تصویر صورت به دو شبکه داده می‌شود. در مسیر بالایی شکل ۸.۲ قسمت‌های مختلف صورت به صورت تصادفی انتخاب شده و به یک شبکه عصبی کانولوشنی داده می‌شود و در مسیر پایین از طریق یک شبکه عصبی، عمق تصویر تخمین زده می‌شود. سپس اطلاعات دو مسیر با یکدیگر ترکیب شده و در مورد واقعی یا غیرواقعی یا غیرواقعی بودن تصویر تصمیم‌گیری می‌شود. همچنین لیو و همکاران [۷] علاوه بر استفاده از سیگنال کمکی عمق از تخمین سیگنال rPPG در طول فریم‌های متوالی به عنوان سیگنال حیات چهره بهره برده‌اند. در قسمت عمق مشابه [۶] ابتدا برچسب عمق واقعی برای چهره زنده و عمق صفر برای چهره تقلیبی تخمین زده شده و از تابع هزینه رابطه ۴.۲ برای بهینه سازی شبکه استفاده می‌شود. که در آن عمق متناظر با تصویر است.

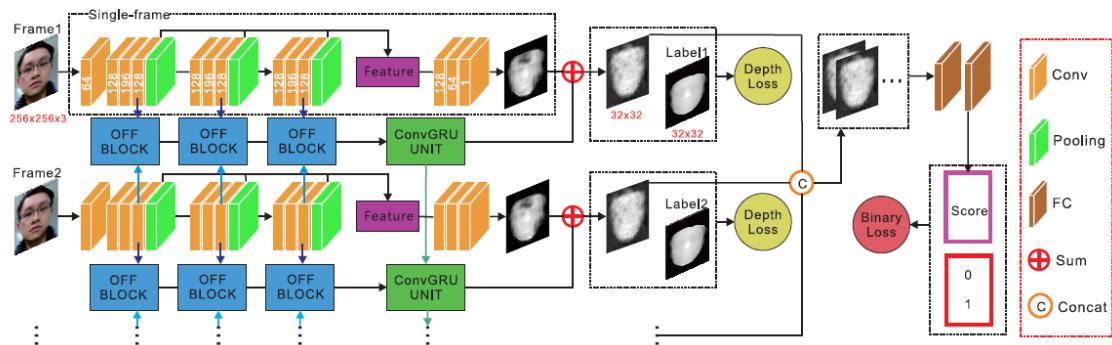
$$\Theta_D = \arg \min_{\Theta} \sum_{i=1}^{N_d} \|CNN_D(I_i; \Theta) - D_i\|_1^2 \quad (4.2)$$

همچنین ونگ و همکاران [۸] ساختاری را به کمک optical flow روی ویژگی‌های شبکه عصبی برای تخمین



شکل ۹.۲: روش استفاده از عمق و تخمین [۷] rPPG

عمق توسعه داده‌اند، به‌گونه‌ای که اطلاعات حرکتی بین فریم‌های متوالی نیز در نظر گرفته می‌شود. همچنین از ترکیب ساختار GRU [۳۴] با کانولوشن بلوکی به نام ConvGRU معرفی کردند که در آن در رابطه GRU به جای ضرب‌های ماتریسی از عملگر کانولوشن استفاده شده است و کاربرد آن توجه به ویژگی‌های بلند مدت در میان فریم‌های متوالی ورودی است.



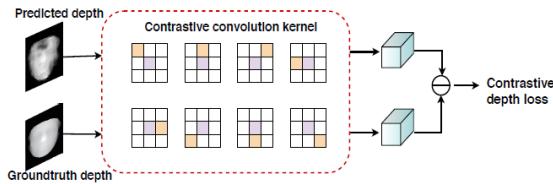
شکل ۱۰.۲: استفاده از ویژگی‌های عمیق در طول زمان [۸]

در استفاده از سیگنال کمکی عمق در شبکه نه تنها مقدار عمق می‌تواند مهم باشد بلکه پیوستگی عمق بین پیکسل‌های مجاور نیز اهمیت دارد. بدین منظورتابع هزینه CDL برای در نظر گرفتن این پیوستگی عمق در پیکسل‌های مجاور توسعه داده شده است [۸، ۳۳] در تابع هزینه CDL به جای محاسبه فاصله اقلیدسی عمق تخمینی و برچسب عمق به صورت پیکسل به پیکسل مشابه رابطه ۵.۲، از تفاوت عمق بین پیکسل‌های مجاور نیز استفاده می‌شود.

$$L_{CDL} = \sum_i ||K_i^{CDL} \odot D_P - K_i^{CDL} \odot D_G|| \quad (5.2)$$

که در آن D_P عمق تخمین زده شده توسط شبکه و D_G عمق برچسب واقعی است و K_i^{CDL} هسته‌های کانولوشن

دارای ۰ و ۱- هستند که در شکل ۱۱.۲ نشان داده شده است. و نشانگر عملگر کانولوشن است. در شکل ۱۱.۲ مربع پنفی متناظر با عدد ۱- و مربع زرد متناظر با عدد ۰ مربوط به سفید عدد ۰ را در هسته نشان می‌دهند. یو



شکل ۱۱.۲: نحوه محاسبه تابع هزینه CDL

و همکاران [۹] ساختاری تغییر یافته از شبکه‌های کانولوشنی با تأکید بر پیکسل مرکزی پنجره کانولوشن توسعه داده‌اند که در شکل ۱۲.۲ نشان داده شده است. این ساختار با الهام از LBP ایجاد شده است، به‌گونه‌ای که در هر بار انجام عملگر کانولوشن، پیکسل مرکزی از پیکسل‌های مجاور کم خواهد شد. که رابطه ۶.۲ این عملگر را نشان می‌دهد.

$$y(p_0) = \sum_{p \in R} w(p_n). (x(p_0 + p_n) - x(p_0)) \quad (6.2)$$

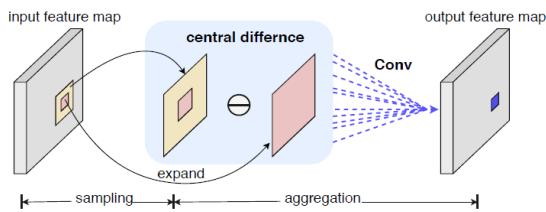
برای آنکه از خاصیت کانولوشن نیز استفاده شود ترکیب خطی رابطه ۶.۲ با رابطه کانولوشن حساب می‌گردد.

$$y(p_0) = \theta \sum_{p \in R} w(p_n). (x(p_0 + p_n) - x(p_0)) + (1 - \theta) \sum_{p \in R} w(p_n). (x(p_0 + p_n) \quad (7.2)$$

که در آن θ یک هایپر پارامتر است و قسمت اول رابطه ۷.۲ کانولوشن تفاضلی مرکزی و قسمت دوم کانولوشن کلاسیک است. این رابطه در نهایت به صورت رابطه ۸.۲ ساده می‌گردد.

$$y(p_0) = \sum_{p \in R} w(p_n). x(p_0 + p_n) + \theta (-x(p_0) \sum_{p \in R} w(p_n) \quad (8.2)$$

که همانطور که مشاهده می‌شود که همان کانولوشن کلاسیک خواهد بود که پیکسل مرکزی وزن متفاوتی نسب به کانولوشن کلاسیک خواهد داشت. از این ساختار برای تخمین سیگنال کمکی عمق با نظارت تابع هزینه CDL کمک استفاده می‌شود. همچنین برای یافتن اندازه‌ی شبکه از روش جستجوی معماری شبکه ۱ [۳۵] استفاده شده است.



شکل ۱۲.۲: عملگر کانولوشن تغییر یافته [۹]

در جستجوی معماری شبکه بر خلاف روش‌های کلاسیک که طراحی معماری شبکه با مهندسی و سعی و خطای انجام می‌شود، تلاش می‌شود معماری بهینه برای کاربرد مورد نظر به صورت خودکار با یادگیری تقویتی و مفاهیم یادگیری ماشین پیدا شود. در حوزه کشف تقلب علاوه بر [۳۵] کارهای [۳۶، ۳۷] متدهایی بر پایه این ابزار برای یافتن شبکه بهینه پیشنهاد داده‌اند.

لی و همکاران به جای تخمین عمق در یک صفحه دو بعدی، از ابر نقاط در فضای سه بعدی به عنوان سیگنال کمکی استفاده کرده‌اند و ساختاری به نام DPC-NET^۳ پیشنهاد کرده‌اند [۳۸].

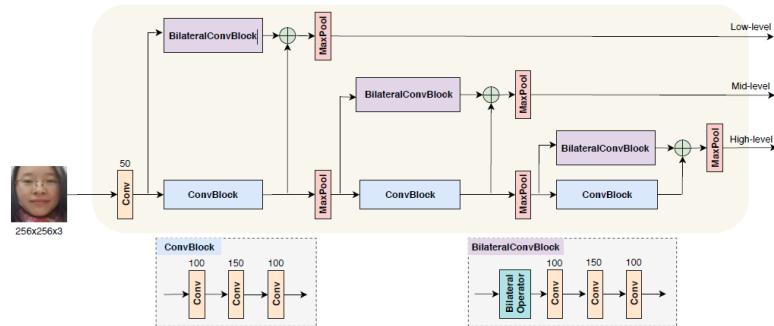
یو و همکاران [۱۰] مسئله تشخیص تقلب در چهره را یک مسئله تشخیص ماده فرض کرده‌اند. این فرض با توجه به این واقعیت استفاده شده است که جنس پوست صورت با جنس کاغذ چاپ شده و جنس صفحه‌ی نمایش متفاوت است. برای تشخیص جنس ماده با الهام از فیلتر bilateral روی ویژگی‌های شبکه عمیق از این فیلتر استفاده کرده‌اند. فیلتر bilateral میانگین وزن دار روی پیکسل‌های مجاور است که با افزایش فاصله تأثیر آن به صورتی تابعی گوسی کاسته می‌شود و روی هر پیکسل به مختصات p و تصویر I به صورت رابطه ۱۰.۲ تعریف می‌شود.

$$BiBase(I_p) = \frac{1}{k} \sum_{q \in I} g_{\sigma_s}(\|p - q\|) g_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) I_q \quad (۹.۲)$$

$$k = \sum_{q \in I} g_{\sigma_s}(\|p - q\|) g_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|)$$

که در آن $g_{\sigma}(x) = \exp(-\frac{x^2}{\sigma^2})$ تابع گوسی است. در این روش ساختار شبکه مشابه [۷] است ولی روی ویژگی‌های کانولوشن این فیلتر اعمال شده است.

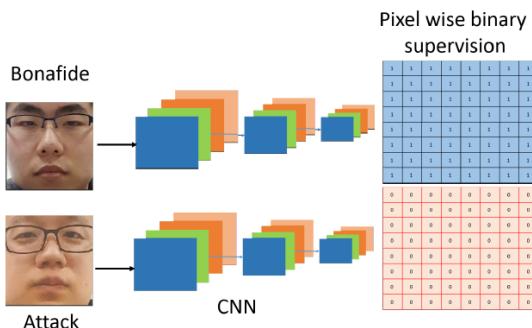
با وجود آن‌که سیگنال کمکی عمق در ادبیات موضوع به‌طور گسترده استفاده شده است اما پر هزینه است و نیاز به پردازش بیشتر برای تخمین عمق دارد. جدای از آن‌که عمق، یک سیگنال کامل برای تشخیص تقلب نیست و فرض مسطح در نظر گرفتن عمق در چهره‌های تقلیبی، فرض همیشه برقرار نیست. برای مثال فرض کنید مهاجم ابزار حمله مثل صفحه نمایش یا کاغذ چاپ شده را به صورت مایل قرار دهد در این صورت عمق به صورت



شکل ۱۳.۲: روش استفاده از فیلتر bilateral در شبکه عمیق [۱۰]

یکنواخت در همه جا صفر نخواهد بود.

جرج و مارسل روشنی را برای پیدا کردن ویژگی های خوش ساخت بدون استفاده از عمق پیشنهاد کرده اند [۱۱]. در این روش از چند لایه اول شبکه DENSNET [۳۹] برای نشان کردن تصویر ورودی به یک صفحه 14×14 استفاده کرده اند. و قرارداد کرده اند که برچسب واقعی به جای یک عدد صفر و یک، یک ماتریس دو بعدی به طول کامل صفر یا یک است و تابع هزینه آتروپی مقاطع دودویی را به جای یک نورون روی یک صفحه دو بعدی در نظر گرفته اند. با این روش دیگر نیازی به تخمین عمق نخواهد بود.



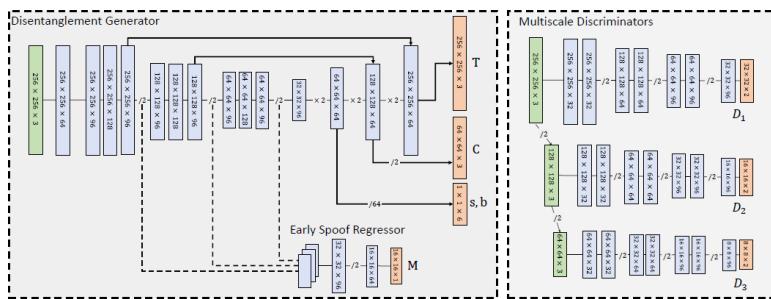
شکل ۱۴.۲: تابع هزینه BCE روی یک صفحه مسطح به جای یک نورون [۱۱]

۳.۳.۲ استفاده از شبکه های مولد تهاجمی و تابع هزینه های مختلف

مسئله کشف تقلب در تشخیص چهره بیشتر شبیه مسئله یافتن یک نویز خاص در تصویر است. ابزارهای حمله نظیر کاغذ چاپ شده و صفحه نمایش گر، بافت و تفکیک پذیری متفاوتی با بافت صورت انسان دارند. که این تفاوت جنس را می توان با یک نویز جمع شونده با تصویر چهره انسان زنده مدل کرد. جورابلو و همکاران

[۴۰] برای اولین بار مسئله کشف تقلب در چهره از شبکه‌های مولد تهاجمی ۱ (GAN) [۴۱] رای مدل کردن و یافتن نویز تصاویر تقلبی استفاده کردند. با تخمین نویز مربوط به کشف تقلب، قدرت استنتاج برای تقلبی بودن تصویر بیشتر خواهد شد.

