بسم الله الرحمن الرحيم

١١٢٣٧٣-٢٠٠١٤٧٩

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکدهٔ فنی مهندسی

پایان نامه دورهٔ کارشناسی ارشد مهندسی برق
مهندسی پزشکی

تخمین سن افراد توسط پردازش تصاویر دیجیتال چهره

علیرضا کشاورز چوبه

۱۳۸۸/۶/۱۶
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

استاد راهنما:
دکتر علی محلوجی فر

زمستان ۱۳۸۷

۱۱۶۳۷۳

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای علیرضا کشاورزچوبه پایان نامه ۹ واحدی خود را **با عنوان تخمین سن افراد توسط پردازش تصاویر دیجیتال چهره** در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۱۰ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی برق - مهندسی پزشکی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر علی محلوجی فر	استادیار	
استاد ناظر	دکتر حمیدرضا مومنی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمدحسین میران بیگی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر سیدکمال الدین ستاره دان	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمدحسین میران بیگی	استادیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی پزشکی است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر علی محلوجی فر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب علیرضا کشاورز چوبه، دانشجوی رشته مهندسی پزشکی، مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: علیرضا کشاورز چوبه

تاریخ و امضا: ۱۳۸۸/۰۳/۱۷

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی
دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

نام و نام خانوادگی علیرضا کاوندی

تاریخ و امضا ۱۳۸۸/۰۲/۱۲

چکیده:

صحت تخمین سن افراد از روی چهره، همچون دیگر سیستمهای تشخیصی به طور عمده، متأثر از نوع ویژگیهای اعمالی به طبقه بند می باشد. به طوریکه با تغییر این ویژگیها، نتایج تخمین سن، تغییر می یابد. کارهای اخیر در زمینه تخمین سن، برای مدل کردن چهره از ترکیب دو مدل شکل و شدت استفاده شده است. از آنجا که مدل شدت به دلیل بهره گیری از مقادیر سطوح خاکستری تصاویر، وابستگی زیادی به شرایط محیطی و تصویربرداری دارد، بنابراین باعث افت عملکرد سیستم تخمین سن می گردد. لذا در این پایان نامه، از ویژگیهای بافتی جدیدی که توسط فیلترهای گابور و تبدیل سنسس اصلاح شده تولید می شوند به جای مقادیر سطوح خاکستری تصاویر استفاده شده است. بر این اساس، سه مدل جدید چهره با نام های: ۱) مدل چهره مبتنی بر ساختار ۲) مدل چهره مبتنی بر فیلتر گابور و ۳) مدل ترکیبی چهره مبتنی بر برترین فیلترهای گابور پیشنهاد شده است. هر یک از این مدلها در کنار طبقه بند شبکه های عصبی، تخمینگرهای پایه ای سن را تشکیل میدهند. بر اساس یک اثبات ریاضی چنانچه تخمینگرهای پایه ای سن، گوناگون در خطا باشند می توان برای بهبود نتایج، سیستم تخمینگر مرکب سنی با استفاده از متوسط برترین تخمینگرهای پایه ای سن ایجاد نمود. استفاده از ویژگیهای بافتی مختلف و بخصوص انتخاب بانک فیلتر گابور بر اساس کمترین همبستگی خطا، عاملی اساسی جهت ایجاد گوناگونی در خطا برای تخمینگرهای پایه ای سن است که در این پایان نامه استفاده شده است. از طرفی این انتخاب در ارائه مدلی ترکیبی از چهره، حائز اهمیت است. بهترین تخمینگر سنی که در این تحقیق ارائه شده است تخمینگر مرکبی است که در آن، از متوسط دو تخمینگر پایه ای سن حاصله از دو مدل پیشنهادی چهره با نامهای ۱) مدل ترکیبی چهره مبتنی بر برترین فیلترهای گابور و ۲) مدل چهره مبتنی بر ساختار استفاده شده است. میانگین و انحراف معیار خطای مطلق در این روش به ترتیب برابر با ۴/۹۴ و ۴/۷۴ سال است. این روش، در مقایسه با کلیه روشهای موجود برای تخمین سن، از نقطه نظر میانگین خطای مطلق، برترین روشی است که تاکنون ارائه شده است. در انتها، روشی بر اساس مدل ظاهری چهره و آنالیز تفکیک خطی جهت تشخیص کودکان در تصاویر پیشنهاد شد که دارای بهبود در صحت تشخیص و قابلیت اطمینان نسبت به آخرین کاری است که در این زمینه انجام شده است. آزمایشات نشان می دهد که با بهره گیری از طبقه بند کمترین فاصلهٔ اقلیدسی در فضای یک بعدی ویژگی می توان کودکان و افراد بالغ را به ترتیب با صحت ۸۹٪ و ۹۰٪ تشخیص داد.

