

همایش ملی مطالعات و پژوهش های علمی علوم انسانی

نهاد برگزار کننده همایش: موسسه قانون یار با حمایت معنوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه
سرمدیر علمی و مسئول برگزاری همایش: دکتر بهنام اسدی شماره مجوز: ۷۸۸۶۴-۴۸۵۳
سال برگزاری همایش: ۱۳۹۷ شماره مقاله: ۹۴۵/۶۰۰ رده بندی کنگره: ۹۳۳/۲

ارائه روشی با استفاده از تلفیق ویژگیهای آماری و ویژگیهای AAM و HOG جهت تخمین سن افراد از روی چهره جهت استفاده در پزشکی قانونی

مهدی علیدوست

چکیده

تشخیص سن یکی از مواردی است که همواره دستگاه قضایی با آن روبرو است گاهی ممکن است شخصی ادعای کمتر بودن یا بزرگتر بودن سن اش را نسبت به آنچه در اسناد سجلی قید شده را داشته باشد یا تعیین سن جسد در مواردی که هویت او معلوم نیست و مواردی مشابه تشخیص هویت انسان بر اساس چهره از مسایل مهمی است که از پنجاه سال گذشته ذهن بشر را به خود مشغول کرده است. ما هر روز این کار را بارها و بارها تکرار می کنیم و از این روند در تشخیص اطرافیانمان استفاده می کنیم، امروزه با پیشرفت روز افزون فناوری اطلاعات و گسترش آن در بین مردم نیاز به روشی برای تشخیص هویت افراد توسط یک ماشین به جای انسان و با استفاده از ویژگی های بیومتریک به امری حیاتی تبدیل شده است. اساس این روش ها یکتا بودن بعضی ویژگی های انسان مثل چهره، اثر انگشت، طرز راه رفتن، نحوه تایپ کیبورد DNA، و بسیاری از صفات دیگر است. اما فراگیر بودن استفاده از چهره برای تشخیص هویت به این علت است که ما نسبت به روش های دیگر داده های مورد نیازمان را به مراتب راحت تر بدست می آوریم و عموم روش

های تشخیص چهره از دقت نسبتاً مناسبی برخوردارند. بر آورد خودکار سن از تصویر چهره کاربردهای مختلفی از جمله در پزشکی قانونی میتواند داشته باشد. بدین منظور با استفاده از روش‌هایی میتوان ویژگی‌های مختلفی از تصاویر چهره استخراج، پردازش و انتخاب شود که در کنار سایر روش‌های مورد استفاده در پزشکی قانونی جهت تعیین سن اشخاص موثر واقع شود. در این پژوهش پس از بررسی روش‌های مختلف به صورت تخصصی و بین رشته‌ای در زمینه تخمین سن افراد از روی تصویر چهره آن‌ها، تلاش شده است از تلفیق روش‌های مختلف، استخراج ویژگی، انتخاب و طبقه‌بندی ویژگی، الگوریتم‌هایی جهت برآورد سن ارائه شود که جهت استفاده کارشناسان و متخصصان امر در پزشکی قانونی در تعیین سن افراد در جایی که مقام قضایی بدنبال آن است مورد استفاده قرار میگیرد. و هم چنین بیان گردد که پزشکی قانونی از چه روشی برای تعیین سن استفاده می‌کند؟ و آیا می‌توان روش AMM یا تلفیق آن را با روش با HOG برای تعیین سن مورد توجه قرار داد؟ به نظر می‌رسد تلفیق این دو روش کمترین خطا را در تعیین سن اشخاص داشته باشد.

بخش اول: کلیات

تعیین سن یکی از وظایف دستگاه قضایی است که از طریق پزشکی قانونی صورت میگیرد. صورت انسان حاوی مقدار زیادی از اطلاعات مربوط به ویژگی‌های فردی است، از جمله تعیین هویت، احساسات، سن، جنسیت و نژاد. این اطلاعات به طور گسترده‌ای در سیستم تعامل انسان-کامپیوتر مبتنی بر صورت مورد استفاده قرار گرفته است که قادر به تفسیر اطلاعات صورت در ارتباطات انسان به انسان است. پژوهش‌های مربوط به برآورد سن با استفاده از تصاویر صورت مهم‌تر از هر زمان دیگری است، به این دلیل که دارای کاربردهای بسیاری از قبیل کنترل دسترسی به اینترنت، کنترل استفاده افراد کمتر از سن قانونی از دستگاه‌های فروش سیگار، بازیابی مبتنی بر سن از تصاویر چهره، سیستم‌های پیش‌بینی سن برای پیدا کردن بچه گمشده و تشخیص قوی چهره با پیشرفت سن، همچنین برآورد سن مصرف‌کنندگانی که به بیلبوردها نگاه می‌کنند با توجه به اینکه انتخاب مصرف‌کنندگان تا حد زیادی متفاوت است، در تبلیغاتی که سن خاصی را هدف قرار داده‌اند و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. عامل تمیز بین گروه‌های سنی، ابعاد چهره و چین و چروک آن می‌باشد. از این رو، اغلب از هر دو ضریب برای جداسازی گروه‌های سنی استفاده می‌شود. با استخراج ویژگی‌هایی که بر اساس تحقیقات علمی عامل تمیز بین گروه‌های سنی می‌باشد و آموزش یک شبکه یا کلاس بند می‌توان به صورت اتوماتیک گروه سنی افراد را تخمین زد^۱. سیستم‌های برآورد سن به طور کلی برای استفاده از دو مرحله طراحی می‌شوند: استخراج ویژگی‌های پیری و طبقه‌بندی ویژگی‌ها. استخراج ویژگی در برآورد سن بسیار مهم است، از آنجایی که ویژگی‌های استخراج‌شده تا حد زیادی بر

^۱. سمیه نوازی، عباس رسول زادگان. ارائه روش جدید دو مرحله ای برای تخمین هوشمند سن افراد توسط تصاویر چهره. نشریه علمی - ترویجی محاسبات نرم، شماره ۴/ پاییز و زمستان ۹۳ / صفحه ۵۲-۶۱.

عملکرد طبقه‌بندی تأثیر می‌گذارند به همین دلیل، تلاش زیادی در جهت استخراج ویژگی‌های متمایز پیری صورت گرفته است. این ویژگی‌ها می‌توانند به ویژگی‌های محلی، سراسر و ویژگی‌های هیبریدی، که ترکیبی از ویژگی‌های محلی و سراسر هستند، طبقه‌بندی شوند

بند اول: توصیف چهره

اولین روش تخمین سن انسان در سال ۱۹۹۴ بر اساس دیدگاه زیستی از چهره، طراحی و ارائه شد. در این روش طی فرایندی دو مرحله‌ای، تصاویر چهره را به سه دسته کودک، جوان و پیر تقسیم‌بندی می‌کرد. در مرحله اول، بر اساس محاسبه نرخ فاصله در نقاط مختلف صورت، با کمک علم آنتروپومتری تصاویر چهره افراد بالغ و نابالغ تفکیک می‌شوند. در مرحله دوم، از تحلیل چروک‌های صورت، به منظور تقسیم‌بندی تصاویر افراد بالغ به دو دسته جوان و پیر استفاده می‌شود. این روش نسبت به جهت و زاویه تصویر حساس است. بسیاری از مقالات در زمینه تخمین سن، از روش آماری AMM به منظور توصیف چهره استفاده کرده‌اند. روش AMM دو مدل از سطوح خاکستری و شکل کلی چهره ارائه می‌کند. استفاده از AMM برای توصیف چهره باعث می‌شود که مشخصه‌های سنی در مدل سطوح خاکستری و مشخصه‌های مربوط به نژاد و جنسیت، در مدل شکل نمایان شوند. در متدی ارائه شده که به منظور توصیف چهره، از یک روش سلسله‌مراتبی برای استخراج ویژگی، استفاده می‌کند. در این روش در مرحله اول، پارامترهای شکلی و ظاهری مد AMM به عنوان ویژگی‌های عمومی استخراج می‌شوند. در مرحله دوم، ویژگی‌های پوست و چروک به عنوان ویژگی‌های محلی، توسط فیلترهای گابور استخراج می‌شوند؛ سپس از ترکیب ویژگی‌های عمومی و محلی، یک بردار ویژگی تشکیل می‌گردد. این روش به دلیل استفاده از فیلترهای گابور، تا

اندازه‌ای در مقابل تغییرات ناشی از جهت و زاویه صورت مقاوم است. روش بعدی با نام AGES شناخته می‌شود که در آن، تصاویر مختلفی از سنین مختلف افراد خاصی در یک الگوی سنی مرتب می‌شود؛ سپس هریک از تصاویر موجود در الگوی سنی به شکل مجزا توسط روش AAM توصیف می‌شوند. در صورت نبودن تصویر برای یک یا چند سن مختلف از یک فرد، این تصویر توسط الگوریتم تکراری EM از روی سایر تصاویر موجود ساخته می‌شود. به منظور تخمین سن یک تصویر آزمایشی با این روش، ابتدا الگوی سنی مشابه آن تصویر و سپس مکان تصویر که متناظر با سن تصویر است، در آن الگوی سنی تعیین می‌شود. در عمل، در صورت نبودن تصاویر زیاد در یک الگوی سنی، تصاویر ساخته شده دارای وضوح و دقت کافی نبوده و همین موضوع کارایی روش را کاهش می‌دهد. به منظور بهبود روش‌های مذکور، روش‌های کاهش ابعاد غیرخطی مبتنی بر یادگیری منیفلد، مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ از جمله روش‌های منیفلد استفاده شده برای تجسم الگوی سنی می‌توان به OLPP و MFA و LSDA اشاره کرد. این روش‌ها برای کاهش ابعاد، جهتی را انتخاب می‌کنند که داده‌های مشابه نزدیک یکدیگر و به دور از داده‌های غیر مشابه قرار بگیرند. دو محدودیت عمده این روش‌ها نیاز به مجموعه آموزشی بزرگ و حساسیت به تغییرات در جهت و زاویه چهره است. برای حذف محدودیت دوم، می‌توان به جای اعمال روش منیفلد بر تصاویر خام از چهره، این روش را بر روی ویژگی‌های استخراج شده از چهره با استفاده از روش BIF اعمال کرد. علاوه بر روش‌های یاد شده، روش‌های کاهش ابعاد دیگری نیز در فرایند تخمین سن مورد استفاده قرار گرفته‌اند که از میان آن‌ها روش PLS موفقیت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها در تجسم داده‌ها در ابعاد پایین تر دارد.