از آنجا که نویز مربوط به تقلب می‌تواند در سطوح مختلف در تصویر وجود داشته باشد لیو و همکاران [۱۲] ساختاری بر پایه GAN که الگوهای تقلب در ابعاد مختلف تصویر را تخمین بزنند پیشنهاد داده‌اند. در این روش در شبکه مولد generator dismantlement ابعاد تصویر در لایه‌های اول کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد و از ویژگی‌های خروجی لایه‌ها با ابعاد مختلف به عنوان ویژگی‌های تقلب تولید شده استفاده می‌شود. در نهایت شبکه discriminator multiscale این ویژگی‌های تقلب در سطوح مختلف را به عنوان ورودی دریافت می‌کند و طی یک بازی رقابتی بین دو شبکه در GAN در نهایت ویژگی‌های تقلب بهتری تولید خواهد شد.



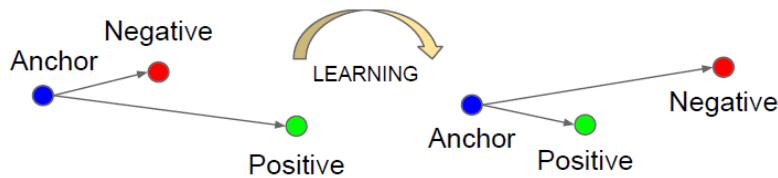
شکل ۱۵.۲: ساختار بر پایه استفاده از شبکه مولد برای تخمین علائم تقلب در سطوح مختلف [۱۲]

با وجود اینکه در دو پژوهش اخیر ذکر شده [۱۲، ۴۰] از شبکه مولد تهاجمی برای بهبود دقت در تست درون دیتاست استفاده شده است، توجه پژوهشگران به استفاده از GAN برای تعمیم‌پذیری مدل در دیتاست‌های مختلف جلب شده است [۱۵، ۱۴].

تعمیم‌پذیری مدل در دیتاست‌های مختلف بدین معناست که برای مثال از بین چهار دیتاست مختلف، سه دیتاست برای آموزش شبکه استفاده می‌گردد و مدل آموزش داده شده روی دیتاست چهارم آزمایش می‌شود. از آنجا که دیتاست‌های مختلف توزیع‌های متفاوتی دارند، رسیدن به دقت خوب در تست روی دیتاست دیده نشده (که توزیع لزوماً یکسانی با توزیع دیتاست‌هایی که برای آموزش استفاده شده است ندارد) یک چالش جدی در این حوزه است.

همچنین یک روش برای بهبود قابلیت تعمیم‌پذیری، استفاده از تابع هزینه سه‌گانه [۱۳] است. در تابع هزینه سه‌گانه هدف این است که استخراج ویژگی به نحوی انجام شود که فاصله ویژگی‌های نمونه‌های مربوط به یک کلاس کوچک و فاصله بین نمونه‌های مربوط به کلاس‌های مختلف زیاد شود.

فرض کنید خروجی شبکه استخراج ویژگی بردار باشد. در این صورت برای تشکیل تابع هزینه سه‌گانه لازم



شکل ۲: نحوه عملکردتابع هزینه سه‌گانه روی فاصله بردارهای ویژگی [۱۳]

است که از خروجی‌های شبکه استخراج ویژگی، یک بردار ویژگی لنگر ، یک بردار ویژگی با برچسب یکسان با لنگر و یک بردار ویژگی با برچسب متفاوت با لنگر انتخاب شود. تابع هزینه سه‌گانه به صورت رابطه؟؟ تعریف می‌شود. که در آن یک حاشیه از قبل تعریف شده است. تمام سه‌گانه‌هایی که فاصله درون کلاسی آنها از فاصله برون کلاسی بیشتر از مقدار است درون مجموع گیری قرار می‌گیرد. که در آن یک حاشیه از قبل تعریف شده است. تمام سه‌گانه‌هایی که فاصله درون کلاسی آنها از فاصله برون کلاسی بیشتر از مقدار است درون مجموع گیری قرار می‌گیرد.

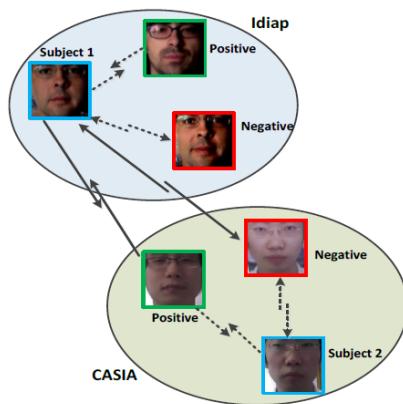
$$L_{trpi} = \sum_i [||f(x_i^a) - f(x_i^p)||_2^2 - ||f(x_i^a) - f(x_i^n)||_2^2 + \alpha]_+ \quad (10.2)$$

تابع هزینه سه‌گانه به صورت رابطه ۱۱.۲ نیز قابل بیان است. که در آن زمانی که فاصله درون کلاسی کوچکتر از فاصله برون کلاسی به میزان سطح آستانه باشد حاصل \max صفر خواهد بود و در محاسبات تابع هزینه نقش نخواهد داشت.

$$L_{trpi} = \sum_i \max(0, ||f(x_i^a) - f(x_i^p)||_2^2 - ||f(x_i^a) - f(x_i^n)||_2^2 + \alpha) \quad (11.2)$$

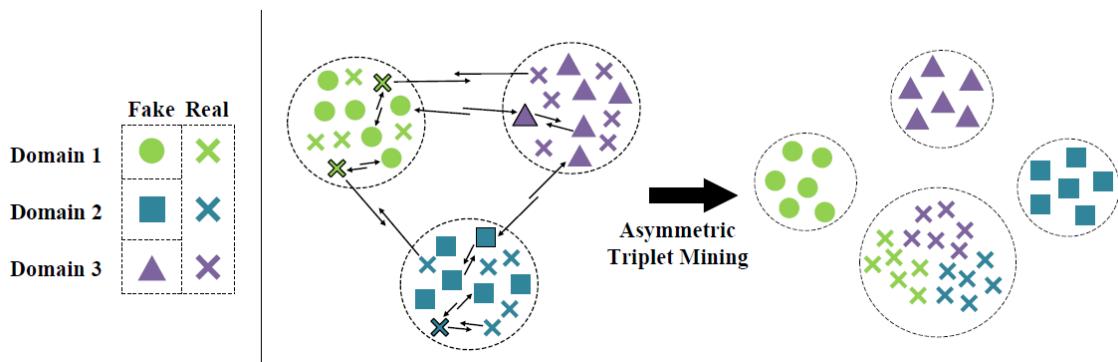
شائو و همکاران [۱۴] از ساختار GAN و ابزار کمکی تخمین عمق و تابع هزینه سه‌گانه برای بهبود تعمیم‌پذیری استفاده کرده‌اند. در این کار یک تابع هزینه بر مبنای تابع هزینه سه‌گانه توسعه داده شده است که فاصله بین نمونه‌ها با برچسب یکسان در دیتاست‌های مختلف را کوچک‌تر کند و فاصله نمونه‌ها با برچسب متفاوت در یک دیتاست را بیشتر کند. با این کار توزیع نمونه‌ها در دیتاست‌های مختلف با یک‌دیگر مترافق‌تر خواهد شد. در شکل؟؟ به کارگیری این تابع هزینه را در بین دو دیتاست مختلف نشان می‌دهد.

همچنین جیا و همکاران [۱۵] علاوه بر استفاده از GAN صورتی نامتقارنی از تابع هزینه سه‌گانه را پیشنهاد کرده‌اند. به گونه‌ای که نمونه‌های زنده در دیتاست‌های مختلف به یک‌دیگر نزدیک‌تر شوند و نمونه‌های تقلبی در



شکل ۱۷.۲: نحوه اثر تابع هزینه روی فاصله نمونه‌ها در دیتاست‌های مختلف [۱۴]

دیتاست‌های مختلف از یک دیگر دورتر شده و نمونه‌های واقعی از نمونه‌های تقلبی با فاصله باشند.



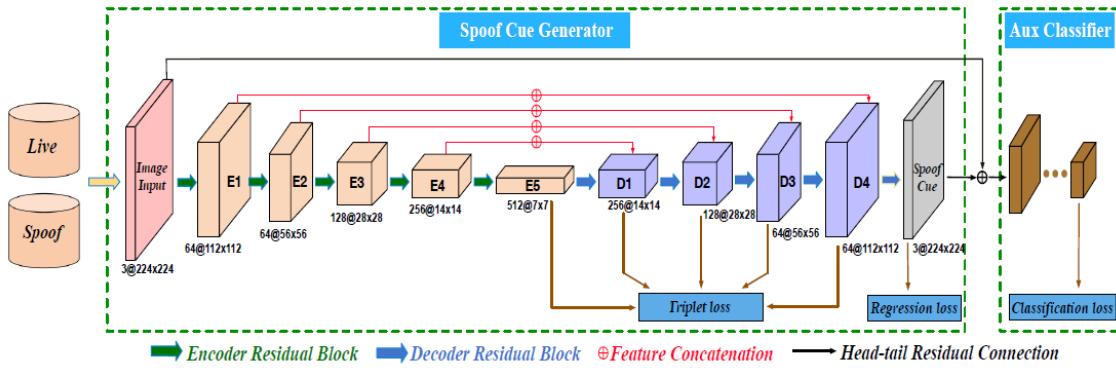
شکل ۱۸.۲: تابع هزینه نامتقارن برای کاهش فاصله نمونه‌های از یک کلاس [۱۵]

فنگ و همکاران [۱۶] یک ساختار U-Net [۴۲] به کار بردند و در میان لایه‌های آخر شبکه تولید کننده الگوهای تقلب از تابع هزینه سه‌گانه استفاده کردند و خروجی این شبکه U-Net را به یک شبکه طبقه بند کمکی داده‌اند.

پرزکابو و همکاران [۴۳] ابع هزینه سه‌گانه را در فضای نمایی به کار بردند که در رابطه ۱۲.۲ نشان داده شده است.

$$L_{tf} = \sum_i \max(0, e^{\frac{D_{a,p}}{\sigma}} - e^{\frac{D_{a,n}}{\sigma}} + \alpha) \quad (12.2)$$

که در آن $D_{a,p}$ فاصله درون‌کلاسی و $D_{a,n}$ فاصله برون‌کلاسی است و σ یک هایپر پارامتر است.

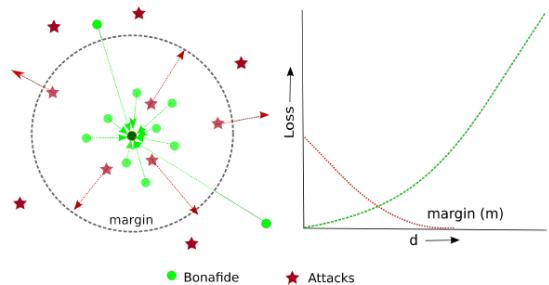


شکل ۱۹.۲: ساختار U-net و تابع هزینه سه‌گانه [۱۶]

جرج و مارسل [۱۷] تابع هزینه‌ای معرفی کرده‌اند که در فضای n بعدی بردارهای ویژگی، نمونه‌های زنده نزدیک به یک مرکز قرار بگیرند و نمونه‌های تقلبی با یک حاشیه از این مرکز فاصله داشته باشند. مرکز نمونه‌های واقعی در حین آموزش شبکه به روزرسانی می‌شود. فرض کنید مرکز نمونه‌های زنده با نشان داده شود و فاصله بردار ویژگی نمونه ۱ با مرکز با تعریف شود. در این صورت تابع هزینه تعریف شده به صورت رابطه ۱۳.۲ است.

$$L_{OCCL} = Y \frac{1}{2} DC_W^2 + (1 - Y) \frac{1}{2} \max(0, m - DC_W)^2 \quad (13.2)$$

که در آن Y برچسب واقعی داده است که برابر با یک است اگر نمونه واقعی باشد و صفر است اگر نمونه تقلبی باشد و m یک حاشیه از قبل تعریف شده است.



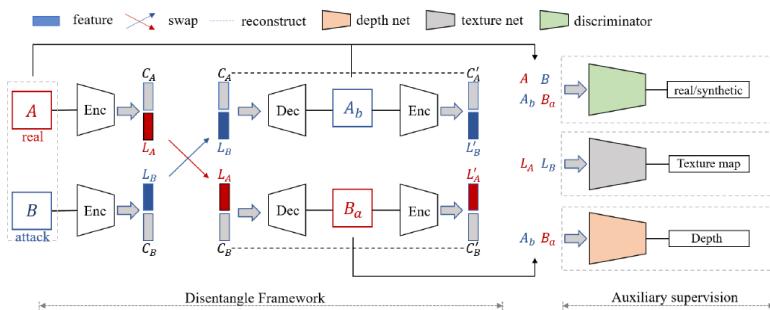
شکل ۲۰.۲: کاهش فاصله نمونه‌های واقعی تا مرکز و افزایش فاصله نمونه‌های تقلبی تا مرکز [۱۷]

تو و همکاران [۴۴] نیز شبکه VGG-face را به صورت همزمان با دو هدف شناسایی چهره و تشخیص تقلب آموختند و یک تابع هزینه معرفی کرده‌اند که هدف آن منظم‌سازی و جلوگیری از بیش برآذش شبکه است. در این تابع فاصله بین هر دو جفت نمونه داده‌ها مستقل از آنکه برچسب آنچه باشد کاهش داده می‌شود. تابع هزینه معرفی شده برای این هدف در رابطه ۱۴.۲ بیان شده است. که در آن تابع Φ نشان دهنده رابطه بین

ورودی تصویر و لایه یکی به آخر شبکه است و M تمام جفت نمونه‌های موجود در دسته آموزش است.

$$L_{tpc} = \sum_{i \neq j}^M \|\Phi(x_i) - \Phi(x_j)\| \quad (14.2)$$

ژنگ و همکاران [۱۸] علاوه بر تخمین عمق از تخمین LBP به عنوان سیگنال کمکی استفاده کرده‌اند که در کنار عمق ساختار LBP تصویر ورودی نیز تخمین زده شود. بدین ترتیب که برای تصاویر تقلبی خروجی LBP شبکه باید صفر باشد و برای تصاویر تصاویر واقعی خروجی قسمت LBP باید معادل LBP تصویر ورودی باشد. این شبکه دارای یک شبکه مولد با ساختار U-net و سه شبکه طبقه‌بند برای عمق و LBP و شبکه طبقه‌بندی بر اساس GAN برای تصویر واقعی و ساختگی است.