واژه‌های کلیدی: تخمین اتوماتیک سن، تشخیص کودکان، شبکه های عصبی، مدل چهره، تخمینگر پایه ای سن، تخمینگر مرکب سن، آنالیز تفکیک خطی

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- معرفی موضوع تحقیق، بیان مسأله، اهداف و راهکارهای ارائه شده در تحقیق ۳
۱-۳- معیارهای ارزیابی سیستم تخمین اتوماتیک سن ۵
۱-۴- معیار ارزیابی سیستم اتوماتیک تشخیص کودکان از افراد بالغ ۵
۱-۵- پایگاه داده سنی تصاویر چهره استفاده شده در این پایان نامه ۶
۱-۶- نحوه انتخاب مجموعه آموزش و مجموعه آزمایش در آزمایشات ۶
۱-۷- سازماندهی پایان نامه ۷

فصل دوم: مروری بر روشهای تخمین اتوماتیک سن

۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- ساخت یک مدل آماری چهره ۱۱
۲-۲-۱- مدلهای آماری ۱۲
۲-۲-۲- ساخت مدل شکل و مدل شدت ۱۳
۲-۲-۲-۱- همترازسازی اشکال ۱۴
۲-۲-۲-۲- الگوریتم پیچش تکه ای خطی مبتنی بر مثلث ۱۹
۲-۲-۳- ساخت مدل ترکیبی شکل- شدت ۲۴
۲-۳- تعریف یک تابع سنی برای افراد جدید ۲۵
۲-۳-۱- تابع سنی مختص ظاهر ۲۵
۲-۳-۲- تابع سنی مختص ظاهر وزن دار ۲۷
۲-۳-۳- تابع سنی مختص فرد وزن دار ۲۷
۲-۳-۴- آزمایشات ۲۸
۲-۴- مقایسه طبقه بندهای مختلف برای تخمین اتوماتیک سن ۳۱
۲-۴-۱- تخمین سن تک مرحله ای ۳۴
۲-۴-۲- تخمین سن سلسله مراتبی ۳۶
۲-۴-۳- آزمایشات ۳۹
۲-۵- تخمین سن با استفاده از روش زیرفضای الگوی پیشرفت سن ۴۳
۲-۵-۱- الگوهای سنی ۴۵
۲-۵-۲- زیرفضای الگوی پیشرفت سن ۴۶
۲-۵-۳- آزمایشات ۵۲
۲-۶- جمع بندی ۵۴

فصل سوم: روشهای پیشنهادی برای تخمین اتوماتیک سن

۳-۱- مقدمه ۵۷
۳-۲- ساختار کلی سیستم تخمین اتوماتیک سن ۵۸
۳-۳- آشکارسازی چهره ۵۸
۳-۴- مکانیابی نقاط راهنما بر روی سطح چهره ۵۹
۳-۴-۱- مروری بر مدلهای شکل فعال ۵۹
۳-۴-۲- مدل شکل بکار رفته در مدل شکل فعال ۶۱
۳-۴-۲-۱- تولید اشکال از مدل شکل ۶۳
۳-۴-۲-۲- درک مدل شکل ۶۳
۳-۴-۲-۳- بازنمایی شکل داده شده توسط مدل شکل ۶۴
۳-۴-۲-۴- یک مثال از مدل شکل ۶۵
۳-۴-۳- مدل پروفایل بکار رفته در مدل شکل فعال ۶۵
۳-۴-۳-۱- تشکیل یک پروفایل ۶۷
۳-۴-۳-۲- ساخت مدل پروفایل در طی مرحلهٔ آموزش ۶۷
۳-۴-۳-۳- جستجو برای بهترین پروفایل ۶۷
۳-۴-۳-۴- جستجو ی چند تفکیکی ۶۸
۳-۵- تولید ویژگیهای بافتی ۶۹
۳-۵-۱- تبدیل سنسس اصلاح شده ۶۹
۳-۵-۱-۱- تغییرناپذیری کرنلهای ساختاری به شدت روشنایی ۷۱
۳-۵-۲- فیلترهای گابور دو بعدی ۷۲
۳-۵-۲-۱- انتخاب بانک فیلتر گابور بر اساس کمترین همبستگی ۷۳
۳-۶- طبقه بند استفاده شده در تخمینگرهای پایه ای سن ۷۶
۳-۶-۱- روش وفقی مستقیم برای یادگیری پس انتشار خطا: الگوریتم RPROP ۷۷
۳-۷- اثبات ریاضی برای کارآمدی سیستم ترکیبی تخمین سن ۷۹
۳-۸- تخمینگرهای پایه ای و مرکب سن ۸۱
۳-۹- نتایج آزمایشگاهی ۸۴
۳-۱۰- جمع بندی ۸۸