بند دوم: یادگیری تابع تخمین سن

در مرحله یادگیری تابع تخمین سن نیز، به‌طور کلی، دو رویکرد تک مرحله‌ای و سلسله مراتبی دنبال شده است. رویکرد تک مرحله‌ای به یافتن برجسب سنی از میان سایر برجسب‌های سنی می‌پردازد ۸ حال آنکه در رویکرد سلسله مراتبی، ابتدا تصاویر به گروه‌های سنی، جنسیتی و غیره تقسیم می‌شوند و سپس برجسب سنی در محدوده کوچک‌تری جست‌وجو می‌شود به دلیل وسعت محدوده سنی، یافتن برجسب سنی دقیق توسط یک رویکرد تک مرحله‌ای، دشوار و با خطای زیاد همراه است. در رویکرد سلسله مراتبی، به دلیل وجود گروه‌های سنی، جنسیتی و غیره و نیاز به آموزش مدل مجزا برای هر گروه، پیچیدگی افزایش می‌یابد و این موضوع باعث کاهش محبوبیت این روش‌ها می‌شود.

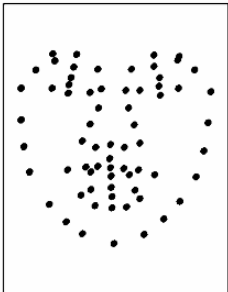
بند سوم: مدل سازی ظاهر

با پیروی از رویکرد قبلی، مدل‌های ظاهر آماری ما با ترکیب یک مدل شکل با یک مدل بافت، تولید می‌شوند. منظور ما از بافت، الگوی شدت‌ها و یا رنگ‌ها در یک پیک تصویر است. برای ساختن یک مدل، ما به یک مجموعه آموزش از تصاویر مشروح نیاز داریم که در آن، نقاط متناظر بر روی هر نمونه مشخص شده‌اند. به‌عنوان مثال، برای ساخت یک مدل چهره، ما به تصاویر چهره‌هایی نیاز داریم که با نقاطی مشخص شده‌اند که ویژگی‌های اصلی را تعریف می‌کنند شکل (۳-۱).

در ادامه از یک روش تجزیه و تحلیل برای همتراز کردن مجموعه‌ای از نقاط (که هر کدام به عنوان یک بردار X نشان داده شده‌اند) و ساخت یک مدل ظاهر آماری استفاده می‌کنیم [۶]. پس از آن ما هر تصویر آموزش را حرکت داده و می‌چرخانیم تا نقاط آن با نقاط شکل میانگین تطبیق نمایند و به این صورت پیک بدون شکل را به دست می‌آوریم

شکل (۱-۳) به یک بردار بافت (g) تبدیل می‌شود و با استفاده از یک تبدیل خطی $g \rightarrow (g - \mu_g)/\sigma_g$ نرمال‌سازی می‌شود که در آن μ_g و σ_g میانگین و واریانس عناصر g، پس از نرمال‌سازی می‌باشند، $g^T \mathbf{1} = 0$ و $|\mathbf{g}| = 1$.

روش تحلیل بر اساس مقادیر ویژه برای ساخت یک مدل بافت به کار برده می‌شود. در نهایت، ارتباط بین شکل و بافت آموخته می‌شود تا یک مدل ظاهر ترکیب شده را تولید نماید^۱

		
عکس برچسب زده شده	نقاط	عکس بدون برچسب‌ها
شکل (۱-۳) تصویر آموزش برچسب دار، یک پک بدون شکل و یک مجموعه از نقاط را ارائه می‌دهد		

مدل ظاهر دارای پارامتر c ، مطابق فرمول زیر است که شکل و بافت (در فریم مدل) را کنترل می‌کنند:

x	(۱-۳)
g	(۲-۳)

که در آن، $\bar{X}$ شکل میانگین است، $\bar{g}$ بافت میانگین در پیک شکل دار است، و Q_g و Q_s ماتریس‌هایی هستند که حالت‌های تنوع مشتق شده از مجموعه آموزش را توصیف می‌کنند.

شکل X ، در فریم تصویر می‌تواند با استفاده از یک تبدیل مناسب به نقاط تولید تبدیل شود، $x: X = S_t(x)$. به‌طور معمول، S_t یک تبدیل شباهت خواهد بود که توسط مقیاس گذاری s ، چرخش در صفحه θ ، و انتقال (t_x و t_y)، توصیف می‌شود. برای خطی بودن، ما مقیاس گذاری و چرخش را به صورت (s_x, s_y) نشان می‌دهیم، که در آن $s_y = s \sin \theta$ و $s_x = (s \cos \theta - 1)$ است. بنابراین بردار پارامتر ژست یا حالت صورت $t = (s_x, s_y, t_x, t_y)^T$ برای تبدیل هویت، صفر است و $S_t + \delta t(x) \approx S_t(S_{\delta t}(x))$.

بافت در فریم تصویر با استفاده از یک مقیاس گذاری و جبران شدت‌ها تولید می‌شود، $g_{im} = T_u(g) = (u_1 + 1)g_{im} + u_2$ ، که در آن، u بردار پارامترهای تبدیل است

و طوری تعریف شده که در آن $u = 0$ تبدیل هویت است و $T_u + \delta u(g) \approx T_u(T_{\delta u}(g))$.

بازسازی کامل توسط تولید بافت در میانگین پیک شکل دار ارائه می شود، سپس چرخاندن و حرکت دادن آن به طور که نقاط مدل بر روی نقاط تصویر، X ، واقع می شوند^۱ در آزمایش هایی که در زیر توضیح داده شده اند، از یک روش مبتنی بر درونیابی مثلث برای تعریف یک نگاشت پیوسته، استفاده کردیم.

در عمل، ما یک مدل مالتی رزولوشن را بر اساس یک هرم تصویر گاوسی می سازیم که اجازه می دهد تا یک رویکرد مالتی رزولوشن، تطبیق یابد، که منجر به بهبود سرعت و نیرومندی می شود. برای هر سطح از هرم، یک مدل بافت جداگانه را با نمونه برداری از تعدادی از پیکسل های متناسب با مساحت (بر حسب پیکسل) منطقه موردنظر در تصویر، می سازیم. بنابراین، مدل در سطح ۱ دارای یک-چهارم تعداد پیکسل مدل در سطح ۰ است.

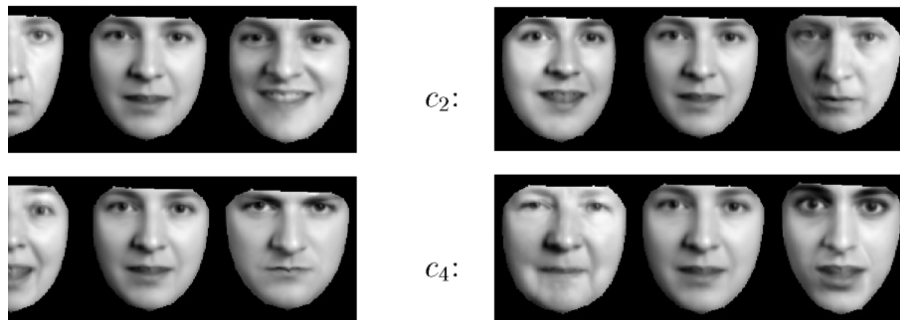
برای سادگی، ما از مجموعه یکسانی از نقاط عطف در هر سطح و مدل ظاهر یکسان استفاده می کنیم. اگرچه تعداد نقاط باید در رزولوشن های پایین تر به شدت کاهش یابد، هرگونه تاری جزئیات توسط مدل بافت در نظر گرفته می شود. سپس مدل ظاهر در یک سطح معین با توجه به مدل ظاهر سراسر و مدل بافت ویژه برای آن سطح محاسبه می شود.

بخش دوم: مدل ظاهر برای چهره ها

از روش توضیح داده شده فوق برای ساخت یک مدل ظاهر چهره استفاده کرده و همچنین از یک مجموعه آموزش شامل تعداد ۴۰۰ تصویر از چهره ها استفاده شد که هر کدام با ۶۸ نقطه در اطراف ویژگی های اصلی برچسب دار شده بودند شکل (۳-۱) و

^۱. S. Yan, X. Zhou, M. Liu, M. Hasegawa-Johnson, T.S. Huang, "Regression from Patch-Kernel", Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp:1-8, June 2008.

همچنین حدود ۱۰,۰۰۰ نقطه شدت از منطقه چهره نمونه‌برداری شدند. از این، یک مدل ظاهر را ایجاد کردیم که به ۵۵ پارامتر برای توضیح ۹۵ درصد از تغییر مشاهده‌شده نیاز داشت. شکل (۲-۳) اثر تغییر چهار پارامتر اول از C را با نشان دادن تغییرات در هویت، ژست و حالت نشان می‌دهد.



شکل (۲-۳) اثر تغییر چهار پارامتر نخست مدل ظاهر چهره، $C_1 - C_4$ ، تا انحراف استاندارد ± 3 از میانگین [۲۱]



شکل (۳-۳) حالت اولیه و وزن‌های جایگزین [۲۱]



شکل (۳-۴) حالت دوم و وزن‌های جایگزین [۲۱]

بخش سوم: جستجوی مدل ظاهر فعال

ما یک تصویر جدید داریم که قرار است تفسیر شود، یک مدل ظاهر کامل همان‌طور که در بالا شرح داده شد به همراه یک برآورد اولیه خام از موقعیت، جهت‌گیری و مقیاس که این مدل باید در یک تصویر در آن‌ها قرار داده شود. ما به یک طرح کارآمد برای تنظیم پارامترهای مدل نیاز داریم، به‌طوریکه یک نمونه ترکیبی تولید شود که تا حد امکان کاملاً با تصویر منطبق است^۱

مدل‌سازی باقیمانده تصویر: پارامترهای مدل ظاهر، C ، و پارامترهای تبدیل شکل، t ، موقعیت نقاط مدل در فریم تصویر، X ، را تعریف می‌کنند، که شکل پک تصویری را می‌دهد که قرار است توسط این مدل ارائه شود. در طی تطبیق، ما از پیکسل‌های موجود در این منطقه از تصویر، g_{im} ، نمونه‌برداری می‌کنیم، و آن را بر روی فریم مدل بافت،

^۱. Farah Jamal Ansari, Vaseem Durrani, "Face Emotions Recognition Using Compounded Local Binary Pattern Feature Descriptor With Support Vector Machine", University Polytechnic, Faculty of Engineering & Technology, Jamia Millia Islamia, New Delhi-110025, India, Vol. 6, pp:137-142, November 2016.

$g_s = T_u^{-1}(g_{im})$ ، تصویر می‌نماییم. بافت مدل فعلی توسط $g_m = \bar{g} + Q_g c$ نشان داده می‌شود. بنابراین تفاوت موجود بین مدل و تصویر (که در فریم بافت نرمال اندازه‌گیری می‌شود) عبارت است از:

$$r \quad (3-3)$$

که در آن، p پارامترهای مدل هستند، $p^T = (c^T | t^T | u^T)$.