شکل ۲۱.۲: استفاده از LBP در کنار عمق برای یافتن ویژگی‌های خوش ساخت [۱۸]

ژو و همکاران [۴۵] روی ثبات فضای ویژگی در بین فریم‌های متوالی یک ویدئو تأکید کرده‌اند. در این کار به جای استفاده از الگوریتم‌های تشخیص چهره در هر فریم از الگوریتم دنبال‌کننده‌ی چهره استفاده کرده و چهره‌های تخمین زده شده در فریم‌های متوالی را به شبکه تشخیص تقلب داده‌اند. برای این شبکه تابع هزینه‌ای ارائه معرفی کرده‌اند که فاصله بین بردارهای ویژگی یک ویدئو در دیتابست را کوچک‌تر کند.

$$L_t = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m \max_{j \in v} \|x_i - x_j\|^2 \quad (15.2)$$

که در آن m اندازه دسته آموزش است و x_i, x_j بردارهای فضای ویژگی برای یک ویدئو است. همچنین برای ثبات بردارهای ویژگی در ویدیوهای مختلف، تابع هزینه‌ی دیگری پیشنهاد کرده‌اند که فاصله بین بردارهای ویژگی متعلق به یک برچسب واقعی را نیز کوچک‌تر کند.

$$L_t = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m \max y_{ij} \|x_i - x_j\|^2 \quad (16.2)$$

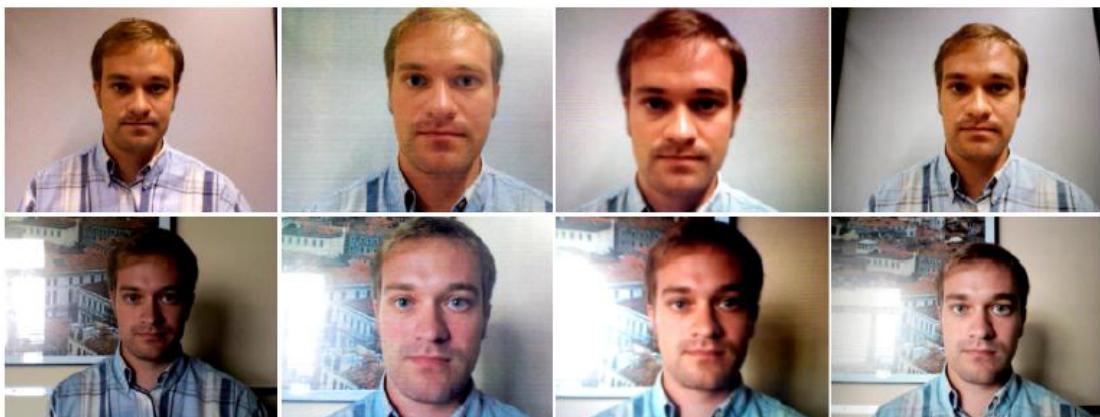
که در آن y_{ij} زمانی که دو بردار ویژگی متعلق به یک کلاس باشند برابر با صفر خواهد بود و در غیر این صورت صفر است.

۴.۲ دیتاست‌های مورد استفاده

مانند بسیاری از مسائل بینایی ماشین، دیتاست نقش حیاتی در توسعه الگوریتم و سنجش میزان دقیقت الگوریتم ایفا می‌کند. از آنجا که تمرکز این پایان‌نامه روی حملات کاغذ چاپ‌شده و بازپخش صفحه نمایش است، به معرفی دیتاست‌هایی که حاوی این نوع حملات هستند پرداخته می‌شود. حملات نظیر استفاده از ماسک، معمولاً برای قابل اجرا نیستند و هزینه بر هستند اما دو حمله گفته شده از نظر قابلیت اجرا ساده‌تر، کم هزینه و متداول‌تر هستند.

۱.۴.۲ Replay دیتاست

دیتاست Replay شامل ویدیوهای از ۵۰ شخص مختلف با نمونه‌های واقعی و تقلیبی است [۳] نمونه‌های واقعی در شرایط محیطی نوری کنترل شده با پس زمینه یکنواخت و شرایط محیطی با نور کنترل نشده با پس زمینه غیر یکنواخت گرفته شده‌اند. برای نمونه‌های تقلیبی از صفحه کاغذ چاپ‌شده، استفاده از تلفن همراه برای بازپخش ویدئو، و استفاده از تبلت iPad برای پخش ویدئو با کیفیت بالا استفاده شده است. همچنین نمونه‌های تقلیبی در دو حالت استفاده از یک پایه ثابت به منظور ثابت ماندن ابزار حمله و استفاده از دست که کمی لغزش خواهد داشت گرفته شده‌اند. رزولوشن تمامی نمونه‌ها واقعی و تقلیبی با فرمت QVGA یعنی $240*320$ پیکسل است. در ۲۲.۲ نمونه‌هایی از این دیتاست نشان داده شده است. در سطر بالایی نمونه‌ها در محیط کنترل شده از نظر نورپردازی و پس زمینه یکنواخت هستند، در حالی که تصاویر سطر پایینی نمونه‌ها دارای نورپردازی غیر کنترل شده و پس زمینه غیر یکنواخت هستند. تصاویر از سمت چپ به ترتیب تصاویر واقعی، استفاده از کاغذ چاپ‌شده، استفاده از تلفن همراه برای بازپخش و استفاده از تبلت برای بازپخش ویدئو هستند.



شکل ۲۲.۲: نمونه‌هایی از دیتاست Replay [۳]

۲۴.۲ دیتاست CASIA

در دیتاست CASIA نیز از ۵۰ شخص مختلف نمونه‌های واقعی و تقلبی گرفته شده است [۱۹]. همچنین تصویربرداری با سه نوع دوربین مختلف برای پوشش دادن حالت‌های مختلف در رزولوشن‌های مختلف انجام شده است. در این دیتاست حملات نوع کاغذ چاپ شده روی کاغذ گلاسه صورت گرفته است که کیفیت بالاتری نسبت به کاغذ معمولی دارد. همچنین برای حمله بازپخش از تبلت استفاده شده است. در نمونه‌های واقعی دیتاست از کاربر خواسته شده است که پلک و لب بزند تا ویدیوهای ضبط شده دارای اطلاعات حرکتی صورت باشند. در نمونه حمله‌های تقلبی قسمت چشم‌های صورت بریده شده است تا کاربر با پلک زدن بتواند در نمونه‌های تقلبی اطلاعات حرکت به ویدئو بدهد. همچنین در نمونه‌هایی که کاغذ بریده نشده است از کاربر خواسته شده که با حرکت دست کاغذ چاپ شده را حرکت بدهد. نمونه‌هایی از دیتاست CASIA در شکل ۲۳.۲ نشان داده شده است.



شکل ۲۳.۲: نمونه‌هایی از دیتاست CASIA [۱۹]

۳.۴.۲ دیتاست MSU

در دیتاست MSU [۴۶] از ۵۵ شخص تصویربرداری شده است که ویدیوهای متعلق به ۳۵ فرد در دسترس قرار داده شده است. برای تصویربرداری از دوربین لپتاپ و دوربین تلفن همراه استفاده شده است که دارای رزولوشن $480*480$ و $640*640$ هستند. استفاده از این نوع دوربین‌ها به منظور شبیه‌سازی سناریو احراز هویت از طریق تلفن همراه و لپتاپ انجام شده است. برای حمله بازپخش از صفحه نمایش تبلت و تلفن همراه استفاده شده است. همچنین برای حمله کاغذ چاپ شده از پرینتر با کیفیت استفاده شده است.



[۴۶] شکل ۲۴.۲: نمونه‌هایی از دیتاست MSU

۴.۴.۲ دیتاست OULU

در دیتاست OULU [۱] از ۵۵ شخص مختلف برای تصویربرداری نمونه‌های واقعی و تقلیبی استفاده شده است. تصویربرداری در سه نشست مختلف، با شش تلفن همراه جدید در زمان جمع‌آوری دیتاست استفاده شده است که باعث نوع در کیفیت تصویر و محیط پس‌زمینه شده است. برای حمله کاغذ چاپ شده از دو نوع چاپگر با کیفیت و برای حمله بازپخش از یک نمایشگر و صفحه نمایش لپتاپ استفاده است. ویدیوهای ضبط شده با کیفیت HD با رزولوشن $1920*1080$ گرفته شده است.

این دیتاست در مقایسه با دیتاست‌های قبلی تنوع بیشتر و کیفیت بالاتری دارد که باعث چالشی شدن دیتاست شده است. نمونه‌های واقعی در دیتاست OULU در شکل ۲۵.۲ نشان داده شده است و نمونه‌های حمله در شکل ۲۶.۲ نشان داده شده است که دو نمونه‌ی سمت چپ دو نوع حمله کاغذ چاپ شده و نمونه‌های سمت راست دو نوع حمله بازپخش را نشان می‌دهد.



شکل ۲۵.۲: نمونه‌های واقعی در دیتابست OULU [۱]



شکل ۲۶.۲: نمونه‌های تقلیبی در دیتابست OULU [۱]

همچنین در این دیتابست برای گزارش دقیق پروتکل مختلف به منظور ارزیابی قابلیت تعیین‌پذیری مدل ارائه شده در حالت‌های مختلف پیشنهاد شده است. پروتکل اول تنوع نشست را در دقت مدل بررسی می‌کند، بدین صورت که مدل باید روی داده‌های دو نشست از سه نشست آموزش بینند و ارزیابی روی نشست سوم خواهد بود. در پروتکل دوم روی یک نوع از حمله کاغذ چاپ شده و یک نوع حمله‌ی بازپخش آموزش انجام می‌شود و در ارزیابی از نوع دیگر حمله باز پخش و کاغذ چاپ شده استفاده می‌شود تا تعیین‌پذیری مدل روی حمله از ابزار دیده نشده بررسی شود. در پروتکل سوم روی ۵ نوع دوربین تلفن همراه از شش نوع آموزش انجام می‌شود و روی نوع ششم ارزیابی صورت می‌گیرد که این حالت برای بررسی قابلیت تعیین‌پذیری روی نوع سنسور تصویر برداری دیده نشده انجام می‌گردد. پروتکل چهارم هر سه نوع پروتکل قبلی در هم ادغام می‌شوند تا اثر تنوع نشست، تنوع دوربین و تنوع نوع حمله ملاحظه شود.

۵.۴.۲ دیتاست SIW

در دیتاست SIW [۷] از ۱۶۵ شخص مختلف برای تصویربرداری استفاده شده است. برای تصویربرداری از دونوع دوربین با کیفیت استفاده شده است. در نمونه‌های واقعی تصویربرداری با فواصل مختلف دوربین تا کاربر انجام شده است تا تنوع فاصله کاربر با دوربین را پوشش دهد. همچنین از کاربر خواسته شده است که حالات مختلف چهره را به خود بگیرد و صورت خود را حرکت بدهد. این موجب تنوع در زاویه چهره نسب به دوربین و تنوع حالات چهره شده است. همچنین شرایط نورپردازی مختلف در این دیتاست دیده شده است. از دونوع چاپگر برای حمله کاغذ چاپ شده استفاده شده است و از کاربر خواسته شده است که در دو حالت کاغذ را ثابت نگه دارد و آن را حرکت بدهد. همچنین از تبلت و دو نوع گوشی و صفحه نمایش‌گر رایانه برای حمله بازپخش استفاده شده است. نمونه‌های این دیتاست در شکل ۲۷.۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲۷.۲: نمونه‌های از دیتاست SIW [۷]

این دیتاست دارای سه نوع پروتکل مختلف برای ارزیابی است. در پروتکل اول تنها از ۶۰ فریم اول هر ویدئو برای آموزش استفاده می‌شود و از تمامی فریم‌های ویدیوهای تست برای ارزیابی استفاده می‌شود. از آنجا که در فریم‌های ابتدایی ویدئو کاربر صورت خود را حرکت نمی‌دهد این پروتکل به ارزیابی تغییر حالت چهره می‌پردازد. در پروتکل دوم از سه نوع حمله بازپخش استفاده می‌شود و روی حمله چهارم بازپخش ارزیابی می‌شود تا اثر تنوع ابزار حمله در بازپخش بررسی شود. در پروتکل سوم از یکی از انواع حمله بازپخش یا چاپ برای آموزش استفاده می‌شود و از نوع حمله دیگر برای تست استفاده می‌شود که هدف آن ارزیابی نوع حمله دیده نشده است.

فصل ۳

روش تحقیق

۱.۳ مقدمه

این فصل، محل شرح کامل روش تحقیق است و بسته به نوع روش تحقیق و با نظر استاد راهنمای تواند «مواد و روش‌ها^۱» نیز نام بگیرد. این فصل حدود ۱۵ صفحه است.

۲.۳ محتوا (نام‌گذاری بر اساس روش تحقیق و مسأله مورد مطالعه)

۱.۲.۳ علت انتخاب روش

دلیل یا دلایل انتخاب روش تحقیق را تشریح می‌کند.