فصل چهارم: روش پیشنهادی برای تشخیص اتوماتیک کودکان در تصاویر

۴-۱- مقدمه ۹۱
۴-۲- آنالیز تفکیک خطی ۹۲
۴-۳- طبقه بند کمترین فاصله اقلیدسی ۹۴
۴-۴- نتایج آزمایشگاهی ۹۵

۴-۵- جمع بندی ۹۶

فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادات

۵-۱- جمع بندی ۹۸
۵-۲- پیشنهاداتی برای ادامه کار ۱۰۰

فهرست شکلها

شکل ۱-۱- تعدادی از تصاویر نمونه در پایگاه داده سنی FG-NET ۶
شکل ۲-۱- روش تعیین مثلث های بهینه در یک چهار ضلعی با استفاده از ملاک دایره ۲۰
شکل ۲-۲- مثالی از نحوهٔ مثلث بندی نقاط راهنما و توسعهٔ صفحات مثلثی ۲۲
شکل ۲-۳- مثالی از نحوهٔ مثلث بندی بهینهٔ نقاط کنترلی موجود بر روی چهره ۲۲
شکل ۲-۴- پیچش تصاویر چهره به شکل متوسط ۲۳
شکل ۲-۵- تأثیر مؤثرترین پارامترهای مدل، در ظاهر چهره ۲۴
شکل ۲-۶- مدلسازی تغییرات سنی با استفاده از توابع سنی محلی ۲۶
شکل ۲-۷- بلوک دیاگرام کلی تخمین سن ۳۱
شکل ۲-۸- بلوک دیاگرام تخمین سن با استفاده روش مختص سن ۳۲
شکل ۲-۹- بلوک دیاگرام تخمین سن با استفاده روش مختص ظاهر ۳۲
شکل ۲-۱۰- بلوک دیاگرام روش تخمین سن مختص سن و ظاهر ۳۹
شکل ۲-۱۱- برداری سازی الگوی سن ۴۷
شکل ۲-۱۲- الگوهای سنی تکمیل شده ۵۱
شکل ۲-۱۳- امتیاز تجمعی به سطح خطای روش AGES در مقایسه با دیگر روشهای تخمین سن بر روی پایگاه سنی FG-NET در حالت " گذاشتن- یک- فرد- بیرون" ۵۴
شکل ۳-۱- ساختار کلی سیستم تخمین اتوماتیک سن ۵۸
شکل ۳-۲- مثالی از نحوه جستجوی مدلهای شکل فعال ۶۰
شکل ۳-۳- چهره متوسط (سیاه) با تغییراتی در اولین مؤلفه اصلی (خاکستری) ۶۲
شکل ۳-۴- یک مدل شکل ساده ۶۳
شکل ۳-۵- عملکرد مدل شکل ۶۵
شکل ۳-۶- چهره متوسط که بر روی یک چهره جستجو برای آغاز یک جستجو قرار گرفته است ۶۶
شکل ۳-۷- نمایش یک پروفایل یک بعدی ۶۶
شکل ۳-۸- جستجو برای تطبیق پروفایل ۶۸
شکل ۳-۹- نمایشی از یک هرم تصویر ۶۹
شکل ۳-۱۰- تبدیل سنسس اصلاح شده ۷۰
شکل ۳-۱۱- زیر مجموعه ۲۵ تایی تصادفی از ۵۱۱ کرنل ساختاری محلی ممکن در یک همسایگی ۳×۳ ..... ۷۱
شکل ۳-۱۲- مثالی ازعدم وابستگی تبدیل سنسس اصلاح شده به مؤلفهٔ روشنایی تصویر ۷۱
شکل ۳-۱۳- مجموعه مقیاسهای مختلف ۷۳
شکل ۳-۱۴- ماتریسهای همبستگی ۶۴ فیلتر گابور بازنمایی شده به صورت تصاویر ۷۴