یک اندازه‌گیری عددی ساده از تفاوت، مجموع مربعات عناصر r است، $E(p) = r^T r$. بسط تیلور مرتبه اول (۲-۳) می‌دهد:

$$r \quad (4-3)$$

که در آن، عنصر i -ام ماتریس $\frac{\partial r}{\partial p}$ ، $\frac{dr_i}{dp_j}$ است.

فرض کنید در طول تطبیق، باقی‌مانده فعلی ما r است. ما می‌خواهیم δp را برای به حداقل رساندن $|r(p + \delta p)|^2$ انتخاب کنیم. با برابر قرار دادن (۳-۳) با صفر، ما راه‌حل RMS را به دست می‌آوریم:

$$\delta \quad (5-3)$$

در یک طرح بهینه‌سازی استاندارد، محاسبه مجدد $\frac{\partial p}{\partial p}$ در هر مرحله لازم خواهد بود که یک عملیات گران است. با این حال، ما فرض می‌کنیم از آنجایی که در یک وضعیت نرمال محاسبه می‌شود، می‌توان آن را تقریباً ثابت در نظر گرفت. در نتیجه ما می‌توانیم آن را در یک مرحله از مجموعه آموزش برآورد کنیم. ما $\frac{\partial r}{\partial p}$ را توسط تمایز عددی برآورد می‌کنیم. ستون J -ام توسط جابجایی سیستماتیک هر پارامتر از مقدار بهینه معلوم در تصاویر معمولی و محاسبه متوسط وزنی باقیمانده‌ها محاسبه می‌شود.

به منظور بهبود نیرومندی برآورد اندازه‌گیری شده، باقیمانده‌ها در جابجایی‌هایی با مقادیر متفاوت، δp_{jk} ، اندازه‌گیری می‌شوند (معمولاً تا انحراف استاندارد ۰/۵، σ_j ، برای هر پارامتر، p_j) و با وزن متناسب با $\exp(-\delta p_{jk}^2 / 2\sigma_j^2)$ جمع‌بندی می‌شوند. سپس ما R را از پیش محاسبه می‌کنیم و در تمام جستجوهای بعدی با این مدل، از آن استفاده می‌کنیم.

تصاویر مورد استفاده در محاسبه $\frac{\partial r}{\partial p}$ می‌توانند نمونه‌هایی از مجموعه آموزش باشند و یا می‌توانند تصاویر ترکیبی تولیدشده با استفاده از خودِ مدل ظاهر باشند. در مواردی که تصاویر ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، یا می‌توان از یک پس‌زمینه مناسب استفاده نمود و یا می‌توان زمینه‌هایی از مدل را که با پس‌زمینه تداخل دارند شناسایی نمود و آن پیکسل‌ها را از روند مدل‌سازی حذف نمود که دومی باعث می‌شود رابطه نهایی مستقل‌تر از پس‌زمینه باشد.

در مواردی که پس‌زمینه قابل پیش‌بینی است (به‌عنوان مثال، تصاویر پزشکی)، این

ضرورتی ندارد.

بخش چهارم: پالایش مدل تکراری

با استفاده از معادله (۳-۴) می‌توانیم یک تصحیح را مطرح نماییم تا پارامترهای مدل را بر اساس باقی‌مانده اندازه‌گیری شده ارائه دهیم که اجازه می‌دهد تا ما یک الگوریتم تکرارشونده را برای حل مسئله بهینه‌سازی خودمان بسازیم.

با توجه به برآورد فعلی پارامترهای مدل، C ، ژست t ، تبدیل بافت u ، و نمونه تصویر در برآورد فعلی، g_{im} ، یک مرحله از روش تکرارشونده به شرح زیر است:

۱. تصویر کردن نمونه بافت بر روی فریم مدل بافت با استفاده از $g_s = T_u^{-1}(g_{im})$.

۲. ارزیابی بردار خطا، $r = g_s - g_m$ ، و خطای فعلی، $E = |r|^2$.

۳. محاسبه جابجایی‌های پیش‌بینی شده، $\delta p = -Rr(p)$.

۴. به‌روزرسانی پارامترهای مدل $p \rightarrow p + k\delta p$ ، که در آن در ابتدا $k = ۱$.

۵. محاسبه نقاط جدید، X' و بافت فریم مدل g'_m .

۶. نمونه‌گیری از تصویر در نقاط جدید برای به دست آوردن g'_{im} .

۷. محاسبه یک بردار خطای جدید، $r' = T_{u'}^{-1}(g'_{im}) = g'_m$.

۸. اگر $|r'|^2 < E$ ، آنگاه برآورد جدید را بپذیرید، در غیر این صورت، در $k = ۰.۵$ ،

$k = ۰.۲۵$ و

این دستورالعمل تا زمانی که بهبود برای خطا ارائه شود، $|r|^2$ و همگرایی پذیرفته شود تکرار می‌شود. در عمل، ما از یک اجرای مالتی رزولوشن استفاده می‌کنیم که در آن ما از

یک رزولوشن بالا شروع می کنیم و برای همگرایی قبل از طرح راه حل کنونی برای سطح بعدی مدل آن را در هر سطح تکرار می کنیم.

این کارآمدتر است و می تواند به مراتب بیش از جستجوی یک رزولوشن واحد، به راه حل درست همگرا شود. پیچیدگی الگوریتم در یک سطح معین، $O(n_{\text{pixels}} n_{\text{modes}})$ است. به طور کلی هر تکرار شامل نمونه گیری n_{pixels} نقطه از تصویر و سپس ضرب کردن در یک ماتریس $n_{\text{pixels}} \times n_{\text{modes}}$ است.

در کار قبلی، یک الگوریتم آموزش را بر اساس رگرسیون بردارهای جابجایی تصادفی در برابر بردارهای خطای باقی مانده توصیف کردیم. از آنجایی که مفروضات خطی طرح می شوند، همان نتیجه فوق را ارائه می دهد. با این حال در عمل، روش فوق سریع تر و مطمئن تر می باشد^۱.

بخش پنجم: روش تلفیق ویژگی ها

برای ترکیب ویژگی های متعدد، یک سطح ویژگی، یک سطح نمره و یا تلفیق سطح تصمیم مورد استفاده قرار می گیرد. مجموعه ویژگی ها که توسط تلفیق سطح ویژگی ساخته می شود، حاوی اطلاعات غنی تر در مورد داده های خام است. همچنین، تلفیق سطح ویژگی قادر به از بین بردن اطلاعات زائد حاصل از همبستگی ویژگی های تلفیق شده است. بنابراین، تلفیق سطح ویژگی را برای ترکیب کردن ویژگی های سراسر و محلی اتخاذ می -

^۱. A. Lanitis, C. Taylor, T. Cootes, " Toward Automatic Simulation of Aging Effects on Face Images ", IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 24, No. 4, pp: 442-455, Apr 2002.

کنیم^۱ فرض کنید چهار دسته ویژگی برای تلفیق داشته باشیم شامل ویژگی‌های دسته اول $(f_1 = [a_1, \dots, a_k])$ ، ویژگی‌های دسته دوم $(f_2 = [S_1, \dots, S_l])$ ، ویژگی‌های دسته سوم $(f_3 = [w_1, \dots, w_m])$ و در نهایت ویژگی‌های دسته چهارم $(f_4 = [t_1, \dots, t_n])$ ، که در مرحله استخراج ویژگی، استخراج می‌شوند (k, l, m, n) ابعاد هر یک از ویژگی‌ها می‌باشند. در مرحله نرمال‌سازی ویژگی، هر ویژگی توسط نرمال‌سازی نمره Z به صورت زیر نرمال می‌شود:

$$f \quad (۸-۳)$$

که در آن، f_i بردار ویژگی i -ام است، μ_i و σ_i به ترتیب میانگین و انحراف استاندارد ویژگی i -ام می‌باشند، f'_i بردار ویژگی i -ام نرمال شده است و i شاخص ویژگی می‌باشد. ویژگی تلفیق شده توسط الحاق ویژگی‌های نرمال شده به صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$f_i \quad (۹-۳)$$

$$=$$

که در آن، f_{new} ویژگی‌های ترکیب شده است. الحاق موجب افزایش بُعد ویژگی شده و همچنین منجر به الزامات شدید برای زمان محاسبه و ذخیره‌سازی می‌شود. بنابراین، بُعد ویژگی توسط PCA به صورت زیر کاهش می‌یابد:

^۱ J. Suo, T. Wu, S. Zhu, S. Shan, X. Chen, W. Gao, "Design Sparse Features for Age Estimation Using Hierarchical Face Model", Proc. IEEE Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, 2008.

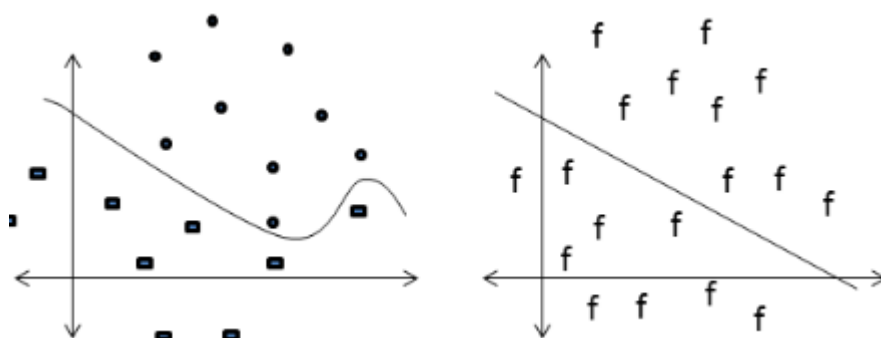
$$f \quad (۱۰-۳)$$

که در آن، P بعد کاهش یافته ویژگی الحاق شده است. در نهایت، f_{PCA} به منظور برآورد سن تصاویر صورت مورد استفاده قرار می گیرد.