۲.۲.۳ تشریح کامل روش تحقیق

برای اینکه پایان‌نامه دارای ارزش علمی باشد، باید قابل تکرار باشد و داوران و خوانندگان از امکان تکرار پذیر بودن کار شما مطمئن شوند. شما باید چگونگی تکرار آزمایش به وسیله دیگران را در این قسمت فراهم کنید.

¹Materials and Methods

تکرار پذیری آزمایشات و روش شما، برابر با میزان پتانسیل تکرار نتایج برابر یا نزدیک به آن است. در زیر به تعدادی از روش‌های تحقیق اشاره شده است:

• روش تحقیق آزمایشگاهی

توصیف کامل برنامه آزمایشگاهی شامل مواد مصرفی و نحوه ساخت نمونه‌ها، شرح آزمایش‌ها شامل نحوه تنظیم و آماده‌سازی آزمایش‌ها و دستگاه‌های مورد استفاده، دقت و نحوه کالیبره کردن، شرح دستگاه ساخته شده (در صورت ساخت) و ارائه روش اعتبارسنجی.

• روش تحقیق آماری

توصیف ابزارهای گردآوری اطلاعات کمی و کیفی، اندازه نمونه‌ها، روش نمونه‌برداری، تشریح مبانی روش آماری و ارائه روش اعتبارسنجی.

• روش تحقیق نرم‌افزارنویسی

توصیف کامل برنامه‌نویسی، مبانی برنامه و ارائه روش اعتبارسنجی.

• روش تحقیق مطالعه موردي

توصیف کامل محل و موضوع مطالعه، علت انتخاب مورد و پارامترهایی که تحت ارزیابی قرار داده می‌شوند و ارائه روش اعتبارسنجی.

• روش تحقیق تحلیلی یا مدل‌سازی

توصیف کامل مبانی یا اصول تحلیل یا مدل و ارائه روش اعتبارسنجی آن. در ارائه مدل ریاضی معمولاً نیاز است اندیس‌ها، پارامترها، متغیرهای تصمیم و فرمول‌های مدل، به صورت سیستماتیک، ارائه شوند. پیشنهاد می‌گردد برای نمایش اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم از سه جدول به صورت زیر استفاده گردد:

جدول ۱.۳: اندیس‌های به کار رفته در مدل ریاضی

بیماران	I, J
مرحله زمان‌بندی (بستری، اتاق عمل، ریکاوری)	k
ماشین (تخت یا اتاق عمل) در مرحله k	L_k
جراح	n

• روش تحقیق میدانی

چگونگی دستیابی به داده‌ها در میدان عمل و نحوه برداشت از پاسخ‌های دریافتی.

جدول ۲.۳: پارامترهای مدل ریاضی

زمان خدمت‌دهی به بیمار در مرحله k ام	t_{ik}
زمان فاری خدمت‌دهی به بیمار در محله k ام	\tilde{t}_{ik}
مقدار بدینانه (حداکثر) برای زمان خدمت‌دهی به بیمار در مرحله k ام	t_{ik}^p
محتمل‌ترین مقدار برای زمان خدمت‌دهی به بیمار در مرحله k ام	t_{ik}^m
مقدار خوبینانه (حداقل) برای زمان خدمت‌دهی به بیمار در مرحله k ام	t_{ik}^o

جدول ۳.۳: متغیرهای مدل ریاضی

متغیر صفر-یک تخصیص بیمار به تخت/اتاق عمل	X_{ild_k}
زمان شروع خدمت‌دهی به بیمار	S_{ild_k}
متغیر صفر-یک توالی بیماران	Y_{ijkl_k}
متغیر صفر-یک تخصیص جراح به بیمار	V_{ni}

فصل ۴

نتایج

۱.۴ مقدمه

ارائه داده‌ها، نتایج، تحلیل و تفسیر اولیه آنها در این فصل ارائه می‌شود. در ارائه نتایج با توجه به راهنمای کلی نگارش فصل‌ها، تا حد امکان، ترکیبی از نمودار و جدول استفاده شود. با توجه به حجم و ماهیت تحقیق و با صلاح‌حدید استاد راهنمای، این فصل می‌تواند تحت عنوانی دیگر بیاید. در صورتی که حجم داده‌ها زیاد باشد، بهتر است به صورت نمودار یا در قالب ضمیمه ارائه نشده و فقط نمونه‌ها در متن آورده شود. در این فصل باید به سوالات تحقیق، عطف به یافته‌های محقق، پاسخ داده شود. اگر تحقیق دارای آزمون فرض باشد، پذیرش یا عدم پذیرش فرضیه‌ها در این فصل گزارش می‌شود. این فصل حدود ۴۰ صفحه است.

۲.۴ نتایج روی دیتاست‌های CASIA و MSU

دیتاست‌های MSU و CASIA نسبت به دیتاست Replay دارای رزولوشن تصویر بیشتری هستند. این دیتاست‌ها بر خلاف دیتاست replay که دارای سه قسمت آموزش، توسعه و آزمون است تنها دارای دو قسمت آموزش و آزمون می‌باشد. در جدول ۱.۴ مقدار نرخ خطای برابر در قسمت آزمون دیتاست گزارش شده است.

جدول ۱.۴: خطای برابر روی دیتاست‌های CASIA و MSU

EER (%)	Dataset
۰.۵۴	CASIA
۰.۰	MSU

۳.۴ محتوا

در این بخش به سوالات تحقیق، بر اساس داده‌ها و یافته‌های محقق، پاسخ داده می‌شود. داده‌ها با فرمت مناسبی ارائه می‌شوند؛ مدل (ها) اجرا شده و نتیجه آن مشخص می‌شود.

۴.۴ اعتبارسنجی

از طریق مقایسه نتایج با نتایج کارهای دیگران، استفاده از روش‌های تحلیل پایائی (reliability) و اعتبار (validity)، نظرگیری از خبرگان (expert judgment or feedback) و یا triangulation انجام می‌شود.

فصل ۵

بحث و نتیجه‌گیری

۱.۵ مقدمه

تاکنون شما در پایان‌نامه‌ای که مشغول نوشتتن آن هستید، پاسخ چهار سؤال را داده‌اید:

- چرا تحقیق را انجام دادید؟ (مقدمه)
- دیگران در این زمینه چه کارهایی کرده‌اند و تمایز کار شما با آنها؟ (مرور ادبیات)
- چگونه تحقیق را انجام دادید؟ (روش‌ها)
- چه از تحقیق به دست آوردید؟ (یافته‌ها)

حال زمان آن فرا رسیده که با توجه به تمامی مطالب ذکر شده، در نهایت به سؤال آخر پاسخ دهید:

- چه برداشتی از یافته‌های تحقیق کردید؟ (نتیجه‌گیری)

در واقع در این بخش، هدف، پاسخ به این سوال است که چه برداشتی از یافته‌ها کردید و این یافته‌ها چه فایده‌ای دارند؟

نتیجه‌گیری مختصری بنویسید. ارائه داده‌ها، نتایج و یافته‌ها در فصل چهارم ارائه می‌شود. در این فصل تفاوت، تضاد یا تطابق بین نتایج تحقیق با نتایج دیگر محققان باید ذکر شود. تفسیر و تحلیل نتایج نباید بر اساس حدس و گمان باشد، بلکه باید بر مبنای نتایج عملی استخراج شده از تحقیق و یا استناد به تحقیقات دیگران باشد. با توجه به حجم و ماهیت تحقیق و با صلاح‌حدید استاد راهنمای، این فصل می‌تواند تحت عنوانی دیگر باید

یا به دو فصل جداگانه با عنوانین مناسب، تفکیک شود. این فصل فقط باید به جمع‌بندی دست‌آوردهای فصل‌های سوم و چهارم محدود و از ذکر موارد جدید در آن خودداری شود. در عنوان این فصل، به جای کلمه «تفسیر» می‌توان از واژگان «بحث» و «تحلیل» هم استفاده کرد. این فصل شاید مهم‌ترین فصل پایان‌نامه باشد.

در این فصل خلاصه‌ای از یافته‌های تحقیق جاری ارائه می‌شود. این فصل می‌تواند حاوی یک مقدمه، شامل مروری اجمالی بر مراحل انجام تحقیق باشد (حدود یک صفحه). مطالب پاراگراف‌بندی شود و هر پاراگراف به یک موضوع مستقل اختصاص یابد. فقط به ارائه یافته‌ها و دست‌آوردها بسنده شود و از تعمیم بی‌مورد نتایج خودداری شود. تا حد امکان از ارائه جداول و نمودارها در این فصل اجتناب شود. از ارائه عنوانین کلی در حوزه تحقیق و قسمت پیشنهاد تحقیقات آتی خودداری شود و کاملاً در چارچوب وزمینه مربوط به تحقیق جاری باشد. این فصل حدود ۱۵-۲۰ صفحه است.

۲.۵ محتوا

به ترتیب شامل موارد زیر است:

۱.۰۲.۵ جمع‌بندی

خلاصه‌ای از تمام یافته‌ها و دست‌آوردهای تحقیق جاری است.

۲.۰۲.۵ نوآوری

این قسمت، نوآوری تحقیق را بر اساس یافته‌های آن تشریح می‌کند. که دارای دو بخش اصلی است:

۱. نوآوری تئوری، یعنی تمایز تئوریک کار با کارهای محققین قبلی.
۲. نوآوری عملی، یعنی توصیه‌های محقق به صنعت برای بهبود بخشیدن به کارها، بر اساس یافته‌های تحقیق.

۳.۲.۵ پیشنهادها

این بخش، عناوین و موضوعات پیشنهادی را برای تحقیقات آتی، بیشتر در زمینه مورد بحث در آینده ارائه می‌کند.

۴.۲.۵ محدودیت‌ها

در اینجا انواع محدودیت‌های تحقیق تشریح می‌شوند؛ از جمله، محدودیت‌هایی که کنترل آن از عهده محقق خارج است، مانند انتخاب نوع یافته‌ها؛ و همچنین دیگر محدودیت‌هایی که کنترل آن در دست محقق است، مانند موضوع و محل تحقیق و تأثیر این محدودیت‌ها بر یافته‌های تحقیق در این قسمت شرح داده می‌شوند.

مراجع

face mobile A “Oulu-npu: Hadid, A. and Feng, X. Li, L. Komulainen, J. Boulkenafet, Z. [1] *international IEEE th12 2017 in variations,*” real-world with database attack presentation .٦١٨-٦١٢ pp., ٢٠١٧ IEEE, .(٢٠١٧ (*FG recognition gesture & face automatic on conference*

images single from detection spoofing “Face Pietikainen, M. and Hadid, A. M a att a, J. [2] (.IJC) *Biometrics on conference joint international 2011 in analysis,*” micro-texture using .٧-١ pp., ٢٠١١ IEEE.

face in patterns binary local of effectiveness the “On Marcel, S. and Anjos, A. Chingovska, I. [٣] *biometrics of conference international the of BIOSIG-proceedings 2012 in anti-spoofing,*” .٧-١ pp., ٢٠١٢ IEEE, .(*BIOSIG group interest special*

anti-spoofing: face for learning “Deep Zhao, G. and Lei, Z. Zhao, C. Li, X. Qin, Y. Yu, Z. [٤] .٢٠٢١, ١٤٩٤٨.٢١٠٩arXiv: preprint arXiv survey,” A

feature discriminative deep “Enhancing Komulainen, J. and Po, L.-M. Rehman, U. A. Y. [٥] *Computing Vision and Image detection,*” attack presentation face for perturbation via maps .٢٠٢٠, ١٠٣٨٥٨ p., ٩٤ vol.

depth- and patch using anti-spoofing “Face Liu, X. and Jourabloo, A. Liu, Y. Atoum, Y. [٦] IEEE, .(.IJC) *Biometrics on Conference Joint International IEEE 2017 in cnns,*” based .٣٢٨-٣١٩ pp., ٢٠١٧

or Binary anti-spoofing: face for models deep “Learning Liu, X. and Jourabloo, A. Liu, Y. [٧] *pattern and vision computer on conference IEEE the of Proceedings in supervision,*” auxiliary .٣٩٨-٣٨٩ pp., ٢٠١٨ *recognition*

and temporal “Exploiting Lei, Z. and Wan, J. Qi, G. Zhou, Q. Qin, Y. Zhao, C. Wang, Z. [٨] .٠٥١١٨.١٨١١arXiv: preprint arXiv anti-spoofing,” face multi-frame for information depth .٢٠١٨

