

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

مقایسه اثر انگشت واقعی و مصنوعی با استفاده از آنالیز فرکانسی

دانشجو :

سعیده یوسف زاده

استاد راهنما

جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی

استاد مشاور

جناب آقای دکتر هادی گرایلو

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دیماه 1391

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم سعیده یوسف زاده

تحت عنوان: مقایسه اثر انگشت واقعی و مصنوعی با استفاده از آنالیز فرکانسی

در تاریخ 1391/10/4 توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر هادی گرایلو		دکتر مرتضی زاهدی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	مهندس حامد رحیم اف		دکتر علی اکبر پویان
			دکتر حسین مروی

تقدیم به

پدرم،

که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم.

و به مادرم،

دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

و به همسرم،

اسطوره زندگیم، پناه خستگی و امید بودنم.

تشکر و قدردانی

از زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر زاهدی که به عنوان استاد راهنما با دقت نظر خود مرا بهره‌مند ساختند و همچنین از جناب آقای دکتر گرایلو که با مشاوره و پیشنهادات ارزنده خود مرا همراهی نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از داوران این پایان نامه که درخصوص به پایان رساندن این پایان نامه مرا یاری نمودند، تشکر می‌نمایم.

از زحمات سرکارخانم رحیمی که مرا یاری دادند و همچنین از مدیریت و کلیه کارکنان و دست اندرکاران مراکز ترک اعتیاد و مراکز بهداشت و آزمایشگاه‌های شهرستان کاشمر که در جمع‌آوری تصاویر اثر انگشت نهایت همکاری را با اینجانب داشتند و تمامی دوستان و عزیزانی که به نحوی در این پایان نامه به اینجانب کمک کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تعهد نامه

اینجانب سعیده یوسف زاده مغانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر-هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تشخیص مصنوعی بودن اثر انگشت-ارتباط بیماری‌ها با اثر انگشت تحت راهنمایی جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی متعهد می‌شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

تشخیص زنده بودن اثر انگشت، مبحثی جدید در حوزه امنیت سیستم‌های تشخیص هویت بر اساس اثر انگشت است. یکی از روش‌های تشخیص زنده بودن اثر انگشت، روش Power Spectrum است، که بر اساس آنالیزهای فرکانسی است. استفاده از این روش نتایج امیدوارکننده‌ای را در تشخیص حالات زنده و جعلی اثر انگشت داشته است. در این پایان نامه از این روش برای مقایسه اثر انگشت-های مصنوعی SFinGe با اثر انگشت‌های واقعی استفاده شده است. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که، اثر انگشت‌های واقعی و مصنوعی از لحاظ طیف فرکانسی متفاوتند.

در ادامه این پایان‌نامه به موضوع ارتباط اثر انگشت با بیماری‌ها، می‌پردازیم. تصاویر اثر انگشت مربوط به دو بیماری سیستماتیک دیابت و اعتیاد را مورد بررسی قرار داده‌ایم. ابتدا روش Power Spectrum را در تحلیل داده‌ها استفاده کرده‌ایم. نتایج بدست آمده نشان داد، که بایستی به دنبال روش‌هایی دیگر برای استخراج ویژگی از تصاویر اثر انگشت باشیم.

تبدیل ویولت و ویژگی‌های استخراجی از ضرایب ویولت، در آنالیز تصاویر، قویتر از تبدیل فوریه عمل می‌کنند. ترکیب ویژگی‌های بافتی که از ضرایب ویولت استخراج می‌شوند با ویژگی‌های آماری ویولت، بردار ویژگی قویتری می‌سازد. برای تحلیل تصاویر اثر انگشت بیماران، دو روش مبتنی بر ویژگی‌های آماری ویولت و ویژگی‌های بافت تصویر، استفاده شده است. نتایج این روش‌ها در تشخیص ارتباط بیماری‌ها با اثر انگشت امیدوارکننده است.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

1. Yousefzadeh, Saeideh and Zahedi, Morteza, (2011), "Vitality Detection of Synthetic Fingerprints via Power Spectrum", Journal of Computer Science and Engineering, Vol. 7, No. 2, pp. 78-82.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمات و مفاهیم اولیه

بخش 1-1 بیومتریك و اثر انگشت

2	1-1-1 مقدمه
2	2-1-1 بیومتریك
3	3-1-1 دسته‌بندی بیومتریك‌ها
5	1-3-1-1 ویژگی‌های رفتاری
6	2-3-1-1 ویژگی‌های فیزیکی
7	4-1-1 تشخیص هویت و تایید هویت
8	5-1-1 خطا در سیستم‌های بیومتریکی
9	6-1-1 شناسایی از طریق اثر انگشت
10	7-1-1 تاریخچه انگشت‌نگاری
11	8-1-1 مزایا و معایب استفاده از اثر انگشت
12	9-1-1 طبقه‌بندی اثر انگشت
12	1-9-1-1 ویژگی‌های اثر انگشت
13	2-9-1-1 روش هنری
15	10-1-1 سیستم تشخیص هویت توسط اثر انگشت

بخش 2-1 تشخیص زنده بودن اثر انگشت

16	1-2-1 مقدمه
17	2-2-1 تشخیص زنده بودن اثر انگشت
18	3-2-1 تکنیک‌های تشخیص زنده بودن اثر انگشت
19	1-3-2-1 تکنیک‌های سخت‌افزاری
21	2-3-2-1 تکنیک‌های نرم‌افزاری
24	4-2-1 تولید انگشت‌های قلابی