شکل ۳-۱۵- بخش حقیقی و اندازه فیلترهای گابور ۷۵
شکل ۳-۱۶- نمونه هایی از معماری شبکه های پیشخور چند لایه ۷۶
شکل ۳-۱۷- تخمینگر پایه ای سن مبتنی بر فیلتر گابور ۸۲
شکل ۳-۱۸- تخمینگر پایه ای سن مبتنی بر ساختار ۸۳
شکل ۳-۱۹- تخمینگر پایه ای سن مبتنی بر مدل ترکیبی ۸۳
شکل ۳-۲۰- تخمینگر مرکب سن (۱) ۸۳
شکل ۳-۲۱- تخمینگر مرکب سن (۲) ۸۴
شکل ۴-۱- بلوک دیاگرام روش پیشنهادی برای تشخیص کودکان ۹۲

فهرست جدولها

جدول ۱-۱- چگونگی ماتریس سردرگمی تشخیص کودکان ۵
جدول ۲-۱- نتایج تخمین سن با استفاده از روشهای تعریف توابع سنی برای افراد جدید ۳۰
جدول ۲-۲- نتایج آزمایشات بر حسب میانگین خطای مطلق ۴۱
جدول ۲-۳- توزیع تصاویر چهره پایگاه داده سنی FG-NET در بازه های سنی مشخص شده و توزیع افراد ناظر شرکت کننده در آزمایشات ۵۳
جدول ۳-۱- خطای تخمین سن برای بهترین تخمینگرهای پایه ای سن مبتنی بر فیلتر گابور ۸۵
جدول ۳-۲- بدترین نمونه تخمین سن در بهترین روشهای پیشنهادی ۸۸
جدول ۴-۱- ماتریس سردرگمی تشخیص کودکان در روش پیشنهادی ۹۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

چهره انسان به عنوان یک منبع اطلاعاتی مهم، نقش اساسی در ارتباطات میان افراد جامعه دارد. اطلاعات مختلفی در چهره انسان وجود دارد. به عنوان مثال می توان به حالت، هویت، جنسیت و سن اشاره نمود. از میان موارد ذکر شده، تخمین اتوماتیک سن[1] با استفاده از تصاویر چهره، موضوعی است که علیرغم اهمیت و کاربردهای متنوع آن، تاکنون تنها تعداد معدودی پژوهش در این زمینه منتشر شده است[۱-۴]. در این زمینه می توان به تعدادی از کاربردها به صورت زیر اشاره نمود.

۱) جلوگیری خودکار از ورود به وب سایتهایی اینترنتی و کنترل در محیطهای چت و ایمیل برای سنین خاص

۲) کنترل شیوهٔ دسترسی سنین خاص به برنامه های کامپیوتری و وسایل الکترونیکی مورد نظر

۲) بازیابی خودکار تصاویر چهره بر اساس سن افراد از ویدئو و یا بانک های اطلاعاتی دیگر

۳) خلاصه سازی تصاویر ویدئویی با تمرکز بر سنین از پیش تعریف شده

۴) بهبود صحت و سرعت سامانه های تشخیص چهره[2] [۱]

۵) کمک به درک چگونگی تخمین سن توسط انسانها

اگر چه در موارد بالا به تعداد اندکی از کاربردهای تخمین سن اشاره گردید ولی بطور کلی هر وسیله ای که متناسب با سن مخاطبان خود به ارائه خدمات می پردازد می تواند از سامانه های تخمین سن بهره گیرد.

روشهای موجود برای تخمین سن از طریق تصاویر چهره به سه گروه عمده تقسیم می شوند. روش نخست مبتنی بر مدل وابسته به مبحث اندازه گیری بدن انسان[3] است. این روش، مبتنی برآنالیز چین و چروک پوست صورت[4] و نسبت اندازه اعضای صورت است. این روش برای تخمین کلی سن[5] و برای دسته بندی چهره در چندین رده سنی استفاده شده است[۴و ۵]. در روش دوم، ویژگیهای

[1] Automatic age estimation
[2] Face recognition
[3] Anthropometric model
[4] Facial skin wrinkle analysis
[5] Coarse age estimation