- central “Searching Zhao, G. and Zhou, F. Li, X. Su, Z. Qin, Y. Wang, Z. Zhao, C. Yu, Z. [9] *IEEE/CVF the of Proceedings* in anti-spoofing,” face for networks convolutional difference . $0305-0290$ pp., 2020, *Recognition Pattern and Vision Computer on Conference*
- percep- material human with anti-spoofing “Face Zhao, G. and Shi, J. Niu, X. Li, X. Yu, Z. [10] . $070-007$ pp., 2020 Springer, . *Vision Computer on Conference European in tion.*”
- attack presentation face for supervision binary pixel-wise “Deep Marcel, S. and George A. [11] . $\wedge-1$ pp., 2019 IEEE, . *(ICB) Biometrics on Conference International* 2019 in detection.”
- anti- face generic for trace spoof disentangling “On Liu, X. and Stehouwer, J. Liu, Y. [12] . $422-406$ pp., 2020 Springer, . *Vision Computer on Conference European in spoofing.*”
- recog- face for embedding unified A “Facenet: Philbin, J. and Kalenichenko, D. Schroff, F. [13] *pattern and vision computer on conference IEEE the of Proceedings* in clustering,” and nition . $823-810$ pp., 2010 .recognition
- gen- domain deep discriminative “Multi-adversarial Yuen, C. P. and Li, J. Lan, X. Shao, R. [14] *Confer- IEEE/CVF the of Proceedings* in detection,” attack presentation face for eralization . $03110-02310$ pp., 2019, *Recognition Pattern and Vision Computer on ence*
- anti- face for generalization domain “Single-side Chen, X. and Shan, S. Zhang, J. Jia, Y. [15] *Pattern and Vision Computer on Conference IEEE/CVF the of Proceedings* in spoofing.” . $8493-8484$ pp., 2020, *Recognition*
- gen- “Learning Ding, E. and Liu, J. Han, J. Wang, K. Chen, Y. Yue, H. Hong, Z. Feng, H. [16] .2020, . $03922-2000$ arXiv: preprint arXiv anti-spoofing,” face for cues spoof eralized
- attack presentation face for representations class one “Learning Marcel, S. and George A. [17] *Infor- on Transactions IEEE networks.*” neural convolutional multi-channel using detection . $2020, 370-361$ pp., 19 vol., *Security and Forensics mation*
- “Face Ma, L. and Song, H. Huang, F. Li, J. Ding, S. Tai, Y. Zhang, J. Yao, T. Zhang, K.-Y. [18] *Com- on Conference European in learning.*” representation disentangled via anti-spoofing . $657-641$ pp., 2020 Springer, . *Vision puter*
- with database antispoofing face “A Li, Z. S. and Yi, D. Lei, Z. Liu, S. Yan, J. Zhang, Z. [19] IEEE, . *(ICB) Biometrics on conference international IAPR thd* 2012 in attacks,” diverse . $31-26$ pp., 2012
- recognition face for methods detection attack “Presentation Busch, C. and Ramachandra R. [20] pp., 1 no. , 50 vol. *(CSUR) Surveys Computing ACM survey.*” comprehensive A systems: . $2017, 37-1$

based top “Lbp- Marcel, S. and Martino, D. M. J. Anjos, A. Pereira, Freitas d. T. [۲۱] .*Vision Computer on Conference Asian* in attacks.” spoofing face against countermeasure .۱۳۲-۱۲۱ pp., ۲۰۱۲ Springer.

anti-spoofing,” face for network neural convolutional “Learn Li, Z. S. and Lei, Z. Yang, J. [۲۲] .۲۰۱۴, ۵۶۰۱.۱۴۰۸arXiv: preprint arXiv

convolu- deep with classification “Imagenet Hinton, E. G. and Sutskever, I. Krizhevsky, A. [۲۳] .۲۰۱۲, ۲۵ vol. „systems processing information neural in Advances networks.” neural tional face on based network neural convolutional “Yd Liu, C. and Zhai, Y. Li, S. Gan, J. [۲۴] *processing image and multimedia on conference international nd*۲ ۲۰۱۷ in anti-spoofing,” .۵-۱ pp., ۲۰۱۷ IEEE, .(ICMIP)

fea- deep generalized “Learning Kot, C. A. and Jiang, X. Rocha, A. Wang, S. He, P. Li, H. [۲۵] *and Forensics Information on Transactions IEEE* anti-spoofing,” face for representation ture .۲۰۱۸, ۲۶۵۲-۲۶۳۹ pp., ۱۰ no., ۱۳ vol. „Security

.۹ vol. „computation Neural memory,” short-term “Long Schmidhuber, J. and Hochreiter S. [۲۶] .۱۹۹۷, ۱۷۸۰-۱۷۳۵ pp., ۸ no.

face for architecture lstm-cnn using features temporal “Learning Deng, W. and Li, S. Xu, Z. [۲۷] IEEE, .(ACPR) ۲ ۲۰۱۵ in anti-spoofing,” .۱۴۵-۱۴۱ pp., ۲۰۱۵

anti- “Face Liu, W. and Li, Z. Zheng, S. Gong, D. Gao, Y. Bao, L. Luo, W. Yang, X. [۲۸] *on Conference IEEE/CVF the of Proceedings* in data.” does so matters, Model spoofing: .۳۵۱۶-۳۵۰۷ pp., ۲۰۱۹ .*Recognition Pattern and Vision Computer*

anti-spoofing face original “An Hadid, A. and Li, M. Xia, Z. Boulkenafet, Z. Feng, X. Li, L. [۲۹] *Conference International Sixth* ۲۰۱۶ in network.” neural convolutional partial using approach .۹-۱ pp., ۲۰۱۶ IEEE, .(IPTA) *Applications and Tools Theory, Processing Image on* .۲۰۱۵ recognition,” face “Deep Zisserman, A. and Vedaldi, A. Parkhi, M. O. [۳۰]

in Learning Deep in pattern.” binary local deep via anti-spoofing “Face Feng, X. and Li L. [۳۱] .۱۱۱-۹۱ pp., ۲۰۱۹ Springer, .*Recognition and Detection Object*

dense and reconstruction face Yd “Joint Zhou, X. and Wang, Y. Shao, X. Wu, F. Feng, Y. [۳۲] *conference European the of Proceedings* in network.” regression map position with alignment .۵۵۱-۵۳۴ pp., ۲۰۱۸ .*ECCV vision computer on*

gra- spatial “Deep Lei, Z. and Zhou, F. Zhou, Q. Qin, Y. Zhu, X. Zhao, C. Yu, Z. Wang, Z. [۳۳] *IEEE/CVF the of Proceedings in anti-spoofing*,” face for learning depth temporal and dient .۵۰۵۱-۵۰۴۲ pp., ۲۰۲۰, *Recognition Pattern and Vision Computer on Conference and Schwenk, H. Bougares, F. Bahdanau, D. Gulcehre, C. Merriënboer, Van B. Cho, K. [۳۴] ma- statistical for encoder-decoder rnn using representations phrase “Learning Bengio, Y. .۲۰۱۴, ۱۰۷۸, ۱۴۰۹ *arXiv: preprint arXiv translation*,” chine *arXiv learning*,” reinforcement with search architecture “Neural Le, V. Q. and Zoph B. [۳۵] .۲۰۱۶, ۰۱۵۷۸, ۱۶۱۱ *arXiv: preprint dif- central Static-dynamic “Nas-fas: Zhao, G. and Li, Z. S. Li, X. Qin, Y. Wan, J. Yu, Z. [۳۶] and analysis pattern on transactions IEEE anti-spoofing” face for search network ference .۲۰۲۰, ۳۰۲۲-۳۰۰۵ pp., ۹ no., ۴۳ vol., *intelligence machine Search- “Auto-fas: Zhao, G. and Lei, Z. Wang, Z. Zhao, C. Xu, X. Qin, Y. Yu, Z. [۳۷] International IEEE ۲۰۲۰-۲۰۲۰ ICASSP in anti-spoofing,” face for networks lightweight ing -۹۹۹ pp., ۲۰۲۰ IEEE, *(ICASSP) Processing Signal and Speech Acoustics, on Conference .۱۰۰۰ network cloud point ۳d “dpc-net: Li, Z. S. and Guo, G. Liu, A. Jin, Y. Wan, J. Li, X. [۳۸] .(IJCB) Biometrics on Conference Joint International IEEE ۲۰۲۰ in anti-spoofing,” face for .۸-۱ pp., ۲۰۲۰ IEEE, convo- connected “Densely Weinberger, Q. K. and Maaten, Der Van L. Liu, Z. Huang, G. [۳۹] pattern and vision computer on conference IEEE the of Proceedings in networks.” lutional .۴۷۰۸-۴۷۰۰ pp., ۲۰۱۷, *recognition modeling,” noise via Anti-spoofing de-spoofing: “Face Liu, X. and Liu, Y. Jourabloo, A. [۴۰] .۳۰۶-۲۹۰ pp., ۲۰۱۸, *(ECCV) vision computer on conference European the of Proceedings in Ozair, S. Warde-Farley, D. Xu, B. Mirza, M. Pouget-Abadie, J. Goodfellow, I. [۴۱] information neural in Advances nets.” adversarial “Generative Bengio, Y. and Courville, A. .۲۰۱۴, ۲۷ vol., *systems processing biomed- for networks Convolutional “U-net: Brox, T. and Fischer, P. Ronneberger, O. [۴۲] and computing image Medical on Conference International in segmentation,” image ical .۲۴۱-۲۳۴ pp., ۲۰۱۵ Springer, *.intervention computer-assisted “Deep Lopez-Sastre, J. R. and Costa-Pazo, A. Jiménez-Cabello, D. Pérez-Cabo, D. [۴۳] IEEE/CVF the of Proceedings in anti-spoofing,” face generalized for detection anomaly .۰-۰ pp., ۲۰۱۹, *Workshops Recognition Pattern and Vision Computer on Conference*********

identity- and generalizable “Learning Feng, J. and Xie, M. Du, G. Zhao, J. Ma, Z. Tu, X. [۴۴] *Intelligent on Transactions ACM anti-spoofing,*” face for representations discriminative .۲۰۲۰، ۱۹-۱ pp., ۵ no., ۱۱ vol. *(TIST) Technology and Systems*

liveness face online for consistency temporal improving “On Xia, W. and Xiong, Y. Xu, X. [۴۵] *Computer on Conference International IEEE/CVF the of Proceedings in system,*” detection .۸۳۳-۸۲۴ pp., ۲۰۲۱، *Vision*

IEEE analysis,” distortion image with detection spoof “Face Jain, K. A. and Han, H. Wen, D. [۴۶] .۲۰۱۵، ۷۶۱-۷۴۶ pp., ۴ no., ۱۰ vol. *Security and Forensics Information on Transactions*

فصل ۶

آشنایی سریع با برخی دستورات لاتک

در این فصل ویژگی‌های مهم و پرکاربرد زی‌پرشین و لاتک معرفی می‌شود. برای راهنمایی بیشتر و به‌کاربردن ویژگی‌های پیشرفته‌تر به راهنمای زی‌پرشین و راهنمای لاتک مراجعه کنید. برای آگاهی از دستورات لاتک که این خروجی را تولید کرده‌اند فایل appendix1.tex را ملاحظه فرمایید.^۱

۱.۶ بندها و زیرنویس‌ها

هر جایی از نوشتهٔ خود، اگر می‌خواهید به سر سطر بروید و یک بند (پاراگراف) تازه را آغاز کنید، باید یک خط را خالی بگذارید^۲ مانند این:

حالا که یک بند تازه آغاز شده است، یک زیرنویس انگلیسی^۳ هم می‌نویسیم!

^۱بیشتر مطالب این بخش از مثال xepersian_example.tex گرفته شده‌اند که توسط آقای امیر مسعود پور موسی آماده شده است.

^۲معنی دوبار باید کلید Enter را بزنید.

³English Footnote!

۲.۶ فرمول‌های ریاضی

اینجا هم یک فرمول می‌آوریم که شماره دارد:

$$A = \frac{c}{d} + \frac{q^2}{\sin(\omega t) + \Omega_{12}} \quad (1.6)$$

در لاتک می‌توان به کمک فرمان `\label` به هر فرمول یک نام نسبت داد. در فرمول بالا نام `eq:yeq` را برایش گذاشته‌ایم (پرونده `tex` همراه با این مثال را ببینید). این نام مارا قادر می‌کند که بعداً بتوانیم با فرمان `\ref{eq:yeq}` به آن فرمول با شماره ارجاع دهیم. یعنی بنویسیم فرمول ۱.۶. لاتک خودش شماره این فرمول‌ها را مدیریت می‌کند.^۴ این هم یک فرمول که شماره ندارد:

$$A = |\vec{a} \times \vec{b}| + \sum_{n=0}^{\infty} C_{ij}$$

این هم عبارتی ریاضی مانند $\sqrt{a^2 + b^2}$ که بین متن می‌آید.

۱.۲.۶ یک زیربخش

این زیربخش ۱.۲.۶ است؛ یعنی یک بخش درون بخش ۲.۶ است.

۱.۱.۲.۶ یک زیرزیربخش

این هم یک زیرزیربخش است. در لاتک می‌توانید بخش‌های تودرتو در نوشته‌تان تعریف کنید تا ساختار منطقی نوشته را به خوبی نشان دهید. می‌توانید به این بخش‌ها هم با شماره ارجاع دهید، مثلاً بخش فرمول‌های ریاضی شماره‌اش ۲.۶ است.

^۴ یعنی اگر بعداً فرمولی قبل از این فرمول بنویسیم، خود به خود شماره این فرمول و شماره ارجاع‌ها به این فرمول یکی زیاد می‌شود. دیگر نگران شماره‌گذاری فرمول‌های خود نباشید!

۳.۶ نوشه‌های فارسی و انگلیسی مخلوط

نوشتن یک کلمه انگلیسی بین متن فارسی بدیهی است، مانند Example در این جمله.^۵ نوشتن یک عبارت چندکلمه‌ای مانند More than one word کمی پیچیده‌تر است. اگر ناگهان تصمیم بگیرید که یک بند کاملاً انگلیسی را بنویسید، باید:

This is an English paragraph from left to right. You can write as much as you want in it.

۴.۶ افزودن تصویر به نوشه

پرونده تصویر دلخواه خود را در کنار پرونده tex قرار دهید. سپس به روش زیر تصویر را در نوشه خود بیاورید:

```
\includegraphics{YourImageFileName}
```

به تصویرها هم مانند فرمول‌ها و بخش‌ها می‌توان با شماره ارجاع داد. مثلاً تصویر ۱.۶ یک شیر علاقه‌مند به لاتک را در حال دویدن نشان می‌دهد. برای جزئیات بیشتر درباره روش گذاشتن تصویرها در نوشه باید راهنمایی لاتک را بخوانید.



شکل ۱.۶: در این تصویر یک شیر علاقه‌مند به لاتک را در حال دویدن می‌بینید.

به تصویرها هم مانند فرمول‌ها و بخش‌ها می‌توان با شماره ارجاع داد. مثلاً تصویر بالا شماره اش ۱.۶ است. برای جزئیات بیشتر درباره روش گذاشتن تصویرها در نوشه باید راهنمایی لاتک را بخوانید.

^۵ هرچند بهتر است باز هم آن کلمه را مانند Example در این جمله بنویسید.