25.....5-2-1 تولید پایگاه داده اثر انگشت مصنوعی

27.....1-5-2-1 تولید اثر انگشت SFinGe

بخش 3-1 بیماری‌ها و تاثیر آن‌ها روی پوست

29.....1-3-1 مقدمه

29.....2-3-1 تاثیر بیماری‌ها بر پوست

34.....3-3-1 اهمیت مطالعه ارتباط بیماری‌ها با اثر انگشت

فصل دوم: تکنیک‌ها و روش‌ها

بخش 1-2 تبدیل فوریه و روش power spectrum

37.....1-1-2 مقدمه

37.....2-1-2 آنالیز فوریه

38.....3-1-2 سری فوریه

39.....4-1-2 تبدیل فوریه

39.....5-1-2 تبدیل فوریه و عملکرد آن

41.....6-1-2 تبدیل سریع فوریه

41.....1-6-1-2 الگوریتم تبدیل سریع فوریه

42.....7-1-2 تحلیل بیشتر تبدیل فوریه

47.....8-1-2 Power spectrum

48.....9-1-2 Parseval's theorem

بخش 2-2 ویولت

49.....1-2-2 مقدمه

50.....2-2-2 تاریخچه تبدیل ویولت

51.....3-2-2 معرفی تبدیل ویولت

52.....4-2-2 موجک‌ها و موجک مادر

54.....5-2-2 تبدیل ویولت دو بعدی.....

56.....6-2-2 مقایسه تبدیل ویولت و تبدیل فوریه.....

بخش 2-3 بافت

57.....1-3-2 مقدمه.....

58.....2-3-2 روش‌های آنالیز بافت.....

59.....3-3-2 روش GLCM.....

60.....4-3-2 پارامترهای ماتریس Co-occurrence.....

61.....5-3-2 ساخت ماتریس Co-occurrence.....

63.....6-3-2 آماره‌های ماتریس Co-occurrence.....

64.....7-3-2 تبدیل ویولت و بافت.....

فصل سوم: نتایج آزمایش‌ها

بخش 1-3 استفاده از روش power spectrum در تشخیص مصنوعی بودن اثر انگشت

67.....1-1-3 مقدمه.....

67.....2-1-3 تشخیص زنده بودن اثر انگشت با power spectrum.....

69.....3-1-3 روش Power spectrum.....

72.....4-1-3 دیتابیس‌های استفاده شده در مقایسه اثر انگشت‌های مصنوعی و واقعی.....

73.....5-1-3 روش Power Spectrum در مقایسه پایگاه داده‌های واقعی با مصنوعی.....

بخش 2-3 نتایج مقایسه اثر انگشت‌های بیمار و سالم

78.....1-2-3 مقدمه.....

79.....2-2-3 دیتابیس‌های استفاده شده در مقایسه اثر انگشت‌های بیمار و سالم.....

80.....3-2-3 نتایج روش‌های مختلف در تحلیل اثر انگشت دو بیماری دیابت و اعتیاد.....

80.....1-3-2-3 روش اول: روش Power Spectrum با کلاسبندی مبتنی بر آستانه‌گذاری.....

87.....2-3-2-3 روش دوم: آنالیز مقادیر HFE با روش کلاسبندی مجموع اختلافات.....

88.....3-3-2-3 روش سوم : آنالیز مقادیر HFE با روش توزیع نرمال.....

89.....4-3-3-3 روش چهارم : آنالیز مقادیر HFE با روش فاصله برداری.....

90.....5-3-2-3 روش پنجم : روش مبتنی بر ویژگی‌های آماری تبدیل ویولت و ویژگی‌های بافت.....

93.....6-3-2-3 روش ششم: روش مبتنی بر واریانس زیرباندهای ویولت.....

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

96.....1-4 نتیجه‌گیری.....

97.....2-4 پیشنهادات.....

مراجع

98.....

فهرست اشکال

- شکل (1-1-1). دسته‌بندی بیومتریک‌ها..... 4
- شکل (2-1-1). خطاها در سیستم بیومتریک..... 9
- شکل (3-1-1). برخی از انواع مینوتای معمول..... 14
- شکل (4-1-1). کلاس‌های اثر انگشت..... 15
- شکل (1-2-1). فریب سیستم اثر انگشت..... 18
- شکل (2-2-1). جذب، پاشیدگی و انعکاس نور توسط یک اثر انگشت..... 21
- شکل (3-2-1). روزه‌های نوک انگشت..... 22
- شکل (4-2-1). تغییر رنگ پوست انگشت واقعی و تقلبی در تماس با سطح سنسور تصاویر بالا و پایین مربوط به انگشت واقعی و تقلبی قبل از ایجاد فشار (سمت چپ) و بعد از آن (سمت راست)..... 23
- شکل (5-2-1). تولید اثر انگشت‌های قلابی از چهار ماده سیلیکون، ژلاتین، فیلم و کاغذ..... 25
- شکل (6-2-1). ویژگی‌های کلی اثر انگشت..... 26
- شکل (7-2-1). مراحل تولید اثر انگشت توسط SFinGE..... 28
- شکل (1-3-1). بیماری پوستی..... 30
- شکل (2-3-1). اثر انگشت با پوستی بیمار..... 34
- شکل (1-1-2). مقایسه تبدیل سریع فوری و تبدیل فوری گسسته..... 41
- شکل (2-1-2). سیگنال f..... 43
- شکل (3-1-2). کسینوس‌های یک‌بعدی؛ دو تصویر که تبدیل فوری ساده‌ای دارند..... 44
- شکل (4-1-2). کسینوس‌های دوبعدی؛ دو تصویر که تبدیل فوری ساده‌ای دارند..... 44
- شکل (5-1-2). تصویر نمونه..... 45
- شکل (6-1-2). تصویر دامنه مربوط به تبدیل فوری شکل 5-1-2..... 45
- شکل (7-1-2). تصویر دامنه مربوط به تبدیل فوری شکل 5-1-2 پس از اعمال لگاریتم..... 45