چهره از شکل و شدت تصاویر چهره استخراج شده و به صورت پارامترهای مدلی تحت نام مدل ظاهری چهره[1] بازنمایی می شوند. سپس این پارامترها در فرآیند طبقه بندی بکار گرفته می شوند [۱و ۲]. در روش سوم، از زیرفضای الگوی پیشرفت سن[2] موسوم به AGES استفاده می شود. در این روش، سن فرد با نگاشت بردار ویژگی تصویر چهره که همان پارامترهای مدل ظاهری چهره است به نقطه ای از این زیرفضا که بتواند خطای بازسازی کمتری داشته باشد تعیین می شود [۳]. روشهای تخمین سن به طور کامل در فصل دوم تشریح خواهند شد.

۱-۲- معرفی موضوع تحقیق، بیان مسأله، اهداف و راهکارهای ارائه شده در تحقیق

پردازش خودکار چهره توسط محققین مختلفی بررسی شده است. پاره ای از موضوعات مرتبط با پردازش خودکار چهره عبارتند از[۶- ۸]:

- الگوریتمهای تشخیص هویت
- الگوریتمهای تشخیص ملیت
- الگوریتمهای تشخیص حالت چهره
- الگوریتمهای تعیین جنسیت
- الگوریتمهای تشخیص خستگی
- الگوریتمهای تخمین سن

وجه مشترک تمام الگوریتمهای فوق این است که تمام این موضوعات، بعد از استخراج ویژگیهای مناسب از چهره، در یک بستر طبقه بندی تکمیل می شوند. در میان این موضوعات، آنچه این پایان نامه به آن می پردازد، موضوع تخمین سن است. اگر چه عبارت تخمین سن می تواند دو مفهوم کلی تخمین محدوده سنی (مانند طفل، کودک، جوان، میانسال و پیر) و یا تخمین دقیق سن (مثلاً فردی سی و پنج ساله) را در بر گیرد ولی در این تحقیق و همچنین تحقیقات به روز دنیا تخمین دقیق سن مدنظر می باشد زیرا با این رویکرد می توان مورد نخست را نیز پوشش داد. با این حال، در این پایان نامه فصلی به تشخیص اتوماتیک کودکان که از نوع تخمین محدوده سنی است اختصاص دارد. ولی عمده مباحث به تخمین دقیق سن اختصاص دارد. در سراسر این پایان نامه، منظور ما از تخمین اتوماتیک سن، تخمین دقیق سن است.

در این پایان نامه، راهکارهایی جهت کاهش خطای سامانه تخمین اتوماتیک سن مبتنی بر تصاویر چهره پیشنهاد می شود. روشی نیز برای افزایش صحت تشخیص و قابلیت اطمینان در تشخیص اتوماتیک کودکان در تصاویر چهره پیشنهاد شده است. به طور کلی برای بهبود نتایج تخمین اتوماتیک سن، دو راهکار اساسی عبارتند از: ۱) پیشنهاد مدلهایی مناسب از چهره و ۲) ارائه روشهایی مناسب برای طبقه بندی.

[1] Facial appearance model
[2] Aging pattern subspace

بر این اساس مدلهای جدیدی از چهره با نام های زیر پیشنهاد شده اند:

- مدل چهره مبتنی بر ساختار
- مدل چهره مبتنی بر فیلتر گابور
- مدل ترکیبی چهره مبتنی بر برترین فیلترهای گابور

هر مدل پیشنهادی چهره به همراه طبقه بند شبکه های عصبی، تخمینگرهای پایه ای سن را تشکیل می دهند.

از طرفی تحقیقات نشان می دهد که سیستم های مرکب تحت شرایط خاصی می توانند باعث بهبود بیشتر نتایج شوند [۹]. لذا در این پایان نامه، دو تخمینگر مرکب سن، با استفاده از تخمینگرهای پایه ای سن پیشنهاد گردید. برای اینکه تخمینگرهای مرکب سن، دارای نتایج بهتری از تک تک تخمینگرهای پایه ای سن باشند نیاز است اولاً: برترین تخمینگرهای پایه ای سن در ایجاد تخمینگر مرکب شرکت نمایند و ثانیاً: تخمینگرهای پایه ای سن شرکت کننده در ساخت تخمینگر مرکب، گوناگون در خطا باشند. جزئیات این روشها در فصل سوم تحت عنوان "روشهای پیشنهادی برای تخمین اتوماتیک سن" کاملاً خواهد آمد.