۵.۶ محیط‌های شمارش و نکات

برای فهرست کردن چندمورد، اگر ترتیب برایمان مهم نباشد:

• مورد یکم

• مورد دوم

• مورد سوم

و اگر ترتیب برایمان مهم باشد:

۱. مورد یکم

۲. مورد دوم

۳. مورد سوم

می‌توان موردهای تودرتو داشت:

۱. مورد ۱

۲. مورد ۲

(آ) مورد ۱ از ۲

(ب) مورد ۲ از ۲

(ج) مورد ۳ از ۲

۳. مورد ۳

شماره‌گذاری این موردها را هم لاتک انجام می‌دهد.

۶.۶ تعریف و قضیه

برای ذکر تعریف، قضیه و مثال مثالهای ذیل را بینید.

تعريف ۱.۶.۶. مجموعه همه ارزیابی‌های (پیوسته) روی (X, τ) ، دامنه توانی احتمالی X نامیده می‌شود.

قضیه ۲.۶.۶. (باناخ-آلاغلو). اگر V یک همسایگی ۰ در فضای برداری توپولوژیکی X باشد و

$$K = \{\Lambda \in X^* : |\Lambda x| \leq 1; \forall x \in V\}, \quad (2.6)$$

آنگاه K ، ضعیف*-فسرده است که در آن، X^* دوگان فضای برداری توپولوژیکی X است به طوری که عناصر آن، تابعی‌های خطی پیوسته روی X هستند.

تساوی (۲.۶) یکی از مهم‌ترین تساوی‌ها در آنالیز تابعی است که در ادامه، به وفور از آن استفاده می‌شود.

مثال ۳.۶.۶. برای هر فضای مرتب، گردایه

$$U := \{U \in O : U = \uparrow U\}$$

از مجموعه‌های بالایی باز، یک توپولوژی تعریف می‌کند که از توپولوژی اصلی، درشت‌تر است.

حال تساوی

$$\sum_{n=1}^{+\infty} 3^n x + 7x = \int_1^n 8nx + \exp(2nx) \quad (3.6)$$

را در نظر بگیرید. با مقایسه تساوی (۳.۶) با تساوی (۲.۶) می‌توان نتیجه گرفت که ...

۷.۶ چگونگی نوشتن و ارجاع به مراجع

در لاتک به راحتی می‌توان مراجع خود را نوشت و به آنها ارجاع داد. به عنوان مثال برای معرفی کتاب گنزالس [؟] به عنوان یک مرجع می‌توان آنرا به صورت زیر معرفی نمود:

```
\bibitem{Gonzalez02book}
Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. {\em Digital Image Processing}, 3rd ed..
Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 2006.
```

در دستورات فوق Gonzalez02book برجسبی است که به این مرجع داده شده است و با استفاده از دستور `\cite{Gonzalez02book}` می‌توان به آن ارجاع داد؛ بدون این که شماره اش را در فهرست مراجع مان بدانیم.

اگر این اولین مرجع ما باشد در قسمت مراجع به صورت زیر خواهد آمد:

- [1] Gonzalez, R.C., and Woods, R.E. *Digital Image Processing*, 3rd ed.. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 2006.

این شیوه تعریف مراجع بسیار ابتدایی است و اگر فرمت مراجع، ترتیب یا تعداد آنها را خواسته باشید تغییر دهید، به عنوان مثال ابتدا حرف اول نام نویسنده بباید و سپس نام خانوادگی، باید همه کارها را به صورت دستی انجام دهید! چون در یک پروژه/پایان‌نامه/رساله یا مقاله باید کنترل کاملی بر مراجع خود داشته باشید و به راحتی بتوانید قالب مراجع را عوض کنید، بنابراین می‌بایست از BibTeX استفاده کنید که در پیوست ۸ به آن پرداخته خواهد شد.

فصل ۷

جدول، نمودار و الگوریتم در لاتک

در این بخش نمونه مثالهایی از جدول، شکل، نمودار، الگوریتم و معادلات ریاضی را در لاتک خواهیم دید. دقیق کنید که در پایان نامه‌ها و مقالات، باید قاعده «رجوع به جلو^۱» رعایت شود؛ یعنی ابتدا در متن به شماره شکل، جدول یا معادله اشاره شود و بعد از آن (زیر آن) خود شکل، جدول یا معادله رسم شود. (توضیحات بیشتر در قسمت ۷.۷).

۱.۷ جدول

دستور اصلی برای رسم جدول در لاتک `tabular` می‌باشد که جدول (۱.۷) با استفاده از آن کشیده شده است؛ در `tabular` عرض جدول برابر با مجموع عرض ستون‌ها و حداقل مساوی عرض متن است.

جدول ۱.۷: مدل‌های تبدیل.

نام مدل	درجه آزادی	تبدیل مختصات	توضیح
انتقالی	۲	$x' = x + t_x$ $y' = y + t_y$	انتقال دو بعدی
اقلیدسی	۳	$x' = x \cos \theta - y \sin \theta + t_x$ $y' = x \sin \theta + y \cos \theta + t_y$	انتقالی + دوران

^۱Forward Referencing

برای اینکه عرض جدول قابل کنترل باشد، باید از دستورات `tabu` یا `tabulary` استفاده کرد که راهنمای آنها در اینترنت وجود دارد. مثلاً جدول ۲.۷ با `tabularx` رسم شده که عرض جدول در آن ثابت بوده و ستون‌های از نوع X عرض خالی جدول را پر می‌کنند.

جدول ۲.۷: مدل‌های تبدیل دیگر.

نام مدل	درجه آزادی	تبدیل مختصات	توضیح
مشابهت	۴	$x' = sx \cos \theta - sy \sin \theta + t_x$ $y' = sx \sin \theta + sy \cos \theta + t_y$	اقلیدسی+تغییر مقیاس
آفین	۶	$x' = a_{11}x + a_{12}y + t_x$ $y' = a_{21}x + a_{22}y + t_y$	مشابهت+اریب شدگی

۲.۷ معادلات ریاضی و ماتریس‌ها

تقریباً هر آنچه دانشجویان برای نوشتن فرمول‌های ریاضی لازم دارند، در کتاب `mathmode` آمده است. کافیست در خط فرمان، دستور زیر را وارد کنید:

```
texdoc mathmode
```

متن زیر شامل انواعی از اشیاء ریاضی است که با ملاحظه کدش می‌توانید با دستورات آن آشنا شوید. شناخته شده‌ترین روش تخمین ماتریس هوموگرافی الگوریتم تبدیل خطی مستقیم (DLT²) است. فرض کنید چهار زوج نقطه متناظر در دو تصویر در دست هستند، $\mathbf{x}'_i \leftrightarrow \mathbf{x}_i$ و تبدیل با رابطه $\mathbf{x}'_i = H\mathbf{x}_i$ نشان داده می‌شود که در آن:

$$\mathbf{x}'_i = (x'_i, y'_i, w'_i)^\top$$

$$H = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_4 & h_5 & h_6 \\ h_7 & h_8 & h_9 \end{bmatrix}$$

و

²Direct Linear Transform

رابطه زیر را برای الگوریتم (۱.۷) لازم داریم.

$$\begin{bmatrix} 0^\top & -w'_i \mathbf{x}_i^\top & y'_i \mathbf{x}_i^\top \\ w'_i \mathbf{x}_i & 0^\top & -x'_i \mathbf{x}_i^\top \\ -y'_i \mathbf{x}_i^\top & x'_i \mathbf{x}_i^\top & 0^\top \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{h}^1 \\ \mathbf{h}^2 \\ \mathbf{h}^3 \end{pmatrix} = 0 \quad (1.7)$$

۳.۷ الگوریتم

۱.۳.۷ الگوریتم ساده با دستورهای فارسی

با مفروضات فوق، الگوریتم DLT به صورت نشان داده شده در الگوریتم (۱.۷) خواهد بود.

الگوریتم ۱.۷ الگوریتم DLT برای تخمین ماتریس هوموگرافی.

ورودی: $n \geq 4$ زوج نقطه متناظر در دو تصویر $\mathbf{x}_i \leftrightarrow \mathbf{x}'_i$.

خروجی: ماتریس هوموگرافی H به نحوی که: $\mathbf{x}'_i = H\mathbf{x}_i$.

۱: برای هر زوج نقطه متناظر $\mathbf{x}_i \leftrightarrow \mathbf{x}'_i$ ماتریس A_i را با استفاده از رابطه ۱.۷ محاسبه کنید.

۲: ماتریس‌های A_i را در قالب یک ماتریس A ۹ ستونی ترکیب کنید.

۳: تجزیه مقادیر منفرد (SVD) ماتریس A را بدست آورید. بردار واحد متناظر با کمترین مقدار منفرد جواب \mathbf{h} خواهد بود.

۴: ماتریس هوموگرافی H با تغییر شکل \mathbf{h} حاصل خواهد شد.

۲.۳.۷ الگوریتم پیچیده و تودرتو با دستورهای فارسی

الگوریتم ۲.۷، یک الگوریتم ترکیبی و تودرتو است که با کمک دستورهای بسته algorithmic نوشته شده است.

۳.۳.۷ الگوریتم با دستورهای لاتین

الگوریتم ۳.۷ یک الگوریتم با دستورهای لاتین است.

الگوریتم ۲.۷ الگوریتم اجرای برنامه شبیه‌سازی

وروودی: زمان t_{max} به عنوان زمان لازم برای انجام شبیه سازی،

وروودی: گراف شبکه برای شبیه سازی،

خروجی: جدول تغییرات گراف از لحظه ۰ تا t .

۱: برای تمام لحظات در بازه ۰ تا t_{max} انجام بده

۲: برای تمام پیوندها انجام بده

۳: محاسبه ضریب و نرخ انتقال پیوند

۴: محاسبه کیفیت و نرخ یادگیری

۵: پایان حلقه برای

۶: برای تمام گره‌ها انجام بده

۷: محاسبه نرخ انتقال گره

۸: محاسبه وضعیت جدید

۹: پایان حلقه برای

۱۰: اگر تغییرات از مقدار δ کمتر است آنگاه

۱۱: شکستن حلقه { این شرط برای پایان قبل از رسیدن به محدودیت زمانی است، اگر تغییرات کمتر از δ باشد }

۱۲: و گرنه اگر زمان اجرای برنامه بیش از حد طول کشیده و $100 > t$ آنگاه

۱۳: شکستن حلقه

۱۴: پایان شرط اگر

۱۵: پایان حلقه برای

۱۶: چاپ کن زمان اجرای برنامه

۱۷: بازگردان ماتریس تغییرات زمانی

الگوریتم ۳.۷. RANSAC برای تخمین ماتریس هوموگرافی.**Require:** $n \geq 4$ putative correspondences, number of estimations, N , distance threshold T_{dist} .**Ensure:** Set of inliers and Homography matrix H .

- 1: **for** $k = 1$ to N **do**
 - 2: Randomly choose 4 correspondence,
 - 3: Check whether these points are colinear, if so, redo the above step
 - 4: Compute the homography H_{curr} by DLT algorithm from the 4 points pairs,
 - 5: ...
 - 6: **end** **for**
 - 7: Refinement: re-estimate H from all the inliers using the DLT algorithm.
-

۴.۷ کد

درج کد به زبان‌های مختلف به سادگی امکان‌پذیر است. برنامه ۱.۷ یک قطعه کد MATLAB را نشان می‌دهد.

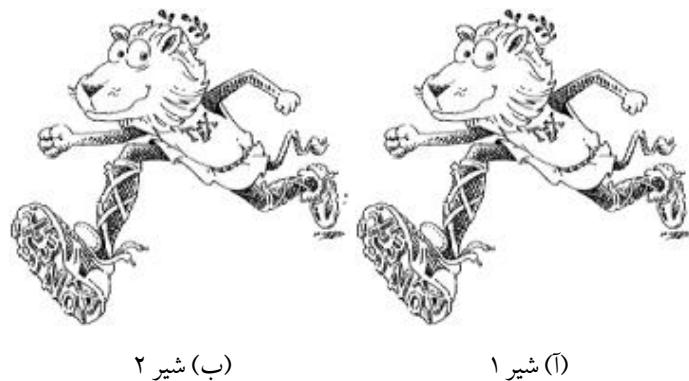
```
% define a continuous function
f = '4*sin(2*pi*t)';
% plot a figure
ezplot(f);
```

1	
2	
3	
4	

برنامه ۱.۷: نمونه کد MATLAB

۵.۷ تصویر

نمونه یک تصویر را در فصل قبل دیدیم. دو تصویر شیر کنار هم را نیز در شکل ۱.۷ مشاهده می‌کنید.



شکل ۱.۷: دو شیر

۶.۷ نمودار

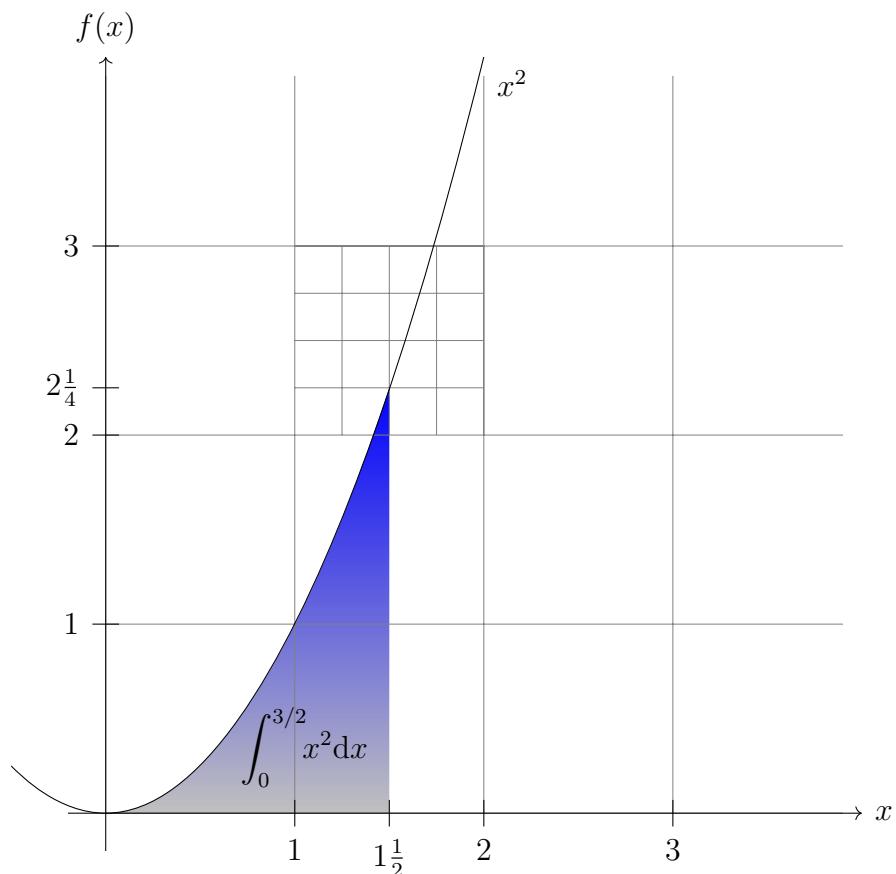
لاتک بسته‌هایی با قابلیت‌های زیاد برای رسم انواع مختلف نمودارها دارد. مانند بسته‌های PSTricks و Tikz.^۳ توضیح اینها فراتر از این پیوست کوچک است. یک نمودار رسم شده با بسته TikZ در شکل ۲.۷ نشان داده شده است.