- شکل (8-1-2)، تصویر فاز مربوط به تبدیل فوریه شکل 5-1-2..... 46
- شکل (9-1-2)، تصویر بدست آمده پس از اعمال تبدیل فوریه معکوس بر شکل 7-1-2..... 47
- شکل (1-2-2)، تابع موجک Haar..... 51
- شکل (2-2-2)، اثر تغییر فرکانس بر روی موج سینوسی..... 53
- شکل (3-2-2)، مقایسه موجک با موج سینوسی..... 54
- شکل (4-2-2)، تجزیه هرمی موجک سطح 3..... 55
- شکل (5-2-2)، الف، یک نمونه تصویر شامل انواع جزئیات، ب، یک مرحله تبدیل ویولت تصویر و 4 زیر باند ایجاد شده..... 56
- شکل (1-3-2)، مثالی از فرایند ماتریس co-occurrence..... 61
- شکل (2-3-2)، جهت‌ها در ماتریس co-occurrence..... 62
- شکل (3-3-2)، یک تصویر نمونه..... 62
- شکل (4-3-2)، ماتریس co-occurrence شکل (3-3-2) با فاصله یک پیکسل و زاویه 90 درجه..... 63
- شکل (1-1-3)، (a) اثر انگشت واقعی (b) اثر انگشت قلابی ساخته شده از همان اثر انگشت واقعی (c-d) power spectrum تصاویر a و b..... 68
- شکل (2-1-3)، مقادیر مختلف HFE اثر انگشت‌های واقعی و غیر واقعی در شعاع‌های مختلف..... 70
- شکل (3-1-3)، معیار Fisher Distance به عنوان تابعی از شعاع در مقایسه اثر انگشت‌های واقعی و تقلبی..... 71
- شکل (4-1-3)، تصاویر نمونه از دیتابیس اثر انگشت استفاده شده، (a) اثر انگشت مصنوعی (b) اثر انگشت واقعی تولید شده با اسکنر گرمایی (c) اثر انگشت واقعی تولید شده با اسکنر نوری..... 73
- شکل (5-1-3)، بالا- دو نمونه اثر انگشت واقعی گرفته شده با اسکنر نوری به همراه تصاویر تبدیل فوریه آن‌ها پایین- دو نمونه اثر انگشت مصنوعی به همراه تصاویر تبدیل فوریه آن‌ها..... 74
- شکل (6-1-3)، مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی (قرمز) و واقعی تولید شده با سنسور نوری (آبی)..... 75
- شکل (7-1-3)، مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی (قرمز) و واقعی تولید شده

- 76..... با سنسور حرارتی (آبی)
- شکل (8-1-3). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی و واقعی تولید شده با
77..... سنسور نوری.....
- شکل (9-1-3). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی و واقعی تولید شده با
77..... سنسور حرارتی.....
- 80..... شکل (1-2-3). سنسور FS88.....
- 81..... شکل (2-2-3). تصاویر تبدیل فوریه مربوط به چند بیمار دیابتی.....
- 81..... شکل (3-2-3). تصاویر تبدیل فوریه مربوط به افراد سالم.....
- 81..... شکل (4-2-3). تصاویر تبدیل فوریه مربوط به چند فرد معتاد.....
- 85..... شکل (5-2-3). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های اعتیاد و سالم.....
- 86..... شکل (6-2-3). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های دیابت و سالم.....
- 88..... شکل (7-2-3) توزیع نرمال دوگروه اعتیاد و سالم.....
- 89..... شکل (8-2-3) توزیع نرمال دوگروه دیابت و سالم.....

فهرست جداول

- جدول (۱-۲-۳). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف مربوط به چند فرد معتاد..... ۸۲
- جدول (۲-۲-۳). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف مربوط به چند فرد دیابتی..... ۸۳
- جدول (۳-۲-۳). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف مربوط به چند فرد سالم..... ۸۴
- جدول (1-2-3) نتایج بدست آمده از روش‌های مختلف در مقایسه دیتابیس‌های دیابت، اعتیاد و سالم..... 94

فصل اول :

مقدمات و مفاهیم اولیه

1-1 بیومتریک و اثر انگشت

2-1 تشخیص زنده بودن اثر انگشت

3-1 بیماری‌ها و اثر انگشت

1-1 بیومتریک و اثر انگشت

1-1-1 مقدمه

امروزه، حفظ امنیت اطلاعات و قابلیت دسترسی مطمئن به آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. در واقع با ظهور پدیده‌هایی نظیر بانک اطلاعاتی، تجارت الکترونیکی، کارت‌های هوشمند و نیز با تاکید روز افزونی که بر محرمانگی و امنیت اطلاعات در بانک‌های داده مختلف وجود دارد، تشخیص هویت خودکار شخص از مهمترین زمینه‌های تحقیقاتی شده است. لذا تعریف راه‌کارهایی مناسب برای این منظور بسیار ضروری و حیاتی است. یکی از این راه‌کارهای مطمئن، استفاده از ویژگی‌ها و خصوصیات فیزیولوژیک یا رفتاری است که از آن‌ها به بیومتریک‌ها یاد می‌شود.

امروزه روش‌های متفاوتی برای شناسایی اشخاص وجود دارد، که قدیمی‌ترین و در عین حال پرکاربردترین و عملی‌ترین آن‌ها روش شناسایی اشخاص بر اساس اثر انگشت می‌باشد. در این بخش بیومتریک و مفاهیم مرتبط با آن، شناسایی از طریق اثر انگشت و مفاهیم آن و اسکنرهای اثر انگشت را معرفی خواهیم کرد.