ابعاد f_{PCA} (به عنوان مثال p) در معادله (۱۰-۳) به صورت تجربی بر اساس عملکرد ناشی از برآورد سن برای هر پایگاه داده، معین شدند. عملکرد برآورد سن با افزایش ابعاد PCA اندازه گیری شده و سپس ابعادی با بهترین عملکرد انتخاب می شوند^۱

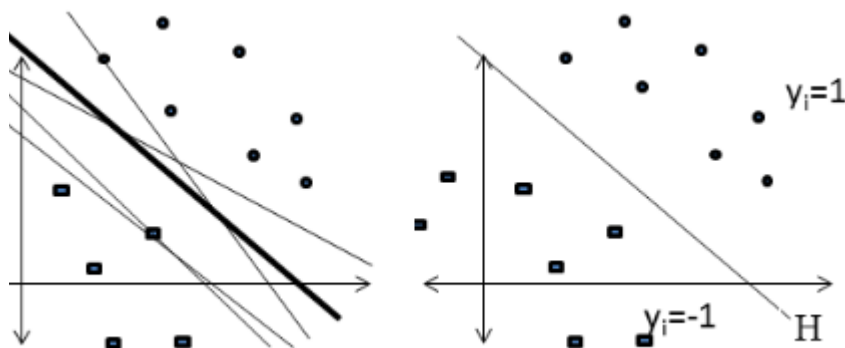
بخش ششم: ماشین بردار پشتیبان

دسته بند ماشین بردار پشتیبان یکی از دسته بندهای نظارتی است. این روش نمونه های آموزشی را از مدل فضای برداری به فضایی با ابعاد بالاتر نگاشت می کند. با نگاشت نمونه ها به فضای ابعاد بالاتر می توان نمونه ها را به صورت خطی دسته بندی کرد. در شکل (۸-۳) نگاشت نمونه های آموزشی به فضایی با ابعاد بالاتر نشان داده شده است. دسته بند ماشین بردار پشتیبان نمونه ها را در فضای ابعادی جدید با خطی به معادله $\langle w \cdot x \rangle + b = 0$ دسته بندی می کند.



شکل (۳-۸) نگاهت نمونه‌های آموزشی به فضایی با ابعاد بالا [۱۸]

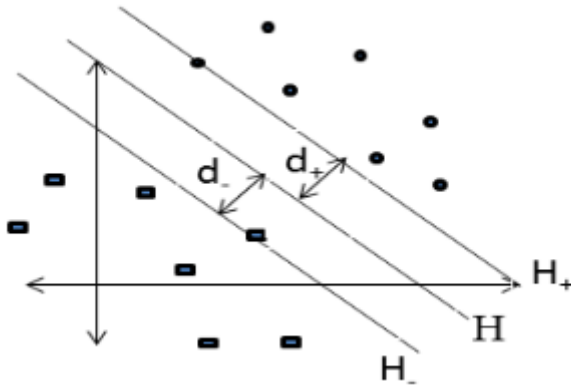
همان‌گونه که در شکل (۳-۹) نشان داده شده است، خطوط مختلفی را می‌توان پیدا کرد که بتواند نمونه‌ها را از هم تفکیک نماید و روش ماشین بردار پشتیبان از بین همه‌ی خطوط جداکننده، خطی که بیش‌ترین فاصله را از نمونه‌های مثبت و منفی دارد، انتخاب می‌کند.^۱



^۱ Approximate Balancing Weights: ". Yixin Wang, José R. Zubizarreta, , May ۲۰۱۷. "Characterizations from a Shrinkage Estimation Perspective

شکل (۹-۳) جداکننده‌های خطی [۳۰]

برای رسیدن به این هدف، درروش ماشین بردار پشتیبان از دو بردار جداکننده به موازات هم استفاده می‌شود. یکی از بردارهای جداکننده به نام H_+ از نزدیک‌ترین نمونه منفی به نمونه‌های مثبت می‌گذرد. خط دیگر به نام H_- از نزدیک‌ترین نمونه‌ی مثبت به نمونه‌های منفی گذشته و با خط H_+ موازی است. شکل (۱۰-۳) نشان‌دهنده‌ی خطوط H_+ و H_- است.



شکل (۱۰-۳) انتخاب بهینه‌ترین جداکننده‌های خطی [۳۰]

معادله خطوط H_+ و H_- به شکل زیر می‌باشد:

$$E \quad (۲۲-۳)$$

$$E \quad (۲۳-۳)$$

که در آن‌ها باید به ازای هر نمونه‌ی مثبت ($y_i = +1$) و هر نمونه‌ی منفی ($y_i = -1$) روابط زیر برقرار باشد:

$$-3 <$$

(۲۴)

$$-3 <$$

(۲۵)

هدف ماشین بردار پشتیبان پیدا کردن خطی به نام H با معادله‌ی $< w.x > + b = 0$ از بین خطوط جداکننده موازی با خطوط H_+ و H_- است که مابین این دو خط بوده و با این دو خط فاصله‌ی یکسانی داشته باشد. خط H به عنوان جداکننده‌ای که حداکثر فاصله را از نمونه‌های مثبت و منفی دارد، شناخته می‌شود. فاصله‌ی هر یک از خطوط H_+ و H_- از خط H یکسان است و با رابطه‌ی (۳-۲۶) محاسبه می‌شود:

$$d \quad (3-26)$$

فاصله‌ی دو خط H_+ و H_- باید حداکثر شود، برای رسیدن به این هدف باید مقدار $\frac{2}{\|w\|}$ حداکثر گردد، لذا مقدار $\frac{\|w\|}{2}$ باید با شرط برقراری $y_i(< w.x > + b) \geq 1$ حداکثر شود.

مشکل دیگر وجود داده‌های نویزی است که مانع دسته‌بندی نمونه‌ها می‌شوند، برای غلبه بر این مشکل از مقدار x_i استفاده می‌شود و معادله‌ی خطوط و شرط بهینه‌سازی به شکل زیر تغییر پیدا می‌کنند:

$$(۲۷) \quad -3 <$$

$$(۲۸) \quad -3 <$$

$$(۲۹) \quad -3 < n$$

که در آن مقدار عددی C ضریبی برای تعیین اهمیت حداقل شدن مقادیر $\frac{\|w\|}{p}$ و یا $(\sum_{i=1}^r \xi_i)^k$ است. معادله خط H با در نظر گرفتن شرایط مذکور با استفاده از روابط لاگرانژ قابل محاسبه می‌باشد.

با مشخص شدن معادله‌ی خط همانند روش شبکه‌ی عصبی، وزن‌ها مشخص شده و با استفاده از آن‌ها می‌توان دسته هر سند بدون برچسب، را تعیین کرد.

از معایب این روش می‌توان به پیچیدگی این روش اشاره کرد، همچنین روش مذکور حافظه مصرفی و زمان اجرای بالایی را در مراحل آموزش و دسته‌بندی دارد.^۱

بخش هفتم: مقایسه و ارزیابی

در تمامی روش‌های مختلف دسته‌بندی از جمله، مدل فضای برداری^۲، نزدیک‌ترین همسایه‌ی مجاور^۳، درخت تصمیم‌گیری^۴، دسته‌بند نیویز^۵، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۶ و ماشین بردار پشتیبان و ... برای تشخیص داده‌های مورد ارزیابی باید یک معیار برای بررسی دقت کلاس‌بندی در نظر گرفت.^۷

برای ارزیابی میزان کارایی دسته‌بندی از دو معیار استاندارد دقت و یادآوری استفاده می‌شود، رابطه‌ی (۳-۳۰) بیانگر رابطه‌ی معیار اندازه‌گیری دقت دسته‌بند بوده و رابطه‌ی (۳-۳۱) نشان‌دهنده معیار یادآوری است [۱۱]:

^۱. Yu Wang, Bin Song, Peng Zhang, Ning xin, Guixing Cao, " A Fast Feature Fusion Algorithm in Image Classification for Cyber Physical Systems", Laboratory of Integrated Services Networks, Xidian University 710071, China Vol. 5, pp: 9089-9098, May 2017.

^۲. *Vector space model*

^۳. k-Nearest Neighbors (KNN)

^۴. Decision Tree

^۵. New-Bayes clustering

^۶. Artificial Neural Networks (ANN)

^۷. D.Tien Nguyen, S.Ra Cho, K.Yong Shin, J.Won Bang, K. Ryoung Park, " Comparative Study of Human Age Estimation with or without Preclassification of Gender and Facial Expression ", Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal, Vol. 2014, p:1-15 September 2014

ρ	(۳۰-۳)
π	(۳۱-۳)

که در آن TP_i تعداد نمونه‌های آزمایشی است که به درستی در دسته‌ی C_i دسته‌بندی شده است، FP_i بیانگر تعداد نمونه‌های آزمایشی است که به صورت نادرستی در دسته‌ی C_i دسته‌بندی شده‌اند و FN_i تعداد نمونه‌های آزمایشی متعلق به دسته C_i است که به صورت نادرستی در دسته‌های دیگر دسته‌بندی شده‌اند. به‌طورمعمول هیچ‌یک از معیارهای دقت و یادآوری به‌تنهایی برای ارزیابی دسته‌بندها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و بسیاری از محققان از ترکیبی از این دو معیار برای ارزیابی دسته‌بندی استفاده می‌کنند. معیار F_1 یک معیار ارزیابی دیگر برای دسته‌بندی است. فرمول (۳۲-۳) بیانگر رابطه‌ی مربوط به این معیار می‌باشد.

$$F \quad (32-3)$$

در دسته‌بندی‌های چند دسته‌ای دو روش برای گرفتن میانگین از معیارهای مطرح شده به نام‌های میانگین‌گیری ماکرو و میانگین‌گیری میکرو وجود دارد.

π	(۳۳-۳)
ρ	(۳۴-۳)
π	(۳۵-۳)
ρ	(۳۶-۳)

که در آن‌ها μ بیانگر میانگین میکرو و M نشان‌دهنده‌ی میانگین ماکرو است. در میانگین میکرو هر سند برای محاسبه میانگین به کاربرده می‌شود و دسته‌های کوچکتر، تأثیر کمتری در نتیجه نهایی خواهند داشت. در میانگین ماکرو، در ابتدا میانگین برای هر دسته محاسبه شده و سپس میانگین آن‌ها، میانگین نهایی خواهد بود.

روش نزدیک‌ترین همسایه‌ی مجاور ($k \leq 3$) و مدل فضای برداری با صد درصد کارایی به عنوان بهترین دسته بند شناخته می‌شوند. دسته بندهای ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌ی عصبی مصنوعی با اینکه دارای سرعت بالایی در دسته‌بندی هستند ولی نسبت به

روش‌های نزدیک‌ترین همسایه‌ی مجاور و مدل فضای برداری دارای میزان صحت کمتری هستند. دسته بندهای نیویز و درخت تصمیم‌گیری دارای صحت ۸۰ درصد می‌باشند^۱.

بند اول: پایگاه داده‌های سن

جمع آوری داده‌ها به منظور ترکیب تصاویر واقعی سن و برآورد دقیق سن بسیار مهم است. با این حال، در عمل، جمع آوری پایگاه داده سن در اندازه بزرگ بسیار سخت است، به ویژه هنگامی که می‌خواهیم مجموعه تصاویر به ترتیب تاریخ از یک فرد جمع آوری نماییم. ما برخی از پایگاه‌های داده سن موجود را به شرح زیر خلاصه می‌کنیم.