۷.۷ نحوه قرارگیری اشیای شناور

شکل‌ها، جداول و الگوریتم‌ها در لاتک اشیای شناور محسوب می‌شوند؛ یعنی خود لاتک تصمیم می‌گیرد آنها را در کجای صفحه ترسیم کند تا زیباتر باشد. اما می‌توان به لاتک توصیه کرد که آن را در قسمت خاصی از صفحه رسم کند. برای اینکه قاعده «ارجاع به جلو» رعایت شود باید فقط از پرچم [ht] استفاده کرد، که می‌گوید اگر جا شد شکل را دقیقاً در همین مکان و در غیراینصورت در بالای صفحه بعد رسم کن. بنابراین دستورات درج تصویر، جدول و الگوریتم به صورت زیر باید باشند:

```
\begin{figure/table/algorithm}[ht]
...
\end{figure/table/algorithm}
```

^۳ مثال‌هایی از بکارگیری بسته Tikz را می‌توانید در <http://www.texexample.net/tikz/examples> ببینید. توصیه می‌شود دانشجویانی که قصد درج اشکالی مانند گراف را در سند خود دارند، مثال‌هایی از سایت مذکور را ملاحظه فرمایند.



شکل ۲.۷: یک نمودار زیبا با ارقام فارسی و قابلیت بزرگنمایی بسیار، بدون از دست دادن کیفیت.

فصل ۸

مراجع، واژه‌نامه و حاشیه‌نویسی

۱.۸ مراجع و نقل قول‌ها

منابع پایان‌نامه، پایه و اساس تحقیق شما به حساب می‌آیند و ضرورت انجام مطالعه و روش‌های به کار رفته در بسیاری از قسمت‌های آن، به کمک منابع صورت می‌گیرد. در استفاده از مراجع علمی در پایان‌نامه، باید سعی کنید بیشتر از منابع چاپ شده و مهم استفاده کنید و ارجاع به داده‌های چاپ نشده، خلاصه‌ها و پایان‌نامه‌ها، سبب بهم خوردگی و کاهش اعتبار قسمت ارجاع منابع می‌شود. استفاده از منابع و نقل قول‌هایی به تحقیق شما ارزش می‌دهند که در راستای هدف تحقیق بوده و به آن اعتبار ببخشند. برخی از دانش‌جویان تصوّر می‌کنند که کثرت نقل قول‌ها و ارجاعات زیاد، مهم‌ترین معیار علمی شدن پایان‌نامه است؛ حال آنکه استناد به تعداد کثیری از منابع بدون مطالعه دقیق آنها و استفاده مستقیم در پایان‌نامه، می‌تواند نشان‌دهنده عدم احساس امنیت نویسنده باشد!

دوروش برای استفاده از نتایج، جملات، داده‌ها و روش‌های دیگران وجود دارد. یکی نقل قول مستقیم و دقیق است و دیگری استفاده غیرمستقیم در متن مقاله، که در ادامه به قواعد این دو نوع نقل قول و ارجاع دهی اشاره می‌کنیم:

نقل قول مستقیم: نقل قول مستقیم باید دقیق و بدون هیچ تغییری در جملات باشد. بهتر است این‌گونه نقل قول‌ها تا حد امکان کوتاه باشد. جملات کوتاه داخل گیوه قرار می‌گیرند و باید به منبع دقیق آن، طبق روش ارجاع دهی به منابع، اشاره شود. به عنوان مثال در [?] آمده است که:

«با استفاده از فیلد AUTHORFA می‌توان معادل فارسی نام نویسنده‌گان مقالات لاتین را در متن داشت. معمولاً در اسناد فارسی خواسته می‌شود که پس از ذکر معادل فارسی نام نویسنده، نام لاتین نویسنده(ها) به عنوان پاورقی درج شود [؟].»

نقل قول غیرمستقیم: نقل قول غیرمستقیم به معنی استفاده از ایده‌ها، نتایج، روش‌ها و داده‌های دیگران در درون متن پایان‌نامه، ولی به سبک خودتان و متناسب و هماهنگ با روند پایان‌نامه شماست. در این حالت نیز باید متناسب با شیوه ارجاع‌دهی به آن استناد شود.

با توجه به وجود سبک‌های مختلف ارجاع‌دهی، باید روش قابل قبول و یکسانی در طول پایان‌نامه برای اشاره به مراجع در متن و همچنین تهیه فهرست مراجع در انتهای پایان‌نامه بکار رود. مثلاً برای پایان‌نامه‌های مهندسی می‌توان از سبک ارجاع‌دهی IEEE^۱ یا acm استفاده کرد. طبیعتاً باید تناظر یک‌به‌یک بین فهرست مراجع در انتهای گزارش و مراجع مورد استفاده در متن باشد.^۲

برای سهولت مدیریت مراجع پژوهه/پایان‌نامه/رساله، اکیداً توصیه می‌شود از یک ابزار «مدیریت منابع» (با خروجی BibTeX) همچون Citavi، EndNote، Mendeley، Zotero یا BibTeX استفاده کنید.

۱۰.۱.۸ مدیریت مراجع با BibTeX

در بخش ۷.۶ اشاره شد که با دستور \bibitem می‌توان یک مرجع را تعریف نمود و با فرمان cite به آن ارجاع داد. این روش برای تعداد مراجع زیاد و تغییرات آنها مناسب نیست. برای مدیریت منابع زیاد، سه بسته BibTeX (پیش‌فرض)، natbib (ارجاع‌دهی در متن به صورت نویسنده-سال) و BibLaTeX (جدید و منعطف‌پذیر) وجود دارند. در ادامه توضیحاتی در مورد مدیریت منابع با BibTeX و natbib در زی پرشین خواهیم آورد که همراه با توزیع‌های معروف ترک عرضه می‌شوند.^۳

یکی از روش‌های قدرتمند و انعطاف‌پذیر برای نوشتمن مراجع مقالات و مدیریت مراجع در لاتک، استفاده از BibTeX است. روش کار با بیب‌تک به این صورت است که مجموعه همه مراجعی را که در پژوهه/پایان‌نامه/رساله استفاده کرده یا خواهیم کرد، در پرونده جداگانه‌ای با پسوند bib نوشته و به آن فایل در سند خودمان به صورت

¹<http://www.ieee.org/documents/ieeecitationref.pdf>

² البته گاهی ممکن است محقق مرجعی را مورد مطالعه قرار داده لیکن در متن به آن اشاره نکرده باشد؛ برخی معتقدند در این موارد نیز آوردن آن در فهرست مراجع، اشکالی ندارد، به این شرط که از عنوان «فهرست منابع» به جای «فهرست مراجع» استفاده شود.

³ روش BibLaTeX هنوز برای متون فارسی به درستی ترجمه نشده است.

مناسب لینک می‌دهیم. کنفرانس‌ها یا مجله‌های گوناگون برای نوشن مراجع، قالب‌ها یا قراردادهای متفاوتی دارند که به آنها استیل‌های مراجع گفته می‌شود. در این حالت به کمک استیل‌های بیب‌تک خواهد توانست تنها با تغییر یک پارامتر در پرونده ورودی خود، مراجع را مطابق قالب موردنظر تنظیم کنید. بیشتر مجلات و کنفرانس‌های معتبر یک فایل سبک (BibTeX Style) با پسوند bst در وب‌گاه خود می‌گذارند که برای همین منظور طراحی شده است.

به جز نوشن مقالات، این سبک‌ها کمک بسیار خوبی برای تهیه مستندات علمی همچون پایان‌نامه‌هاست که فرد می‌تواند هر قسمت از کارش را که نوشت مراجع مربوطه را به بانک مراجع خود اضافه نماید. با داشتن چنین بانکی از مراجع، وی خواهد توانست به راحتی یک یا چند ارجاع به مراجع یا یک یا چند بخش را حذف یا اضافه نماید؛ مراجع به صورت خودکار مرتب شده و فقط مراجع ارجاع داده شده در قسمت کتاب‌نامه خواهد آمد. قالب مراجع به صورت یکدست مطابق سبک داده شده بوده و نیازی نیست که کاربر درگیر قالب‌دهی به مراجع باشد.

۲۰.۸ سبک‌های مورد تأیید دانشگاه تهران

طبق «دستورالعمل نگارش و تدوین پایان‌نامه» دانشگاه تهران در [؟]، ارجاع در متن می‌تواند مطابق با هر یک از دو الگوی هاروارد یا ونکوور باشد:

سیستم نویسنده-سال (هاروارد): ذکر نام نویسنده و سال نشر در متن. در این الگو مراجع بر اساس حروف القبا تنظیم می‌گردند.

سیستم شماره‌دار (ونکوور): ارجاع به کمک شماره در متن. در این الگو شماره هر مرجع به ترتیب ظاهر شدن آن در متن در داخل کروشه قرار می‌گیرد. فهرست مراجع نیز بر اساس شماره مرجع (نه حروف القبا) تنظیم می‌گردد.

در مدیریت منابع با BibTeX، ارجاع‌ها در متن تنها به شکل شماره‌دار (ونکوور) امکان‌پذیر است، گرچه فهرست مراجع می‌تواند با روش‌های مختلف مرتب شود. اگر بخواهیم ارجاع‌ها در متن به صورت نویسنده-سال (هاروارد) باشد باید از بسته natbib^۴ و استیل‌های مختلف آن استفاده کنیم.

هنگام استفاده از روش نویسنده-سال نوع پرانتزگذاری‌ها در وسط و انتهای جمله با هم فرق خواهد داشت.

به مثال زیر مطابق با دستورالعمل [؟] توجه کنید:

⁴Natural Sciences Citations & References

ابتدا [؟] بسته زی پرشین را برای حروف چینی فارسی اختراع کرد. بعدها سبک‌های ارجاع‌دهی فارسی و قالب‌های پایان‌نامه نیز مبتنی بر آن ساخته شد [؟]. ارجاع‌دهی به مراجع لاتین نیز در زی پرشین امکان‌پذیر است. مثلاً [؟] یک کتاب انگلیسی است و به راحتی به مقالات انگلیسی نیز می‌توان ارجاع داد [？].

در این مثال، ^۴ ارجاع در وسط و انتهای جمله به مراجع فارسی و انگلیسی آمده است. وقتی از سیستم نویسنده-سال استفاده می‌کنید، بهتر است ارجاع‌های آخر جمله کلاً داخل پرانتر بیاید؛ بدین منظور باید به جای \citep از \citet استفاده کنید. اما در سیستم شماره‌دار چون تمام ارجاع‌ها داخل کروشه می‌آیند این امر اهمیت ندارد.

نمی‌توانید در متن فارسی، اسم لاتین محقق خارجی را بیاورید و برای جلوگیری از ایجاد ابهام، صرف نظر از نام لاتین هم مجاز نیست! توصیه می‌شود که نام محقق خارجی در متن با حروف فارسی و در پاورقی اسم تمام نویسنده‌گان به صورت انگلیسی آورده شود. نحوه رعایت این نکته را می‌توانید در کد مثال بالا ببینید.

گرچه در تمپلت ورد [؟]، به صراحة ذکر شده که بهتر است برای پایان‌نامه‌های مهندسی از سبک IEEE استفاده شود (که از سیستم ونکوور تبعیت می‌کند)، اما ترتیب فهرست مراجع در IEEE بر اساس ترتیب ارجاع در متن بوده و مراجع انگلیسی و فارسی از هم تفکیک نمی‌شوند که متضاد با دستورالعمل [؟] و نیز متضاد عرف اکثر پایان‌نامه‌های فارسی است. بنابراین دقیقاً نمی‌توان سبک خاصی را برای مراجع پایان‌نامه‌های دانشگاه تهران اجبار کرد. مهم این است که سبک ارجاع‌دهی در تمام طول یک کتابچه (مثلاً پایان‌نامه، مقالات یک مجله یا کل یک کتاب) یکسان باشد. بهتر است بسته به حوزه پایان‌نامه، در این مورد با استاد راهنمای خود مشورت کنید.

۳.۱.۸ سبک‌های فارسی قابل استفاده در زی پرشین

تعدادی از سبک‌های فارسی بسته Persian-bib^۵ که برای زی پرشین آماده شده‌اند، عبارتند از:

- سبک‌های شماره‌دار:

unsrt-fa.bst این سبک متناظر با unsrt.bst می‌باشد. مراجع به ترتیب ارجاع در متن ظاهر می‌شوند.
plain-fa.bst این سبک متناظر با plain.bst می‌باشد. مراجع بر اساس نام‌خانوادگی نویسنده‌گان، به ترتیب صعودی مرتب می‌شوند. همچنین ابتدا مراجع فارسی و سپس مراجع انگلیسی خواهد آمد.