1-1-2 بیومتریک

بیومتریک علم شناسایی افراد از طریق مشخصات انسانی آن‌هاست، که شامل اثر انگشت، کف دست، صورت، امضاء، اسکن عنبیه و شبکیه، صدا و غیره است. در علم بیومتریک اعضای از بدن مورد توجه قرار گرفته که استفاده از آن‌ها راحت‌تر و کم‌ضررتر باشد. هرکدام از روش‌های مورد استفاده دارای نقاط ضعف و قدرتی هستند که با ترکیب آن‌ها با دیگر روش‌های امنیتی می‌توان ضعف‌های موجود را از بین برد. سیستم بیومتریک طوری طراحی شده که به جای استفاده از چیزی که شما دارید مثل یک کلید و یا چیزی که شما می‌دانید مثل کلمه رمز، از آنچه که وجودتان را ساخته استفاده می‌کند، یعنی ویژگی‌های فردی شما. چیزهایی که هیچ‌گاه گم، دزدیده و یا فراموش نمی‌شوند. سیستم

شناسایی بیومتریکی ظاهرا بسیار پیچیده و حرفه‌ای به نظر می‌رسد، در حالی که همه آن‌ها از سه مرحله برای شناسایی استفاده می‌کنند [2، 8، 11].

1- دریافت اطلاعات: اولین باری که از سیستم استفاده می‌کنید، اطلاعات اساسی شما از قبیل نام و شماره شناسنامه‌تان را به طور دقیق ثبت می‌کند. سپس از ویژگی‌ها و مشخصه‌های خاص مانند اثر انگشت نمونه برداری می‌کند و آن‌ها را نگهداری می‌کند.

2- ذخیره‌سازی اطلاعات: اکثر این سیستم‌ها تصویر یا صدای ثبت شده در مرحله یک را به طور کامل ذخیره نمی‌کنند، بلکه این ویژگی‌ها را تحلیل کرده و به کد و یا نمودار تبدیل می‌کنند. بعضی از این سیستم‌ها این اطلاعات را بر روی یک کارت هوشمند ضبط می‌کنند که می‌توانید آن را با خود به همراه ببرید.

3- مقایسه و تطبیق اطلاعات داده شده با اطلاعات ذخیره شده: برای بار دوم که از این سیستم استفاده می‌کنید داده‌ها را با اطلاعات ذخیره شده در خود مقایسه می‌کند. اگر این اطلاعات با یکدیگر همخوانی داشتند، سیستم شما را می‌پذیرد. در غیر این صورت شما اجازه ورود نخواهید داشت [10، 2، 8].

3-1-1 دسته‌بندی بیومتریکی‌ها

خصوصیات بیومتریکی به سه دسته تقسیم می‌شوند [1، 3، 8]:

خصوصیات فیزیکی¹: سنجش فیزیکی که یک خصوصیت فیزیکی را مانند اثر انگشت یا شکل دست می‌سنجند. سنجش اعضا از قدیمی‌ترین روش‌های تشخیص هویت است که با پیشرفت تکنولوژی به تنوع آن افزوده شده است. از سایر روش‌های این دسته می‌توان تشخیص از طریق عنبیه، مویرگ‌های شبکیه، صورت و غیره را نام برد.

¹ Physical

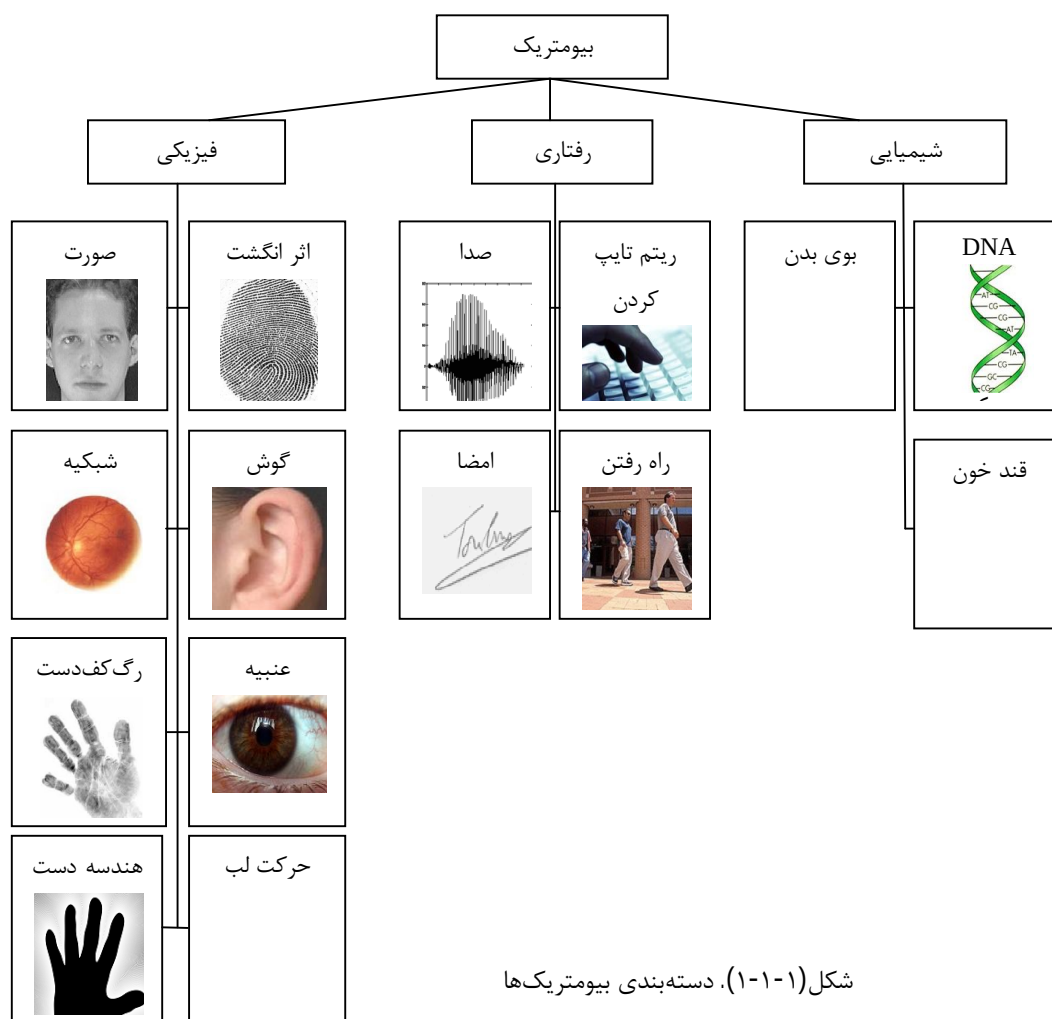
خصوصیات رفتاری¹: این تکنیک‌ها طرز انجام کاری توسط کاربر را مانند امضا کردن یا بیان کردن

یک عبارت می‌سنجند. از روش‌های این دسته می‌توان تشخیص از طریق امضا، ریتم تایپ کردن، صدا و غیره را نام برد.