➤ پایگاه داده سن FG-NET

پایگاه داده سن FG-NET در دسترس عموم است. این شامل ۱۰۰۲ تصویر صورت با رنگ رزولوشن بالا یا مقیاس خاکستری از ۸۲ شخص از نژادهای مختلف با تنوع زیادی از نور، ژست و حالت است. محدوده سنی از ۰ تا ۹۶ سال است و تصاویر سن به ترتیب تاریخ برای هر شخص در دسترس است (به‌طور متوسط، ۱۲ تصویر برای هر شخص).

➤ پایگاه داده MORPH

پایگاه داده چهره MORPH که در دسترس عموم است توسط گروه سن چهره در دانشگاه کارولینای شمالی در ویلمینگتون به منظور برنامه‌های کاربردی بیومتریک چهره

^۱. Jageshvar K. Keche, Dr. Mahendra P. Dhore, "Feature Extraction Technique for Human Face Recognition – A Hybrid Approach", International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology (IJIRCST), Vol.3, Issue-4, pp:44-49, July 2015.

جمع آوری شد. این پایگاه داده طولی، اطلاعات ابر داده افراد را ثبت می‌کند، از جمله سن، جنسیت، نژاد، قد، وزن، و اصل و نسب، که در دو آلبوم سازماندهی می‌شود.

آلبوم ۱ شامل ۱۷۲۴ تصویر چهره از ۵۱۵ نفر است که بین سالهای ۱۹۶۲ و ۱۹۹۸ گرفته شده‌اند. محدوده سنین از متوسط ۲۷٫۳ تا حداکثر ۶۸ سال می‌باشند. ۲۹۴ تصویر از زنان و ۱۴۳۰ تصویر از مردان وجود دارند. فاصله زمانی بین دو سن از ۴۶ روز تا ۲۹ سال است. آلبوم ۲ شامل بیش از ۲۰۰۰۰ تصویر چهره به دست آمده از بیش از ۴۰۰۰ نفر است.

➤ پایگاه داده YGA

پایگاه داده YGA شامل ۸۰۰۰ تصویر رنگی در فضای باز با وضوح بالا از ۱۶۰۰ شخص آسیایی، ۸۰۰ زن و ۸۰۰ مرد، با محدوده سنین از ۰ (نوزاد) تا ۹۳ سال است. هر شخص دارای حدود پنج تصویر تقریباً از جلو، در یک سن و سال است. عکس‌ها شامل تغییرات زیادی در نور، حالت صورت و آرایش می‌باشند.

➤ پایگاه داده WIT-DB

پایگاه داده فناوری تعامل انسان و کامپیوتر حاوی تصاویر حدود ۵۵۰۰ نفر از افراد مختلف مردم ژاپن با ۲۵۰۰ زن و ۳۰۰۰ مرد است. با ۱۴-۱ تصویر برای هر شخص، ۱۲۰۰۸ تصویر چهره زن و ۱۴۲۱۴ تصاویر چهره مرد وجود دارند. چهره‌ها نمایش‌هایی غیر مسدود از جلو با حالت خنثی و طیف گسترده‌ای از حالت‌های نور می‌باشند. چهره‌ها بریده می‌شوند و به تکه‌های سطح خاکستری ۳۲×۳۲ تغییر اندازه می‌یابند. برچسب‌های سن از ۳ تا ۸۵ سال می‌باشند، که به ۱۱ گروه سنی بدون همپوشانی تقسیم می‌شوند.

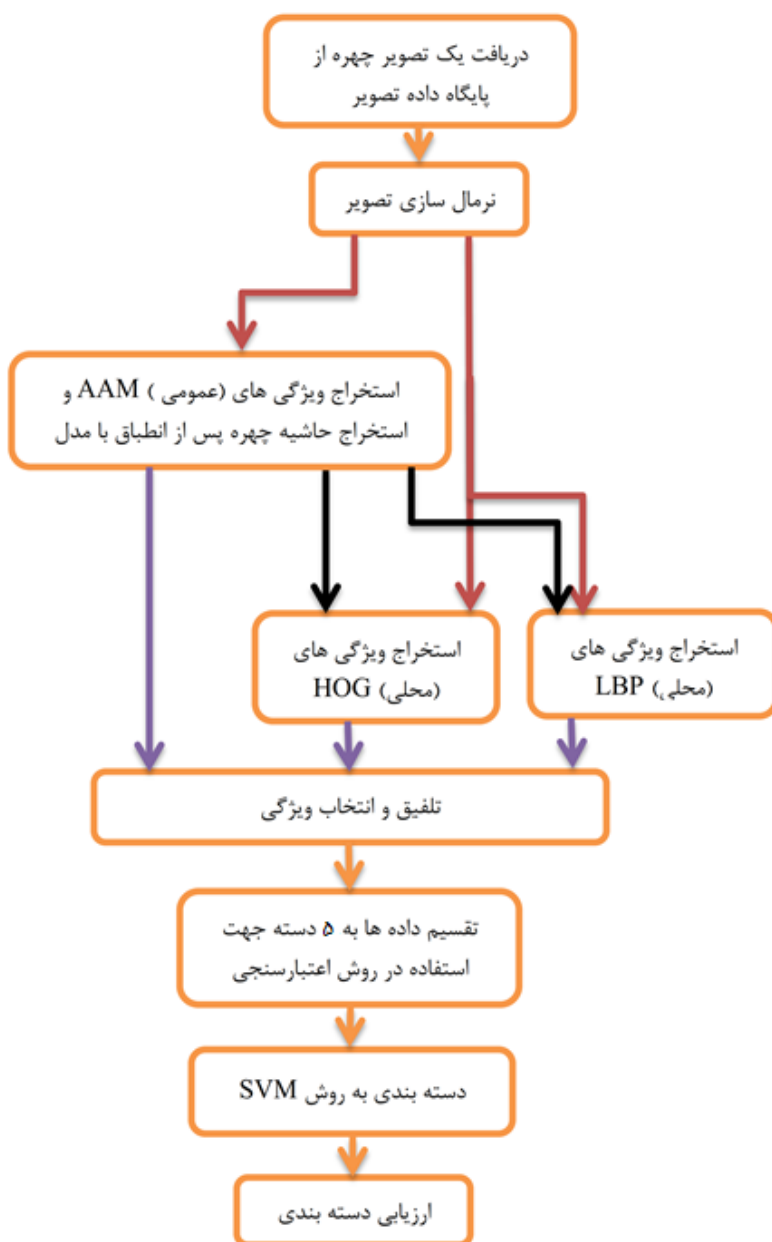
➤ پایگاه داده صورت آسیایی AI & R

پایگاه داده چهره آسیایی AI & R، که برای ترکیب و باز ارائه تصاویر واقعی چهره جمع آوری شده است، شامل چهار پایگاه داده فرعی است: AI&R V_{۱,۰} (حالت)، AI&R V_{۲,۰} (پیری)، AI&R V_{۳,۰} (زاویه) و AI&R V_{۴,۰} (نور). تصاویر فایل های JPEG ۶۴۰×۴۸۰ با عمق رنگ ۲۴ بیت می‌باشند. AI & R V_{۲,۰} شامل ۳۴ تصویر از جلو از ۱۷ نفر با باسن بین ۲۲ و ۶۱ سال است.

بند دوم: سیستم پیشنهادی

در این بخش برای نمایش و درک بهتر روش پیشنهادی بلوک دیاگرام این روش را در شکل (۴-۱) ارائه کرده ایم.

همان‌طور که در شکل دیده می‌شود در روش پیشنهادی پس از دریافت تصاویر از پایگاه داده، سه دسته ویژگی مورد بحث (الگوی باینری محلی و هیستوگرام گرادیان شیب گرا و مدل ظاهر فعال) را محاسبه و با یکدیگر تلفیق می‌کنیم. البته در بدست آوردن این ویژگی‌ها ابتدا ویژگی‌های مدل ظاهر فعال بدست می‌آیند که طی این فرآیند، حاشیه چهره نیز پس از انطباق با مدل اولیه استخراج می‌شود، سپس ویژگی‌های هیستوگرام گرادیان شیب گرا و الگوی باینری محلی از روی تصویر چهره بدست می‌آیند. که در فصل قبل مراحل آن تشریح گردید. برای کاهش حجم ویژگی‌های استخراج شده و بالا بردن دقت تصمیم‌گیری، انتخاب ویژگی مطابق آخرین بخش فصل قبل انجام یافته تا ویژگی‌های موثرتر باقی بماند.



شکل (۴-۱) بلوک دیاگرام روش پیشنهادی

بند سوم: شرح مراحل پیاده سازی

با توجه به شکل مراحل شبیه سازی را به می توان صورت زیر تشریح نمود:

۱- دریافت تصاویر از پایگاه داده و نرمال سازی آنها (که این

نرمال سازی عبارتست از تقسیم پیکسل های تصویر بر عدد ۲۵۵ و قرار

دادن مقادیر روشنایی در بازه $[0, 1]$ ، با فرض اینکه X و Y به ترتیب به

عنوان بردارهای ویژگی اصلی و بردارهای نرمال در نظر گرفته شوند این

روش بردار ویژگی اصلی را برای محدوده $[0, 1]$ یا $[-1, 1]$ به صورت

زیر تنظیم می کند (نرمال سازی تصویر):

$$(1-4) \quad y$$

اگر حداقل مقدار (y) برابر با صفر باشد و حداکثر مقدار (y) برابر با ۱ باشد، در

این صورت محدوده طراحی شده (۰ و ۱) می باشد، در غیر این صورت اگر حداقل مقدار (y)

(برابر ۱- و حداکثر مقدار (y) برابر ۱ باشد، در این صورت محدوده ی طراحی شده (۱ و

۱-) خواهد شد.

البته روش دیگری برای نرمال سازی وجود دارد، در روش دوم می توان ویژگی اصلی

بردار را برای میانگین صفر و انحراف استاندارد ی ۱ به صورت زیر نشان داد:

$$2-4 \quad y$$

۲- محاسبه ویژگی‌های الگوی باینری محلی، مدل ظاهر فعال، هیستوگرام گرادیان شیب گرا (که در فصول قبل تشریح گردید و روابط لازم برای بدست آوردن آن‌ها تشریح شد).

۳- قرار دادن ویژگی‌ها در ۵ گروه به عنوان ۵ روش که شامل ۳ روش منفرد و ۲ روش تلفیقی می‌باشد.

۴- در مرحله بعد عمل انتخاب ویژگی مطابق آنچه در فصل گذشته ارائه گردید، انجام می‌شود.

۵- استفاده از روش ۵-fold برای اعتبار سنجی ضربدری.

۶- استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان روی داده‌ها، تست و آموزش مرحله قبل جهت کلاس‌بندی داده‌ها.

۷- بررسی کارایی روش‌ها و بررسی دقت دسته‌بندی انجام یافته.