⁵ برای اطلاع بیشتر به راهنمای بسته Persian-bib مراجعه فرمایید.

acm-fa.bst این سبک متناظر با plain-fa.bst می‌باشد. شبیه plain-fa.bst است. قالب مراجع کمی متفاوت است. اسامی نویسنده‌گان انگلیسی با حروف بزرگ انگلیسی نمایش داده می‌شوند. (مراجع مرتب می‌شوند)

ieeetr-fa.bst این سبک متناظر با ieeetr.bst می‌باشد. (مراجع مرتب نمی‌شوند)

- سبک‌های نویسنده-سال:

plainnat-fa.bst این سبک متناظر با plainnat.bst می‌باشد. نیاز به بسته natbib دارد. (مراجع مرتب می‌شوند)

chicago-fa.bst این سبک متناظر با chicago.bst می‌باشد. نیاز به بسته natbib دارد. (مراجع مرتب می‌شوند)

asa-fa.bst این سبک متناظر با asa.bst می‌باشد. نیاز به بسته natbib دارد. (مراجع مرتب می‌شوند)

با استفاده از استیل‌های فوق می‌توانید به انواع مختلفی از مراجع فارسی و لاتین ارجاع دهید. به عنوان مثال‌هایی از مراجع انگلیسی، مرجع [?] ^۶ مقاله یک ژورنال، مرجع [?] مقاله یک کنفرانس، مرجع [?] یک کتاب، مرجع [?] پایان‌نامه کارشناسی ارشد و مرجع [?] یک رساله دکتری می‌باشد. همچنین در میان مراجع فارسی، مرجع [?] مقاله یک مجله، مرجع [?] مقاله یک کنفرانس، مرجع [?] یک کتاب ترجمه شده با ذکر مترجمان و ویراستاران، مرجع [?] پایان‌نامه کارشناسی ارشد^۷، مرجع [?] یک رساله دکتری و مراجع [?]، [?] نمونه‌های متفرقه هستند.

۴.۱.۸ ساختار فایل مراجع

برای استفاده از بیب‌تک باید مراجع خود را در یک فایل با پسوند bib ذخیره نمایید. یک فایل bib در واقع یک پایگاه داده از مراجع^۸ شماست که هر مرجع در آن به عنوان یک رکورد از این پایگاه داده با قالبی خاص Digital Image ذخیره می‌شود. به هر رکورد یک مدخل^۹ گفته می‌شود. یک نمونه مدخل برای معرفی کتاب Processing در ادامه آمده است:

```
@BOOK{Gonzalez02image,
  AUTHOR    = {Gonzalez,, Rafael C. and Woods,, Richard E.},
```

^۶ چون فیلد authorfa برای این مرجع تعریف نشده در سبک نویسنده-سال با حروف لاتین به آن در متن ارجاع می‌شود که غلط است.

^۷ همان‌طور که در بخش ۱.۸ اشاره شد، بهتر است زیاد از پایان‌نامه‌ها در مراجع استفاده نکنید.

⁸Bibliography Database

⁹Entry

```

TITLE      = {Digital Image Processing},
PUBLISHER = {Prentice-Hall, Inc.},
YEAR       = {2006},
ISBN       = {013168728X},
EDITION    = {3rd},
ADDRESS    = {Upper Saddle River, NJ, USA}
}

```

در مثال فوق، @BOOK مشخصه شروع یک مدخل مربوط به یک کتاب و Gonzalez02book برچسبی است که به این مرجع منتب شده است. این برچسب بایستی یکتا باشد. برای آنکه بتوان برچسب مراجع را به راحتی به خاطر سپرد و حتی الامکان برچسب‌ها متفاوت با هم باشند، معمولاً از قوانین خاصی به این منظور استفاده می‌شود. یک قانون می‌تواند فامیل نویسنده اول + دورقم سال نشر + اولین کلمه عنوان اثر باشد. به ADDRESS، AUTHOR، ... و TITLE فیلدهای این مدخل گفته می‌شود، که هر یک با مقادیر مربوط به مرجع پر شده‌اند. ترتیب فیلدها مهم نیست.

انواع متنوعی از مدخل‌ها برای اقسام مختلف مراجع همچون کتاب، مقاله کفرانس و مقاله ژورنال وجود دارد که برخی فیلدهای آنها با هم متفاوت است. نام فیلدها بیانگر نوع اطلاعات آن می‌باشد. مثالهای ذکر شده در فایل MyReferences.bib کمک خوبی برای شما خواهد بود. با استفاده از سبک‌های فارسی آماده شده، محتویات هر فیلد می‌تواند به فارسی نوشته شود؛ ترتیب مراجع و نحوه چینش فیلدهای هر مرجع را سبک مورد استفاده مشخص خواهد کرد.

در فایل MyReferences.bib که همراه با این پروژه /پایان‌نامه /رساله هست، مثال‌های مختلفی از مراجع آمده‌اند که برای درج مراجع خود، تنها کافیست مراجع‌تان را جایگزین موارد مندرج در آن نمایید.

برای بسیاری از مقالات لاتین حتی لازم نیست که مدخل مربوط به آنرا خودتان بنویسید. با جستجوی نام مقاله + کلمه bibtex در اینترنت سایتها بسیاری همچون ACM و ScienceDirect را خواهید یافت که مدخل bibtex مربوط به مقاله شما را دارند و کافیست آنرا به انتهای فایل MyReferences.bib اضافه کنید.

۵.۱.۸ نحوه اجرای BibTeX

پس از قرار دادن مراجع خود، برای ساخت فایل خروجی می‌توانید دستور زیر را (در ترمینال یا از طریق ^{۱۰}Texmaker) اجرا کنید:

```
latexmk -bibtex -pdf main.tex
```

ابزار latexmk مراحل مختلف ساخت خروجی لاتک را به طور خودکار و بهینه انجام می‌دهد و هر بار فقط مراحلی را که لازم باشد تکرار می‌کند. روش دستی‌تر این است که یک بار XeLaTeX را روی سند خود اجرا نمایید، سپس از آن هم ۲ بار TeXWorks bibtex و پس از آن هم F11 کلید TeXMaker را. در XeLaTeX گزینه BibTeX از منوی Typeset را روی سند شما اجرا می‌کنند.

۲.۸ واژه‌نامه‌ها و فهرست اختصارات

واژه‌نامه^{۱۱} یا فرهنگ لغات، مجموعه‌ای از اصطلاحات و تعاریف خاص و فنی است که معمولاً در انتهای کتاب می‌آید. چون پایان‌نامه خود یک متن تخصصی بلند محسوب می‌شود، استفاده از فرهنگ لغات در انتهای آن به شدت توصیه می‌شود، خصوصاً که احتمال استفاده از لغات تخصصی لاتین در آن بالاست. واژه‌نامه‌هایی که در انتهای کتاب‌های انگلیسی می‌آیند معمولاً تک‌بانه هستند و معنی یک اصطلاح تخصصی در آنها، عمدتاً به صورت یک توصیف^{۱۲} طولانی آورده می‌شود. اما چون در متون فارسی، آوردن لغات انگلیسی مجاز نیست و باید معادل فارسی آنها وارد شود، جهت رفع ابهام معمولاً واژه‌نامه فارسی به انگلیسی (و برعکس) در انتهای کتاب درج شده و توصیف‌ها در صورت نیاز در متن آورده می‌شوند.

فهرست اختصارات^{۱۳} شامل نمادهای کوتاهی است که اغلب از حروف ابتدایی کلمات یک عبارت طولانی ساخته شده‌اند. با اینکه اختصارات با حروف (بزرگ) لاتین نوشته می‌شوند، اما چون کوتاه‌نده استفاده از آنها در میان متن فارسی مجاز است. با این حال برای رفع ابهام، عرف است که فهرستی از آنها شامل معنی هر نماد، در کنار دیگر فهرست‌ها در ابتدای متن درج شود.

^{۱۰} فایل latexmkrc باید در کنار main.tex وجود داشته باشد.

¹¹ Glossary

¹² Description

¹³ Acronym

در این قالب پایان‌نامه، برای ساخت و مدیریت واژه‌نامه و فهرست اختصارات از بستهٔ پیشرفته glossaries با موتور واژه‌نامه‌سازی xindy استفاده می‌شود. تنظیمات بهینهٔ این بسته در فایل glossaries-settings.tex عبارتند از:

- قبل از درج واژه‌ها در متن، باید مدخل آنها با دستور زیر (ترجیحاً در فایل جدای words.tex) تعریف شود:

```
\newword{Label}{Word}{واژه‌ها}
```

- قبل از وارد کردن علائم اختصاری در متن، باید مدخل آنها نیز (ترجیحاً در فایل acronyms.tex) به صورت زیر تعریف شود:

```
\newacronym{Label}{Acr}{معنی اختصار}
```

- جهت درج یک علامت اختصاری یا معادل یک واژهٔ تخصصی، کافی است از دستور {gls{Label}} در متن استفاده کنید. دستور {glspl{Label}} نیز برای آوردن معادل یک لغت در حالت جمع ساخته شده است.

- هنگام اولین استفاده از یک معادل فارسی یا اختصار در متن، معادل انگلیسی یا معنی آن در پاورقی آورده می‌شود. در صورتی که هر یک از این پیش‌فرضها را دوست ندارید با ویرایش فایل glossaries-settings.tex می‌توانید آن را تغییر دهید.

- در انتهای پایان‌نامه با دستور \printglossary فهرست کلمات استفاده شده به ترتیب الفبای فارسی (واژه‌نامه فارسی به انگلیسی) و الفبای انگلیسی (واژه‌نامه انگلیسی به فارسی) درج می‌شود.

به عنوان مثال، با مشاهده کد این نوشته، نحوه درج معادل فارسی متغیر تصادفی^{۱۴} را در متن مشاهده می‌کنید. در نمایش واژهٔ متغیر تصادفی برای بار دوم، معادل لاتین در پاورقی نمی‌آید. در مورد درج علائم اختصاری، مثلاً می‌توان به رابطهٔ F^{15} اشاره کرد.

¹⁴Random Variable

(N)

15

۳.۸ حاشیه‌نویسی در نسخه پیش‌نویس

اصلاح و بازبینی چندین و چندباره یک پایان‌نامه یا مقاله، از معمول‌ترین امور در نگارش آن می‌باشد. فرض کنید دانشجو پایان‌نامه یا مقاله خود را (کامل یا ناقص) نوشته و می‌خواهد نظر استاد راهنمای، اعضای آزمایشگاه یا دیگر متخصصین را در مورد آن جویا شود. به جز مشاوره حضوری، تلفنی یا از طریق ایمیل، برای اظهارنظر دقیق بر نوشته، می‌توان از ابزارهای حاشیه‌نویسی در فایل PDF یا tex نیز استفاده کرد.

یک راهکار مناسب برای حاشیه‌نویسی در فایل tex، استفاده از بسته todonotes می‌باشد که آقای خلیقی به تازگی امکان استفاده از آن را برای فارسی‌زبانان نیز فراهم آورده‌اند. بدین منظور، هر جایی که خواستید نکته یا نکاتی را در حاشیه متن یادداشت کنید، کافی است دستور زیر را وارد نمایید:

```
\todo{NOTE}
```

مثالاً استاد راهنمای می‌تواند از دانشجو بخواهد که در بخشی توضیح بیشتری دهد. استاد راهنمای یا داور حتی می‌تواند محل پیشنهادی برای درج یک تصویر را نیز به راحتی برای دانشجو مشخص کند. یکی دیگر از امکانات این بسته آن است که می‌توان فهرست نکات را در ابتدای سند داشت. بسته todonotes امکانات بسیاری دارد که در راهنمای آن معرفی شده است و با اجرای دستور زیر در خط فرمان می‌توانید آنها را مشاهده کنید:

```
texdoc todonotes
```

دقیق کنید که توضیحات حاشیه‌ای و فهرست کارهای باقیمانده (نکات)، فقط در نسخه پیش‌نویس^{۱۶} قابل دیدن هستند و در نسخه نهایی، نمایش داده نخواهند شد. برای استفاده از حالت پیش‌نویس باید گزینه draft به دستور \documentclass در ابتدای فایل main.tex اضافه شود. هنگامی که سند شما در حالت پیش‌نویس باشد:

۱. هیچ یک از صفحات آغازین پایان‌نامه، تا فهرست مطالب نمایش داده نمی‌شود (به جز صفحه اول).
۲. روی صفحه اول عبارت «پیش‌نویس» به صورت درشت و کم‌رنگ نمایش داده می‌شود.
۳. فهرست نکات درج شده توسط todo، پس از فهرست اصلی و با عنوان «فهرست کارهای باقیمانده» نمایش داده می‌شود.
۴. شماره صفحاتی که به هر مرجع ارجاع داده شده است در بخش مراجع نمایش داده می‌شود.^{۱۷}

¹⁶Draft

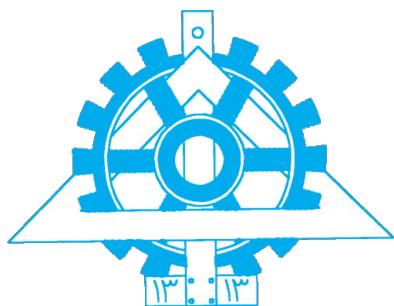
¹⁷اعمال گزینه pagebackref برای بسته

هر یک از موارد بالا تا زمانی که نسخه نهایی پروژه/پایان‌نامه/رساله نیاز نباشد بسیار مورد توجه و مفید واقع می‌شوند.

Abstract

This thesis studies on writing projects, theses and dissertations using tehran-thesis class. It ...

Keywords Writing Thesis, Template, L^AT_EX, X_{\P}Persian



University of Tehran
College of Engineering
Faculty of Engineering Science
Algorithms and Computation



Writing projects, theses and dissertations using tehran-thesis class

A Thesis submitted to the Graduate Studies Office
In partial fulfillment of the requirements for
The degree of Master of Science
in Computer Engineering - Algorithms and Computation

By:

Sina Momken

Supervisors:

First Supervisor and Second Supervisor

Advisor:

First Advisor

May 2017