بنا به اهمیت تشخیص اتوماتیک کودکان از سایر افراد با استفاده از تصاویر چهره، روشی با استفاده از مدل ظاهری چهره و آنالیز تفکیک خطی پیشنهاد شد. لازم به ذکر است بر اساس آخرین اطلاعات مؤلف پایان نامه، تاکنون تنها یک مقاله در زمینه تشخیص کودکان در تصاویر چهره منتشر شده است [۵]. در این مقاله، نسبت قطر عنبیه به عرض چهره، معیار تصمیم گیری بوده است. در این تحقیق مشاهده شده است که افراد حدود زیر ۱۲ سال دارای نسبت عرض چهره به قطر عنبیه متفاوتی نسبت به سایر افراد هستند. این روش، بسیار حساس به تعیین دقیق قطر عنبیه است و از طرفی تعیین دقیق قطر عنبیه کاری مشکل و پرخطا است. به خصوص اگر فرد چشمان خود را بسته باشد، این روش کارایی خود را کاملاً از دست می دهد. در روش ارائه شده در این پایان نامه، مشکل مذکور وجود ندارد و برای تشخیص کودکان (افراد زیر ۱۲ سال) تنها به یک ویژگی شکلی ساده (نسبت عرض چهره به قطر عنبیه) بسنده نشده است و از مدل ظاهری چهره که شکل و شدت تصویر چهره را توأماً مدل میکند استفاده شده است. لذا قابلیت اطمینان روش ارائه شده در این مقاله، نسبت به روش قبل افزایش یافته است. در این پایان نامه، افراد زیر ۱۲ سال را کودک و بالای ۱۲ سال را بالغ در نظر می گیریم. اگر چه می توان بازه های سنی مختلفی را برای دو گروه سنی کودک و بالغ تعریف نمود ولی بر اساس ارزیابی بر روی بازه های سنی مختلف، مشخص شد که آستانه ۱۲ سال دارای نتایج تشخیصی نسبتاً بهتری نسبت به سایر آستانه هاست و این به دلیل وجود تمایزات آشکار در ظاهر چهره این دو گروه سنی با در نظر گرفتن این آستانهٔ سنی است.

۱-۳- معیارهای ارزیابی سیستم تخمین اتوماتیک سن

برای ارزیابی سیستم تخمین سن از دو معیار میانگین خطای مطلق (MAE)[۱-۲] و نمودار امتیاز تجمعی به سطح خطا[1] (بر حسب سال)[۳] استفاده شده است. میانگین خطای مطلق M تصویر آزمایش، با استفاده از رابطه (۱-۱) محاسبه می گردد.

$$MAE = \frac{1}{M}\sum_{k=1}^{M}\left|\hat{a}ge_k - age_k\right| \qquad (۱-۱)$$

که در آن، $\hat{a}ge_k$ و age_k به ترتیب نشان دهندهٔ سن تخمینی و واقعی تصاویر آزمایش هستند. حالا فرض کنید سیستم تخمین سن از میان M تصویر آزمایش، به تعداد $M_{e<l}$ تصویر، دارای خطای مطلق کمتر از l (برحسب سال) باشد در این صورت امتیاز تجمعی بر حسب درصد برای این سطح خطا برابر است با:

$$\text{امتیاز تجمعی بر حسب درصد برای سطح خطای } l = \frac{M_{e<l}}{M}\times 100\% \qquad (۱-۲)$$

۱-۴- معیار ارزیابی سیستم اتوماتیک تشخیص کودکان از افراد بالغ

برای ارزیابی سیستم اتوماتیک تشخیص کودکان، از ماتریس سردرگمی[2] تشخیص کودکان [۵] به صورت جدول ۱-۱ استفاده شده است.

جدول ۱-۱- چگونگی ماتریس سردرگمی تشخیص کودکان

تشخیص \ واقعیت	کودک	بالغ
کودک	٪ A	٪ B
بالغ	٪ C	٪ D

که در آن داریم:

A= (تعداد کل کودکان / تعداد کودکانی که درست تشخیص داده شده اند) × ۱۰۰

B= (تعداد کل کودکان / تعداد کودکانی که به عنوان افرد بالغ تشخیص داده شده اند) × ۱۰۰