بند چهارم: پیاده سازی و نتایج

در ادامه مروری بر پایگاه داده PAL که شبیه سازی های انجام یافته روی این پایگاه می‌باشد انجام می‌شود سپس نتایج بدست آمده از شبیه سازی ها را مرور خواهیم نمود.

بند پنجم: محیط شبیه سازی

شبیه سازی های انجام یافته در محیط نرم افزار Matlab ۲۰۱۶b و با لپ تاپ با مشخصات Core i۷، ۱۶Gig RAM، انجام شده است.

بند ششم: پایگاه داده PAL

در این تحقیق جهت آموزش و تست روش‌های ارائه‌شده، از مجموعه داده‌های PAL/Natural Faces، که شامل ۱۵۷ عکس با اندازه ۴۸۰×۶۴۶ و با فرمت jpg استفاده شده است. شکل (۲-۴) چند نمونه از عکس‌های این پایگاه داده را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۴) چند نمونه از عکس‌های پایگاه PAL/Natural Faces

تصاویر در ۴ دسته باسنین ۱۸ تا ۲۹ سال و ۳۰ تا ۴۹ سال و ۵۰ تا ۶۹ سال و نهایتاً ۷۰ تا ۹۴ سال در این پایگاه تقسیم می‌شود.

جدول (۱-۴) تعداد تصاویر در چهار گروه سنی

کل تصاویر ۱۵۷	۲۹-۱۸	۴۹-۳۰	۶۹-۵۰	۹۴-۷۰
تعداد تصاویر هر گروه	۴۸	۴۵	۳۵	۳۰

بند هفتم: معیار های ارزشیابی

نمره تجمعی^۱ معیار است که در اینجا برای بررسی دقت دسته‌بندی مورد استفاده قرار گرفته که نسبت تصاویر آزمون، به‌طور که خطای مطلق بالاتر از یک عدد صحیح نیست تعریف می‌شود.

بند هشتم: نتایج شبیه سازی

در جدول (۲-۴) تعداد متوسط خطا در روش های مختلف آورده شده است.

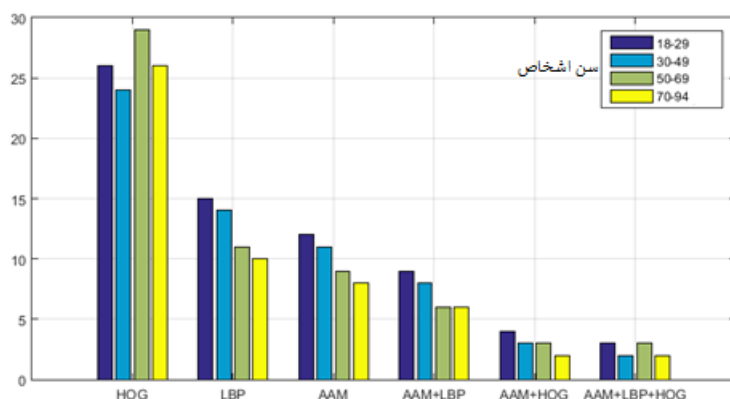
جدول (۲-۴) تعداد متوسط خطا در ۴ گروه سنی
--

انواع گروه سنی	HOG	LB P	AA M	AAM+L BP	AA M + HOG	AAM+LBP + HOG	
۱۸-۲۹	۲۶	۱۵	۱۲	۹	۴	۳	
۳۰-۴۹	۲۴	۱۴	۱۱	۸	۳	۲	
۵۰-۶۹	۲۹	۱۱	۹	۶	۳	۳	
۷۰-۹۴	۲۶	۱۰	۸	۶	۲	۲	

درصد متوسط خطا در روش های مورد بررسی نیز در جدول (۳-۴) آورده شده است.

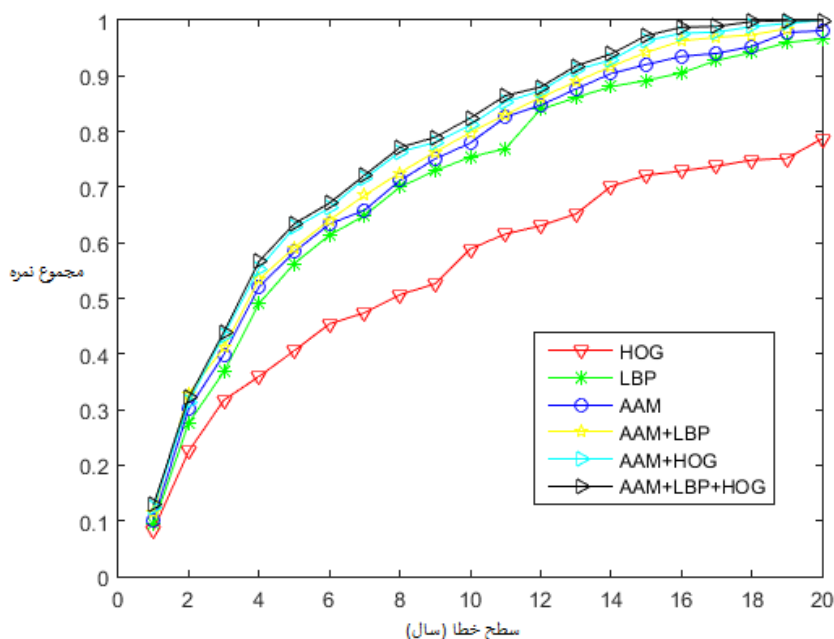
جدول (۳-۴) درصد متوسط خطا در ۴ گروه سنی						
انواع گروه سنی	HOG	LBP	AAM	AAM+ LBP	AAM + HOG	AAM+L HOG
۱۸-۲۹	۵۴,۱۶۶۷	۳۱,۲۵	۲۵	۱۸,۷۵	۸,۳۳۳۳	۶,۲۴۷۵
۳۰-۴۹	۵۴,۵۴۵۵	۳۱,۸۱۸۲	۲۵	۱۸,۱۸۱۸	۶,۸۱۸۲	۴,۵۴۵۵
۵۰-۶۹	۸۲,۸۵۷۱	۳۱,۴۲۸۶	۲۵,۷۱۴۳	۱۷,۱۴۲۹	۸,۵۷۱۴	۸,۵۷۱۴
۷۰-۹۴	۸۶,۶۶۶۷	۳۳,۳۳۳۳	۲۶,۶۶۶۷	۲۰	۶,۶۶۶۷	۶,۶۶۶۷

شکل (۳-۴) از نظر متوسط تعداد خطا در دسته‌های سنی مختلف و در روش‌های مختلف این مقایسه را نشان می‌دهد. در این شکل دیده می‌شود که روش‌های ترکیبی مدل ظاهر فعال و هیستوگرام گرادیان شیب گرا یا مدل ظاهر فعال و الگوی باینری محلی و یا هر دو با هم دارای کمترین متوسط خطا و به صورت مجزا، بیش‌ترین مقدار متوسط خطا را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۴) متوسط تعداد خطا در رده‌های سنی مختلف

با توجه به معیار نمره تجمعی که نمودار آن در شکل (۴-۴) آورده شده، دیده می‌شود مقدار این پارامتر برای ترکیب روش AAM+HOG+LBP بهترین کارایی را از خود نشان می‌دهد و در رده‌های بعدی، به ترتیب روش‌های تلفیقی AAM+HOG سپس AAM+LBP، بعدی روش AAM، LBP و نهایتاً روش HOG بهترین کارایی را از خود نشان می‌دهد.



(شکل ۴-۴) مقایسه عملکرد برآورد سن برای پایگاه PAL

با توجه به نتایج ارائه شده می توان گفت که روش ارائه شده علاوه بر اینکه دقت زیاد و پیچیدگی بسیار کمی در مقایسه با سایر روش ها دارد، برخلاف بیشتر روش های تخمین سن معرفی شده تاکنون، قابلیت تعمیم پذیری فراوانی نیز دارد. همچنین روش معرفی شده، برای ساخت مدل تعمیم پذیر، به تعداد زیادی از تصاویر نیاز ندارد. این روش مستقل از ویژگی هایی مانند رنگ و اندازه تصویر است. با توجه به اینکه روش پیشنهادی، از بردار ویژگی با ابعاد پایین (با توجه به کاهش ابعاد با استفاده از الگوریتم انتخاب ویژگی مورد استفاده) برای یادگیری تابع تخمین سن استفاده می کند، می توان گفت سربار محاسباتی این روش، در مقایسه با بیشتر روش های پیشین، در زمینه تخمین سن که از

۳۵ | بردارهایی با ابعاد بالاتر استفاده می کنند، بسیار کمتر است. علی رغم تلاش های زیادی که

در جمع آوری داده های پایگاه داده PAL کشیده شده است، دارای ایراداتی چون بالا

نبودن کیفیت عکس‌ها و چرخش جهت سر است و نیز تعداد این‌ها عکس در مقایسه با تعداد انسان‌ها و انواع و نژادهای مختلف آن‌ها ناچیز است. معیار میانگین خطای مطلق^۱ معیاری است که برای بررسی کارایی این سیستم‌ها بکار می‌رود. که یک معیار میانگین است و برای تک تک اشخاص صحت ندارد ممکن است سن یک شخص باسن اصلی فاصله زیادی داشته باشد و سن شخص دیگر دقیقاً منطبق باشد. لذا این تحقیقات تا رسیدن به سیستمی که بتواند سن دقیق را بدون خطا و با اطمینان تخمین بزند ادامه خواهد داشت. با بررسی‌های انجام شده و مقایسه مقادیر ورودی و خروجی می‌توان این نتیجه را بدست آورد که این الگوریتم در روی سنین کودکی تا بزرگسالی نتایج قابل قبول و منطقی را ارائه می‌دهد، اما ایراد در بازه‌های سنین کهن سالی بیشتر مشاهده می‌شود. از آنجا که الگوریتم‌های بسیاری ارائه شده است، می‌توان گفت ممکن است تحقیقات به سمتی برود که بتوان ویژگی‌های ایده آل را برای اجرا و مقایسه این روش‌های ارائه شده اخیر، از تصاویر چهره استخراج کند.

بخش هشتم: پزشکی قانونی

ارتباط دادن علم پزشکی با قوانین قضایی یک کشور را پزشکی قانونی می‌گویند. به عبارت دیگر بکار گرفتن علوم پزشکی و رشته‌های وابسته به آن در خدمت قانون را پزشکی قانونی می‌گویند^۲. پزشکی قانونی به کار بردن علم پزشکی در امور حقوقی و قضایی جامعه است، زیرا صدور قرار از طرف مقامات قضایی در علوم پزشکی و شعب آن احتیاج به کمک دارد و از روی نظر کارشناس است که مقامات قضایی می‌توانند قرار لازم را از التزام تا بازداشت در مورد متهم صادر کنند، لذا در جرایمی که از نظر

^۱ . [Mean absolute error](#) (MAE)

^۲ . شیرزاد، جلال، پلیس و پزشکی قانونی، تهران، دانشگاه علوم انتظامی، ۱۳۸۵، صص ۵۰-۶۳.