خصوصیات شیمیایی²: تکنیک‌های شیمیایی یک خاصیت شیمیایی مربوط به کاربر را می‌سنجند. از

روش‌های این دسته می‌توان تشخیص از طریق DNA، بوی بدن، قند خون و غیره نام برد. شکل 1-1

1-1 این دسته بندی را به صورت شماتیک نشان می‌دهد.



شکل (۱-۱). دسته‌بندی بیومتریک‌ها

¹ Behavioral

² Chemical

رفتار با زمان و حال شخص تغییر می‌کند. تکنیک‌های سنجش رفتاری هنگامی به بهترین نحو عمل می‌کنند، که مرتباً استفاده شوند و به این ترتیب سطوح تغییرات هر فرد مورد توجه قرار گیرد. مدل-های سنجش‌های رفتاری باید این تغییرات را لحاظ کنند. از طرف دیگر، سنجش‌های مشخصات فیزیکی به ابزار سنجش بزرگ‌تر و نرم‌افزار پیچیده‌تری احتیاج دارند. به عنوان مثال، آن‌ها مجبورند موقعیت دست را با الگو تطبیق دهند. در ادامه برخی از ویژگی‌های بیومتریک را معرفی می‌کنیم [8].

1-3-1-1 ویژگی‌های رفتاری

تعدادی از ویژگی‌های رفتاری استفاده شده در بیومتریک را در اینجا معرفی می‌کنیم.

1- امضانگاری¹: تحلیل نحوه امضا کردن یک شخص که غالباً از آن به عنوان تشخیص امضای دینامیکی نام برده می‌شود، یکی از بیومتریک‌های رفتاری است. از پارامترهای اصلی تحلیل امضا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: شکل استاتیکی امضا، زمانی که صرف امضا کردن می‌شود، سرعت، شتاب، زاویه قلم، فشار وارده بر قلم و نیز فشار وارده بر کاغذ، تعداد دفعاتی که قلم از روی کاغذ برداشته می‌شود که این موارد برای اشخاص مختلف در حدود 50 درصد متفاوت است [2، 11].

2- نحوه تایپ کردن²: روشی که یک نفر با صفحه کلید تایپ می‌کند، یکی دیگر از بیومتریک‌های رفتاری است. تایپیست‌های ماهر تقریباً خیلی زود از الگوهای تایپ کردن شان تشخیص داده می‌شوند. در این روش، زمان پایین نگه داشتن کلیدها، سرعت زدن کلیدها، میزان خطا در زدن کلیدها و غیره از عوامل مهم است. هزینه پایین و عملیات شفاف، این روش را به یک روش بسیار جذاب و ساده برای کاربردهایی همانند محافظت از سیستم‌های خبره تبدیل کرده است [2، 8، 11].

3- تشخیص صدا: در این سیستم، صدای کاربر، نوع و ضرباهنگ آن سنجیده و رتبه‌بندی می‌شود. سپس این عدد با اعداد مشابه پیشین مقایسه می‌شود. از جمله موارد استفاده آن اعطای اجازه ورود به مکان‌های محافظت شده است، ولی این سیستم بیشتر برای تایید هویت از راه دور توسط تشخیص

¹ Signature

² Keystrokes dynamic

صدا در ارتباطات تلفنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وجود افزایش کیفیت این سیستم، دقت آن هنوز به اندازه سیستم‌های دیگر بیومتریک نیست. زیرا تشخیص صدای فرد ممکن است تحت تاثیر شرایط فیزیکی وی (خستگی، سرماخوردگی، خواب‌آلودگی و غیره) تغییر کند. به علاوه، ابزار مورد استفاده مانند نوع تلفن نیز می‌تواند روی فرایند تشخیص صدا اثر بگذارد. از این رو، از این سیستم معمولاً همراه با سایر سیستم‌های بیومتریک استفاده می‌شود [2، 8].

1-3-2 ویژگی‌های فیزیکی

تعدادی از ویژگی‌های فیزیکی استفاده شده در بیومتریک را معرفی می‌کنیم.

1- اثر انگشت: این روش از قدیمی‌ترین روش‌های آزمایش تشخیص هویت است، هر چند در گذشته-های دور تنها در زمینه جرم‌شناسی از آن استفاده می‌شد. سیستم‌های بیومتریک می‌توانند جزئیاتی از اثر انگشت مانند تقاطع‌ها، کناره‌ها و برجستگی‌ها را ذخیره و سپس آن‌ها را با نمونه‌های موجود در مرجع مقایسه کنند [8، 11].

2- اسکن عنبیه: الگوی به کار رفته در عنبیه هر شخصی منحصر به فرد است. این الگو در چشمان راست و چپ یک شخص نیز یکسان نیست. از این رو، خطای این روش بسیار کم و در حدود 1 به 10 میلیون است. اسکن کردن عنبیه توسط دوربین‌های مادون قرمز صورت می‌گیرد [8، 9، 11].

3- اسکن شبکیه: هر شبکیه نیز دارای الگوی خاص خود است که در سامانه‌های بیومتریکی توسط یک پرتو نوری اسکن می‌شود. این روش در کاربردهای امنیتی مورد استفاده قرار می‌گیرد [8، 11].