C= (تعداد کل افراد بالغ / تعداد افراد بالغی که کودک تشخیص داده شده اند) × ۱۰۰

D= (تعداد کل افراد بالغ / تعداد افراد بالغی که درست تشخیص داده شده اند) × ۱۰۰

[1] Cumulative score at error level
[2] Confusion matrix

شکل ۱-۱- تعدادی از تصاویر نمونه در پایگاه داده سنی FG-NET [۱۰]

۱-۵- پایگاه داده سنی تصاویر چهره استفاده شده در این پایان نامه

پایگاه داده سنی تصاویر چهره استفاده شده در این پایان نامه، پایگاه داده سنی FG-NET[۱۰] است. این پایگاه داده دارای ۱۰۰۲ تصویر چهره از ۸۲ فرد مختلف است به طوریکه از هر فرد، تصاویری در سنین مختلف فراهم شده است. بازه سنی بکار رفته در این پایگاه داده از کودک تازه متولد شده (صفر سال) تا فرد ۶۹ ساله است. تعدادی از تصاویر این بانک اطلاعاتی در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

۱-۶- نحوه انتخاب مجموعه آموزش و مجموعه آزمایش در آزمایشات

سؤال این است که کدام یک از تصاویر پایگاه داده سنی FG-NET را برای آموزش و کدامیک را برای آزمایش سیستم تخمین اتوماتیک سن برگزینیم. در پاسخ به این سؤال لازم است بدانیم که وقتی تعداد نمونه ها کم است معمولاً از روش ارزیابی k بخشی استفاده می شود. در این روش مجموعه کل تصاویر موجود به k بخش تقسیم می شوند. در هر مرحله، یک بخش به عنوان تصاویر آزمایش کنار گذاشته می شود و طبقه بند بر روی $k-1$ بخش باقیمانده آموزش می بیند. این عمل، k مرتبه تکرار می شود تا هر یک از تصاویر موجود در پایگاه داده، دقیقاً یکبار به عنوان نمونه آزمایشی استفاده شوند و در پایان این فرآیند، ارزیابی بر روی کل مجموعه تصاویر موجود صورت می گیرد. در حقیقت با استفاده از این روش، تعداد تصاویر آموزش و آزمایش می توانند به حداکثر تعداد خود افزایش یابند و در نتیجه نتایج ارزیابی تخمین سن دارای مقبولیت و اعتبار بالایی باشد.
در [۳] از روش ارزیابی k بخشی تحت عنوان " گزاردن- یک- فرد- بیرون" برای سیستم تخمین سن استفاده شده است. در این روش، در هر مرحله، تصاویر هر فرد از ۸۲ فرد موجود در پایگاه

سنی FG-NET به عنوان تصاویر آزمایشی کنار گذاشته می شود و طبقه بند بر روی تصاویر ۸۱ فرد باقیمانده آموزش می بیند. این عمل، ۸۲ مرتبه تکرار می شود تا هر یک از تصاویر موجود در پایگاه داده، دقیقاً یکبار به عنوان نمونه آزمایشی استفاده شوند.

۱-۷- سازماندهی پایان نامه

آنچه در فصل اول بررسی شد، معرفی کلی از موضوع تحقیق، بیان مسأله و همچنین اهداف و راهکارهای اصلی ارائه شده در تحقیق بود.

فصل دوم ، به کارهای انجام شده در حوزه تخمین سن و نتایج حاصله از این کارها اختصاص دارد. در این فصل سعی شده است تمام الگوریتمهای تخمین سن، به همراه نتایج حاصله ارائه گردند.

فصل سوم پایان نامه با عنوان روشهای پیشنهادی برای تخمین اتوماتیک سن ارائه شده است. در این فصل، روند ایجاد ویژگیهای بافتی بکار رفته در ساخت مدلهای پیشنهادی چهره و همچنین ساختار تخمینگرهای پایه ای و مرکب سن، تشریح و نتایج حاصله مورد ارزیابی و مقایسه با کارهای پیشین در حوزه تخمین سن قرار گرفته است.

فصل چهارم با عنوان روش پیشنهادی برای تشخیص اتوماتیک کودکان در تصاویر چهره ارائه شده است. در این فصل، راهکاری جهت بهبود صحت و قابلیت اطمینان تشخیص کودکان پیشنهاد و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در فصل پنجم که تحت عنوان جمع بندی و پیشنهادات ارائه شده است، به دستاوردهای پایان نامه به صورت تیتروار اشاره شده است. در انتهای این فصل نیز پیشنهاداتی برای ادامه تحقیق ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر روشهای تخمین اتوماتیک سن