جسمی یا روانی ضایعاتی ایجاد میکند مقامات قضایی به نظریه کارشناس جسمی یا روانی که همان پزشکی قانونی است احتیاج دارند^۱. وظیفه پزشک قانونی روشن کردن و تجزیه و تحلیل نکات تاریک و مبهم پزشکی و تلفیق آنها با قوانین موضوعه است. برای این کار دقت و مهارت خاص لازم است، چون بسا موضوعاتی که به ظاهر خیلی ساده‌اند، اما ممکن است مسایل مشکل و غامضی در بر داشته باشند. کار پزشکی بخصوص قسمتی از آن که مورد نیاز مراجع قضایی است امروزه به قدری اهمیت دارد که میتوان گفت قضاوت صحیح بدون همکاری پزشکی قانونی ممکن نیست. باید دانست که مراجعه به پزشکی قانونی منحصر به امور قضایی نیست و پزشکی قانونی به چند قسم تقسیم میشود:

۱- پزشکی قانونی قضایی آن قسمت از امور پزشکی قانونی را که مربوط به ارتکاب جرایم از طرف بزه‌کاران و جنبه ضد اجتماعی رفتار و هویت آنان است، پزشکی قانونی یا جنایی می‌گوییم.

۲- پزشکی قانونی اجتماعی اموری که مربوط به تشکیلات اجتماعی است، پزشکی اجتماعی نام دارد.

۳- پزشکی قانونی مربوط به امور نظام پزشکی قسمتی از پزشکی قانونی که در آن راجع به حقوق و تکالیف شغلی پزشک بحث می‌شود به پزشکی قانونی شغلی موسوم است. در اداره پزشکی قانونی برای معاینات و تشخیص قطعی جرایم واحدهای مختلف فنی و علمی انجام

^۱. غنی زاده، سامان، عزیزاده، اکبر، نقش پزشکی قانونی در کشف پرونده های قتل عمد، مجله کارآگاه، ۱۳۹۲،

وظیفه می‌کنند که شامل زهرشناسی، بیماریهای روانی، آسیب شناسی، جرم‌شناسی و سرمشناسی است که دارای آزمایشگاههای مختلف میکروسکوپی، فیزیکی، شیمیایی، سرمشناسی، کالبدشناسی و حشره شناسی است.^۱

بخش نهم: تاریخچه پزشکی قانونی

پزشکی قانونی پا به پای طب و قانون، شروع به تکوین نمود و از دیرباز بشر را در کشف جرایم یاری داده است. سیری در تاریخچه پزشکی قانونی حاکی از این واقعیت دارد که پزشکی قانونی، یعنی بررسی رشد اندیشه بشری، از اینرو مطالعه این رشته علاوه بر آشنایی با سابقه گذشتگان مقایسه ای است بین آنچه که در گذشته وجود داشته و آنچه در جریان است. به عبارتی دیگر، علم پزشکی قانونی کلیدی است به گذشته و توضیحی است بر قوانین جاری و راهنمایی است برای آینده. شاید تاریخچه واقعی این علم به زمان اولین جنایات بشری بازگردد. براساس یافته‌های موجود از ۲۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، بابلیان قدیم مقرراتی در جهت تشخیص علت مرگهای مشکوک، خسارتهای ناشی از ضرب و جرح، تعیین سن و موارد دیگر وضع کرده بودند. در ایران قبل از ظهور اسلام، اطبا به مسائل قانونی علم پزشکی توجه زیاد داشتند. اما با ظهور اسلام احکام فقه اسلامی در تمام مسائل مختلف علم پزشکی وارد گردید؛ به خصوص در موارد ضرب و جرح معیارهای دقیقی برای تعیین شدت و عمق ضایعات جسمی و روحی وضع شد.^۲ در ایران در تمام دوره های اسلامی قوانین جزایی و حقوقی اسلام مورد استفاده قرار

^۱. جمشیدی، مسلم، ۱۳۸۶، نقش تشخیص در کشف قتل پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده امنیتی - جنایی،

دانشگاه علوم انتظامی، ص ۸

^۲. حسینی خواه نورا، اورنگیان غلامعلی، ارزیابی اعتبار نظریه کارشناس در محاکم کیفری. مجله کارآگاه. ۱۳۹۲،

میگرفت و وجود پزشکان قانونی در کنار دادگاهها و محاکم در جهت اقدامات کارشناسان ضروری به نظر میرسید. سابقه پزشکی قانونی در دوران اخیر در ایران به دوره قاجاریه بازمی گردد. افتتاح رسمی مرکز پزشکی قانونی در سال ۱۳۲۱ همزمان با افتتاح ساختمان دادگستری صورت پذیرفت. از آن تاریخ با گسترش علم پزشکی در ایران و پیشرفت روشهای جرمشناسی، مرکز پزشکی قانونی به تدریج توسعه یافته و به اداره پزشکی قانونی درآمد. و از سال ۱۳۴۰ پزشکان قانونی تربیت شده و به مراکز شهرستانها اعزام شدند^۱. بعد از پیروزی انقلاب اسلامی و در سالهای دهه ۶۰ بخشهای آسیب شناسی، رادیولوژی و آزمایشگاهها تأسیس شد. از سال ۱۳۷۰ وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی رشته تخصصی پزشکی قانونی را با توجه به نیازهای کشور ایجاد کرد و در حال حاضر ۱۱۴ متخصص پزشکی قانونی فارغالتحصیل شده‌اند و تعداد ۱۴ دستیار مشغول به ادامه تحصیلات. در سال ۱۳۷۴ اداره کل پزشکی قانونی به صورت سازمان پزشکی قانونی درآمد^۲.

بخش دهم: اهمیت سن از نظر پزشکی قانونی

توانایی تعیین سن فرد از لحاظ بی طرفی و اطمینان در بسیاری از رویدادهای پزشکی قانونی حائز اهمیت ویژه ای است. در بیان اهمیت تعیین سن در پزشکی قانونی باید به لزوم انجام آن در بسیاری از قوانین جزایی و مدنی در جمهوری اسلامی ایران همانند سایر کشورهای دنیا اشاره کرد. به عنوان مثال ماده ۱۰۴۱ قانون مدنی جمهوری اسلامی ایران مقرر می دارد عقد نکاح دختر قبل از رسیدن به سن ۱۳ سال تمام شمسی و پسر قبل از رسیدن به سن ۱۵ سال تمام شمسی منطو است به اذن ولی به شرط رعایت مصلحت با

^۱. غنی زاده، سامان، نقش پزشکی قانونی در کشف پرونده های قتل عمد. مجله کارآگاه، ۱۳۹۲، ص ۱۱۲

^۲. سلاخی جعفر، پزشکی قانونی برای دانشجویان حقوق، انتشارات جاودانه، تهران، ۱۳۹۰، ص ۶۳

تشخیص دادگاه صالح.^۱ ماده ۴۹ قانون مجازات اسلامی جمهوری اسلامی ایران: اطفال در صورت ارتکاب جرم مبری از مسئولیت کیفری هستند و تربیت آن‌ها با نظر دادگاه به عهده سرپرست اطفال و عندالاقضاء قانون اصلاح و تربیت اطفال می‌باشد.

تبصره ۱. منظور از طفل کسی است که به حد بلوغ شرعی نرسیده باشد.

تبصره ۲. هرگاه برای تربیت اطفال بزهکار تنبیه بدنی آن‌ها ضرورت پیدا کند باید به میزان و مصلحت باشد.^۲ ماده ۱۹ قانون کیفری آلمان، محدوده سنی که بالاتر از آن موجب ایجاد مسئولیت قانونی برای فرد می‌شود ۱۴ سال است.^۳

بخش دوازدهم: روش‌های تعیین سن توسط پزشکی قانونی

بخش سیزدهم: از طریق دندان

تا قبل از ۶ سالگی هنگامی که اولین دندان آسیای بزرگ دایم ظاهر می‌شود. تمام دندان‌های یک کودک شیری هستند. بعد از ۱۲ سالگی هنگامی که دومین دندان آسیای بزرگ دایم ظاهر می‌شود تمام دندان‌ها دایم هستند. سنین ۱۶ تا ۱۱ سال، تعدادی از دندان‌های شیری و تعدادی از آن‌ها دایم هستند. در این محدوده سنی معاینه کودک می‌تواند مشکل‌آفرین باشد، چرا که پزشک مجبور به افتراق دندان‌های موقت و دایم می‌شود که البته هر یک ویژگی‌های خاصی دارند. در این راه بهترین گزینه بررسی از طریق پرتونگاری و ارائه یک تصویر پانورکس از تمام دندان‌ها می‌باشد. نمای پانورکس قادر است تمام دندان‌های دایم و شیری را به تصویر بکشد. تکنیک اخیر با نام اختصاری OPG شناخته

^۱. حجتی اشرفی، غلامرضا، قانون مدنی جمهوری اسلامی ایران، ماده ۱۰۴۱

^۲. همان.

^۳. Study group of forensic age estimation of the German association for medicine: 6 Guidelines for age estimation criminalin living Individuals in forensic criminal proceeding, 2000

شده. و نام جدید تر آن OPT است. به طور کلی اگر کسی قادر به دیدن دندان‌های زیر دندان دیگر باشد بدیهی است که در آن صورت دندان قابل رویت شیری است و اگر دندان زیرین رویت نشد دندان قابل رویت دایمی است. در خیلی از موارد دندان پرمولردوم به خصوص در فک پایینی وجود ندارد که در این موارد مولر دوم شیری در دهان وجود دارد ولی زیر آن حوانه دندان دایمی دیده نمی شود. طی دوره آرایش مخلوط دندان سن یک کودک به آسانی طبق فرمول زیر محاسبه می شود.

استخوانی شدن: بررسی شکل گیری استخوان ها یک روش خیلی سودمند جهت تعیین سن استخوان ها یا از ناحیه غضروف یا از ناحیه بافت غشایی لینی است. روند استخوانی شدن انواع استخوان ها طی دوره های مختلف اما تقریباً معینی از زندگی شروع و به انتها می رسد. این تغییران به وسیله اشعه قابل مطالعه و تحقیق هستند. و در نتیجه این مطالعات یک تخصص در زمینه تعیین سن با ابزاری پیشرفته در اختیار ما قرار می دهد. به هر حال عواملی مثل وراثت، رژیم غذایی و فاکتورهای جغرافیایی بر روی تعیین سن تاثیر می گذارند. هم چنین استخوان سازی زنان کمی زودتر از مردان روی می دهد که جالب توجه است. نشان داده شده است که شکل گیری استخوان ها در مناطق حاره ای زودتر از مناطق معتدل است.