4- هندسه دست¹: بعضی از سامانه‌های بیومتریکی مبتنی بر اسکن دست هستند. این اسکن خطوط کف دست، عروق خونی پشت دست و یا هندسه دست را مورد بررسی قرار می‌دهد. در خصوص هندسه دست از تصاویر سه بعدی دست و اندازه‌گیری پهنا، عرض و طول انگشتان و بند انگشتان استفاده می‌شود. به این ترتیب که کاربر دست خود را در فضای مشخص شده قرار می‌دهد و دوربین از

¹ Hand geometry

زوایای بالا و کنار با تهیه تصاویر سه بعدی اطلاعات را از دست کاربر استخراج و سپس آن‌ها را با اطلاعات موجود در بانک اطلاعات خود مقایسه می‌کند [2، 8، 11].

5- چهره‌نگاری: در این روش، از ویژگی‌های متمایز و منحصر به فرد چهره استفاده می‌شود. بنای کار این روش بر دو نوع تصویربرداری ویدیویی و حرارتی است که روش اول از رواج بیشتری برخوردار و طرز به کارگیری آن نیز نسبت به روش دوم آسان‌تر است. اساس کار این روش مبتنی بر محل نقاط کلیدی صورت از قبیل چشم‌ها، دهان و سوراخ بینی است. در روش دوم، بر اساس گرمای نقاط مختلف صورت کاربر، اطلاعات آن‌ها در سیستم نگهداری شده، سپس با اطلاعات موجود در بانک اطلاعات مقایسه می‌گردد، تا درستی آن مشخص شود [8، 11].

4-1-1 تشخیص هویت¹ و تایید هویت²

تشخیص اتوماتیک هویت افراد امروزه به یک موضوع مهم در زمینه اطلاعات جهانی تبدیل شده است. با توجه به اهمیت روز افزون امنیت در تبادل اطلاعات، سیستم‌های امروزی به یک تشخیص هویت قطعی و معین احتیاج دارند تا بتوانند خدمات خود را در اختیار شخص قرار دهند. در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیاری در این زمینه انجام شده است، که یکی از این حوزه‌ها در زمینه امنیت و احراز هویت، بیومتریک می‌باشد. سیستم‌های بیومتریک به دو دسته تشخیص هویت و احراز هویت تقسیم می‌شوند. هدف دسته اول تشخیص هویت فرد از بین افراد موجود در پایگاه داده می‌باشد. در اینگونه سیستم‌ها به سوال "من که هستم؟" پاسخ داده می‌شود. دستگاه بیومتریک پس از دریافت داده‌های بیومتریک توسط شخص متقاضی به انجام عمل مقایسه می‌پردازد، که این مقایسه میان اطلاعات بیومتریک شخص با اطلاعات موجود در بانک‌های اطلاعاتی انجام می‌شود. در این حالت فرض بر این است که اطلاعات فرد در بانک اطلاعات موجود است.

¹ Identification

² Verification

در دسته دوم فرد هویت خود را ارائه می‌دهد و هدف سیستم تأیید هویت اوست و در اینگونه سیستم-ها به سوال "آیا من همانی هستم که ادعا می‌کنم؟" پاسخ داده می‌شود. در تایید هویت، ابتدا متقاضی با استفاده از نام یا وارد کردن رمز عبور و یا یک مدرک شناسایی ادعا می‌کند که هویت خاصی را دارد. سپس سامانه به مقایسه داده‌های بیومتریکی مدعی با داده‌های ثبت شده در بانک مشخصات می-پردازد و ادعای وی را مورد بررسی قرار می‌دهد و نتیجه را اعلام می‌کند [1, 3, 8, 11].

5-1-1 خطا در سیستم‌های بیومتریکی

هدف ایده‌آل طراحی یک سیستم بیومتریک این است، که میزان تطبیق بین دو خصیصه را بطور صددرصد مشخص کند. اما در عمل دستیابی به چنین سیستمی غیر ممکن است. بنابراین همواره از یک مقدار حد آستانه برای تصمیم‌گیری در مورد رد یا پذیرش خصیصه مورد نظر استفاده می‌شود. در همه سیستم‌های بیومتریک پارامترهایی موجودند که ویژگی‌ها و قابلیت‌های سیستم شما را معرفی می‌کنند. می‌توان خطاهای زیر را برای یک سیستم بیومتریک تعریف کرد [1, 3].

1- نرخ پذیرش اشتباه¹: این پارامتر تعیین کننده امکان پذیرش کاربر جعلی به جای کاربر اصلی می-باشد. این پارامتر باید تا جای ممکن کوچک باشد.

2- نرخ عدم پذیرش اشتباه²: این مقیاس نمایانگر این است که تا چه اندازه شخص اصلی اشتباه پذیرش نمی‌شود. این پارامتر نیز باید تا حد مورد نیاز کم باشد.

3- نرخ خطای مساوی³: کاهش نرخ پذیرش اشتباه باعث افزایش غیر تعمودی نرخ عدم پذیرش اشتباه می‌شود. نقطه‌ای که میزان نرخ عدم پذیرش اشتباه با نرخ پذیرش اشتباه برابر می‌شود، نقطه نرخ

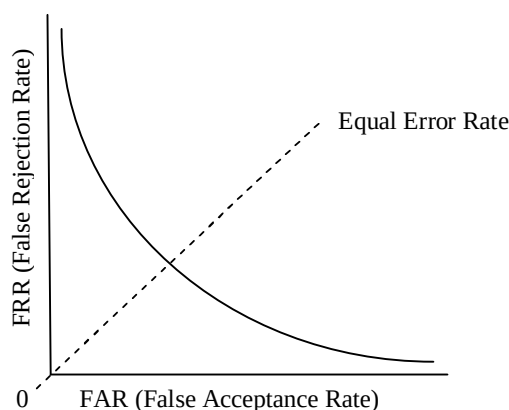
¹ False Acceptance Rate (FAR)

² False Rejection Rate (FRR)

³ Equal Error Rate (EER)

خطای مساوی است (شکل 2-2-1). هرچه میزان این پارامتر کمتر باشد، نمایانگر این است که سیستم دارای یک حساسیت بهتر و توازن خوبی است.