خصوصیات ثانویه جنسی: خصوصیات ثانویه جنسی تنها به ارایه یک نظریه خیلی مبهم از مبحث تعیین سن می پردازد و از لحاظ پزشکی قانونی چندان مهم تلقی نمی گردد مو در ابتدا در ناحیه زهار، سپس زیر بغل و در نهایت بر روی صورت می روید. در مردان موهای نرم در اطراف ناحیه زهار در سن ۱۴ سالگی و در ناحیه زیر بغل در سن ۱۵ سالگی و در ناحیه پشت لب بین ۱۶ و ۱۸ سالگی موکول شود. سبب آدم در سنسن بین ۱۶ تا ۱۸ سالگی

موکول شود. سبب آدم در سنین بین ۱۶ تا ۱۸ سال نمود بیشتری پیدا می‌کند. در زنان قاعدگی در ۱۲ تا ۱۳ سالگی شروع می‌شود. هم چنین در ۱۳ سالگی سینه‌ها شروع به رشد می‌کنند. ظهور موهای نرم بر روی برجستگی شرم گاهی در ۱۳ سالگی رخ می‌دهد.

بخش چهاردهم: کاربرد روش AMM و HOG در تعیین سن پزشکی قانونی

معمولاً افراد برای برآورد سن با استفاده از تصویر چهره از مجموعه ویژگیهای ریزودرشت موجود در قسمت‌های مختلف چهره و همچنین ظاهر و شکل کلی آن استفاده میکنند. به عبارت دقی تر ترکیب و تلفیقی از ویژگیهای محلی و عمومی مورد استفاده قرار میگیرد و مطمئناً هرچقدر استخراج این ویژگیهای در قسمت‌های مختلف چهره بهتر و دقی تر انجام شود برآورد سن نیز دقی تر خواهد بود. بر همین اساس برای برآورد خودکار سن بهوسیله ماشین در این مقاله تلفیقی از ویژگیهای محلی و عمومی مورد ارزیابی قرار گرفت. مشاهده گردید که مرحله استخراج و انتخاب ویژگیها در فرآیند خودکار برآورد سن از روی تصویر چهره از اهمیت خاصی برخوردار است، چراکه دقت اینچنین سیستمها تا حدود بسیار زیادی به این مرحله وابسته است. مدل ظاهر فعال جهت استخراج ویژگیها عمومی مانند شکل و ظاهر چهره مورد استفاده قرار گرفت و همچنین از HOG جهت استخراج ویژگیها محلی مانند تشخیص چین و چروکها در پیشانی و دیگر قسمت‌های چهره پیادهسازی گردید. نتایج پیادهسازی بر روی تصاویر چهره محکزی نشان داد که روشهای تلفیقی دارای عملکرد بهتری در مقایسه با روشهای منفرد دارند و تلفیق AAM+HOG با داشتن کمترین خطا دارای کارایی بهتر در مقایسه با AAM+HARALIC دارد. یکی از مهمترین دلایل برای اینچنین رفتاری عبارت است از اینکه تعداد ویژگیهایی که روش HOG از قسمت‌های مختلف تصویر با توجه به بخش

کردن تصویر به سلولهای مختلف استخراج میکند در مقایسه با ویژگیها HARALIC به مراتب بیشتر است

نتیجه گیری

تعیین سن وظیفه ای است که پزشک قانونی هم در کشورهای در حال توسعه و هم در کشورهای توسعه یافته عهده دار آن است. تعیین سن افراد در اجرای بسیاری از قوانین کیفری در سرتاسر جهان تعیین کننده است. پزشکی قانونی می تواند سن یک فرد را با بررسی دندان ها ، استخوان سازی و خصوصیات ثانوی جنسی تعیین کند . بنابراین برای تعیین سن از سیستم هایی استفاده کند که سیستم های برآورد سن از روی چهره اشخاص، سیستم هایی هستند که با توجه به ویژگی های استخراج شده از روی چهره، سن افراد را برآورد می کنند که در این پایان نامه انواع ویژگی های مورد استفاده در این راستا و روش های دسته بندی، جهت تحلیل را ارائه نمودیم. به همین ترتیب تخمین سن با استفاده از تصویر چهره، اطلاعاتی را در اختیار می گذارد که کاربرد های زیادی در برنامه های کامپیوتری دارند، از جمله مهم ترین آنها می توان به فراهم کردن رابط کاربری متناسب با سن فرد اشاره کرد. برای استخراج ویژگی، ویژگی های ترکیبی که ترکیبی از ویژگی های جزئی و کلی هستند توجه زیادی را به خود جلب نموده اند، به این دلیل که این روش می تواند نقایص موجود در هر یک از ویژگی های دیگر را جبران کند. ویژگی های سراسر به طور عمده برای تخمین سن مورد استفاده قرار می گیرند، به این دلیل که آنها در مقایسه با ویژگی های محلی، مقدار اطلاعات زیادی در مورد ظاهر و شکل یک چهره ارائه می دهند. با این حال، ویژگی های عمومی شامل اطلاعات دقیق چین و چروک و پوست

شده‌اند، بنابراین نقص موجود در هر ویژگی می‌تواند توسط ترکیب ویژگی‌های سراسر و محلی جبران شود. بنابراین، ویژگی‌های هیبرید برای برآورد دقیق سن مطلوب می‌باشند. به همین منظور سه روش استخراج ویژگی مورد استفاده قرار گرفته یک روش عمومی و دو روش محلی و دو به دو با هم تلفیق شده‌اند و نتایج، عملکرد بهتر روش تلفیقی را در پایگاه داده PAL نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده است در هر چهار گروه سنی کمترین تعداد خطای سن بر اساس سال، در روش AAM+HOG+LBP است. این روش کمترین خطا را در تعیین سن دارد و به نظر می‌رسد بهترین روش است البته انتخاب درست ویژگی‌ها و تشخیص مفید، غیرمفید بودن و یا زائد بودن آنها هنوز یکی از چالش‌های پیش رو در این زمینه است.

منابع و مآخذ

۱. سمیه نوازی، عباس رسول زادگان. ارائه روش جدید دو مرحله ای برای تخمین هوشمند سن افراد توسط تصاویر چهره. نشریه علمی ترویجی محاسبات نرم، شماره ۴/ پاییز و زمستان ۹۳ / صفحه ۵۲-۶۱.
۲. شیرزاد، جلال، پلیس و پزشکی قانونی، تهران، دانشگاه علوم انتظامی، ۱۳۸۵، صص ۵۰-۶۳.
۳. غنی زاده، سامان، علیزاده، اکبر، نقش پزشکی قانونی در کشف پرونده های قتل عمد، مجله کارآگاه، ۱۳۹۲، ص ۱۱۲.
۴. جمشیدی، مسلم، ۱۳۸۶، نقش تشخیص در کشف قتل پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده امنیتی - جنایی، دانشگاه علوم انتظامی، ص ۸.
۵. حسینی خواه نورالله، اورنگیان غلامعلی. ارزیابی اعتبار نظریه کارشناس در محاکم کیفری. مجله کارآگاه. ۱۳۹۲، ص ۱۷۸.
۶. غنی زاده، سامان، نقش پزشکی قانونی در کشف پرونده های قتل عمد. مجله کارآگاه، ۱۳۹۲، ص ۱۱۲.
۷. سلاحی جعفر، پزشکی قانونی برای دانشجویان حقوق، انتشارات جاودانه، تهران، ۱۳۹۰، ص ۶۳.
۸. حجتی اشرفی، غلامرضا، قانون مدنی جمهوری اسلامی ایران، ماده ۱۰۴۱.

- i. Kuan-Hsien Liu, Shuicheng Yan, Jay Kuo, " Age Estimation via Grouping and Decision Fusion ", IEEE Transactions On Information Forensics And Security, Vol. 10, No. 11, November 2015.

- ii. S. Yan, X. Zhou, M. Liu, M. Hasegawa-Johnson, T.S. Huang, "Regression from Patch-Kernel" , Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp:1-8,June 2008.
- iii. [10] Wankou Yang, Cuixian Chen, Karl Ricanek, Changyin Sun, "Ensemble of Global and Local Features for Face Age Estimation", Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp: 251–259, 2011.
- iv. [8] Yixin Wang, José R. Zubizarreta, "Approximate Balancing Weights: Characterizations from a Shrinkage Estimation Perspective " , May 2017.
- v. Farah Jamal Ansari, Vaseem Durrani, "Face Emotions Recognition Using Compounded Local Binary Pattern Feature Descriptor With Support Vector Machine", University Polytechnic, Faculty of Engineering & Technology, Jamia Millia Islamia, New Delhi- 110025, India , Vol. 6, pp:137-142, November 2016.
- vi. Lanitis, C. Taylor, T. Cootes, " Toward Automatic Simulation of Aging Effects on Face Images " , IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 24, No. 4, pp: 442-455, Apr 2002.
- vii. J.Suo, T. Wu, S. Zhu, S. Shan, X. Chen, W. Gao, "Design Sparse Features for Age Estimation Using Hierarchical Face Model", Proc. IEEE Conf. Automatic Face and Gesture Recognition,2008.
- viii. H.Fukai, H.Takimoto, Y.Mitsukura, Minoru Fukumi, "Apparent Age Estimation System Based on Age Perception", International Conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration, pp:2808-2812,2007.
- ix. Yixin Wang, José R. Zubizarreta, "Approximate Balancing Weights: Characterizations from a Shrinkage Estimation Perspective " , May 2017.
- x. Yu Wang, Bin Song, Peng Zhang, Ning xin, Guixing Cao, " A Fast Feature Fusion Algorithm in Image Classification for Cyber

- Physical Systems", Laboratory of Integrated Services Networks, Xidian University 710071, China Vol. 5, pp: 9089-9098, May 2017.
- xi. [7] H.Fukai, H.Takimoto, Y.Mitsukura, Minoru Fukumi, "Apparent Age Estimation System Based on Age Perception", International Conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration, pp:2808-2812,2007.
 - xii. [8] Chin-Teng Lin, Dong-Lin Li, Jian-Hao Lai, Ming-Feng Han, Jyh-Yeong Chang, "Automatic Age Estimation System for Face Images", Int J Adv Robotic Sy, 2012, Vol. 9, p:216-221, 2012.
 - xiii. Yu Wang, Bin Song, Peng Zhang, Ning xin, Guixing Cao, " A Fast Feature Fusion Algorithm in Image Classification for Cyber Physical Systems", Laboratory of Integrated Services Networks, Xidian University 710071, China Vol. 5, pp: 9089-9098, May 2017.