4- نرخ ثبت نام نادرست: در برخی موارد ممکن است یک سیستم تشخیص اثر انگشت حتی نتواند اثر انگشت کاربر را به درستی دریافت یا ثبت کند. اصطلاحات اشکال در ثبت¹ و اشکال در دریافت² به مواردی گفته می‌شود، که اطلاعات برخی از کاربران به واسطه کیفیت پایین اثر انگشتان آن‌ها در تعدادی از سیستم‌های تشخیص اثر انگشت قابل ثبت یا پردازش نباشد. به عنوان مثال، افرادی که به کارهای بدنی مشغول هستند، یا افرادی که انگشتانشان به واسطه کهولت سن از فرم طبیعی خارج شده ممکن است با این مشکل مواجه شوند. در عمل میزان FTE براساس تعداد و وضعیت اشتغال جمعیت هدف می‌تواند به نسبت بالا (چندین درصد) باشد [1، 3].



شکل (۱-۱-۲). خطاها در سیستم بیومتریک [۱]

6-1-1 شناسایی از طریق اثر انگشت

یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تشخیص هویت، روش شناسایی از طریق اثر انگشت است. سیستم‌های بیومتریک بر پایه اثر انگشت در میان تکنولوژی‌های دیگر بیومتریک پرکاربردترین هستند. اثر انگشت یکی از روش‌های مطمئن برای شناسایی افراد می‌باشد و در زمینه‌هایی نظیر رسیدگی به جرم،

¹ Failure To Enroll (FTE)

² Failure To Acquire (FTA)

سیستم‌های کنترل حوادث، کنترل مرزهای ملی و ... به کار می‌رود. دلیل اصلی انتخاب اثر انگشت برای شناسایی افراد این است که اثر انگشت هر فرد منحصر به فرد بوده و بعضی از ویژگی‌های آن تا آخر عمر ثابت باقی می‌ماند و از همین ویژگی‌ها در تطبیق اثر انگشت استفاده می‌شود [7، 8].

7-1-1 تاریخچه انگشت‌نگاری

سابقه تاریخی بررسی خطوط برجسته سر انگشتان و کف دست و پا به صورت علمی به نیمه دوم قرن هفدهم میلادی بر می‌گردد. در سال 1686 "دکتر مارسلو مالپیگی"¹ در ایتالیا این خطوط برجسته و نیز منافذ ریز پوست کف دست و پا را از دیدگاه پزشکی مورد مطالعه قرار داد. در سال 1788 دانشمند دیگری به نام "مایر"² از نظر تشریحی توضیحاتی درباره خطوط پوستی داد. وی عقیده داشت که هرگز این خطوط در دو نفر مانند هم نیستند. در سال 1823 "پروفسور پرکیج"³ استاد دانشگاه آلمان توانست 9 نمونه متمایز نقوش سر انگشتان را مشخص نماید.

اساسی‌ترین تحقیقات علمی در مورد آثار انگشت از نیمه دوم قرن نوزدهم آغاز شد. در سال 1858 "هرشل"⁴ به تقلید از کارفرمایان چینی و هندی، در تنظیم اسناد و عقد قراردادهای افراد طرف اثر انگشت می‌گرفت تا آن‌ها خود را موظف به رعایت تعهدات خویش بدانند. از آنجایی که او از اعمال این روش نتایج مطلوبی بدست آورد، نسبت به خاصیت اثر انگشت کنجکاو شد و به مدت 20 سال روی اثرات انگشت اشخاص مختلفی که در دفعات مختلف از آن‌ها اخذ کرده بود مطالعه نمود و دریافت، اولاً؛ در اثر مرور زمان نقش خطوط برجسته سر انگشتان اشخاص تغییر پیدا نمی‌کند. ثانیاً؛ این نقوش در هر شخصی منحصر به فرد بوده و با دیگران تفاوت دارد. نظریه‌های هرشل و فالدز در

¹ Marcello Malpighi

² Mueir

³ Purkinje

⁴ Herschel

انگلستان توسط "سر فرانسیس گالتون"¹ ریاضی‌دان و انسان‌شناس شهیر انگلیسی پذیرفته شد و او برای آن‌ها اساس علمی به وجود آورد. گالتون آثار انگشت جمع‌آوری شده توسط هرشل را به کمک علم ریاضی بررسی و تجزیه و تحلیل کرد و به این نکته پی برد که امکان این که دو نفر دارای اثر انگشت یکسان باشند، 1 به 64 میلیارد است و عملاً احتمال این که دو اثر انگشت یکسان بتوان یافت، وجود ندارد. در نتیجه می‌توان به اثر انگشت اشخاص به عنوان یک وسیله مطمئن برای شناسایی آنان اعتماد کرد. گالتون نخستین کسی است که نقوش سر انگشتان را به سه دسته کمانی، کیسه‌ای (لوپ) و پیچی (ورل) تقسیم کرد. بعد از او "سر ادوارد ریچارد هنری"² روش طبقه‌بندی آثار انگشت گالتون را تکمیل نموده و به دنیا عرضه کرد. این روش که به روش هنری شهرت دارد، به تدریج در اکثر نقاط دنیا مورد استفاده قرار گرفت [1، 2، 8، 9].

8-1-1 مزایا و معایب استفاده از اثر انگشت

استفاده از اثر انگشت در سیستم‌های بیومتریک دارای مزایا و معایبی است که در زیر بیان شده است.

مزایا:

- 1- اثر انگشت برای هر شخص، منحصر به فرد و یکتا در نظر گرفته می‌شود. این خصوصیت باعث می‌شود تا به عنوان یک ویژگی بیومتریک در نظر گرفته شود.
- 2- بیشتر مردم در مورد استفاده از اثر انگشت به منظور شناسایی و کنترل دسترسی‌های خود آشنایی دارند. بنابراین به عنوان یک تکنولوژی پذیرفته شده و قابل قبول است.
- 3- برخلاف اسکنرهای بیومتریک دیگر (مانند اسکنرهای عنبیه و شبکیه)، اسکنرهای اثر انگشت استفاده آسانی دارند و برای کاربر دردسرساز نیستند.

¹ Sir Francis Galton

² Sir Edward Richard Henry

4- امروزه، بیشتر اسکنرهای اثر انگشت ارزان بوده و نصب آسانی دارند. این اسکنرها می‌توانند بسیار کوچک باشند.

معایب:

1- اغلب اوقات، اثر انگشت یک معنای ضمنی منفی را به افراد القا می‌کند. زیرا در گذشته اثر انگشت برای بررسی و تجسس‌های جنایی استفاده می‌شد.

2- کیفیت اثر انگشت ممکن است به علت وضعیت جوی آسیب ببیند و بنابراین دقت شناسایی پایین می‌آید.

3- مسئله کلاهبرداری و جعل اثر انگشت که یک مشکل جدی در سیستم‌های بیومتریک بر اساس اثر انگشت (مدل بدون سرپرست) است. تشخیص زنده بودن¹ اثر انگشت برای تفکیک اثر انگشت واقعی از جعلی استفاده می‌شود [7، 8].

9-1-1 طبقه‌بندی اثر انگشت

طبقه‌بندی اثر انگشت در سیستم‌های تعیین هویت مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از طبقه‌بندی اثر انگشت این است که بانک داده را تا حد امکان به بخش‌های کوچکتری تقسیم کنیم. در سیستم‌های تعیین هویت تنها بخشی از بانک داده که از حیث طبقه متناظر با اثر انگشت ورودی است مورد جستجو قرار می‌گیرد. در سیستم‌هایی که با جمعیت‌های کم کار می‌کنند، می‌توان از رده‌ای که اثر انگشت به آن متعلق است، به عنوان تنها ویژگی برای تعیین و یا تایید هویت فرد استفاده کرد [1].

1-9-1-1 ویژگی‌های اثر انگشت

اثر انگشت‌ها، الگوهای بافت جهت‌داری هستند، که روی سطح انگشت ظاهر می‌شوند و شامل شیارها و لبه‌های درهم‌تنیده هستند. در حدود هفت ماهگی جنین، اثر انگشت‌ها به طور کامل شکل می‌-

¹ Liveness Detection

گیرند. پیکربندی اثر انگشت مربوط به هر فرد به طور طبیعی تغییر نمی‌کند. با این وجود، بریدگی، کوفتگی و خون‌مردگی روی الگوی لبه تاثیر می‌گذارند. در تصاویر دیجیتالی مربوط به اثر انگشت، سطوح تیره، لبه و سطوح روشن، شیار گفته می‌شوند، که مهم‌ترین ویژگی‌های مربوط به اثر انگشت هستند [6، 12]. بیشتر تکنیک‌های مربوط به تطبیق اثر انگشت، دو اثر انگشت را براساس یک نقطه مرکزی مربوط به آن‌ها که هسته نامیده می‌شود، در یک ردیف قرار می‌دهند. هسته، نقطه مرکزی اثر انگشت‌های از نوع لوپ است. برای اثر انگشت‌هایی که از نوع لوپ نیستند، تعریف نقطه هسته مشکل است. در این موارد، هسته، نقطه‌ای است که خطوط لبه بیشترین انحنای را دارند [2].

در تحلیل اثر انگشت در سطح محلی، نقاط مینوتای¹ (جزئیات کوچک) در الگوی اثر انگشت دیده می‌شوند. در سال 1811، گالتون، ویژگی‌های مینوتای را برای تطبیق اثر انگشت معرفی کرد. عدم پیوستگی در لبه‌ها، مینوتای گفته می‌شوند. برخی از انواع مینوتای معمول در شکل 1-1-3 نشان داده شده است [7، 1]. با این وجود، به علت وجود مشکلات عملی در شناسایی نوع مینوتای به صورت قابل اعتماد، تنها تعداد کمی از انواع این مینوتای در عمل استفاده می‌شوند. برای مثال، مدل مینوتای FBI تنها شامل دو ویژگی انتهایی لبه² و دو شاخه شدن³ است [2].

اگر تصویر اثر انگشت به صورت خام ذخیره شود، حافظه زیادی مورد نیاز است و سیستم کارایی لازم را نخواهد داشت. در روش‌های ساختاری ویژگی‌ها از تصویر استخراج و تصویر با این ویژگی‌ها شناخته شده و همچنین با استفاده از همین ویژگی‌ها عمل تطبیق صورت می‌گیرد [6، 12].

1-1-9-2 روش هنری

در سال 1823، "پرکیچ" اولین قانون کلاسبندی اثر انگشت را پیشنهاد کرد. در مدل کلاسبندی او، اثر انگشت‌ها براساس شکل و پیکربندی کلی لبه کلاسبندی می‌شوند. او 9 کلاس را پیشنهاد کرد. در

¹ Minutie

² Termination

³ Bifurcation

1811 گالتون اولین تحقیق علمی را انجام داد و یک مدل کلاسبندی با 3 کلاس به نام‌های loop،

whorl، arch پیشنهاد کرد. این کلاس‌ها بعداً به زیر کلاس‌هایی تقسیم شدند.

RIDGE TERMINATION	
BIFURCATION	
INDEPENDENT RIDGE	
DOT OR ISLAND	
LAKE	
SPUR	
CROSSOVER	

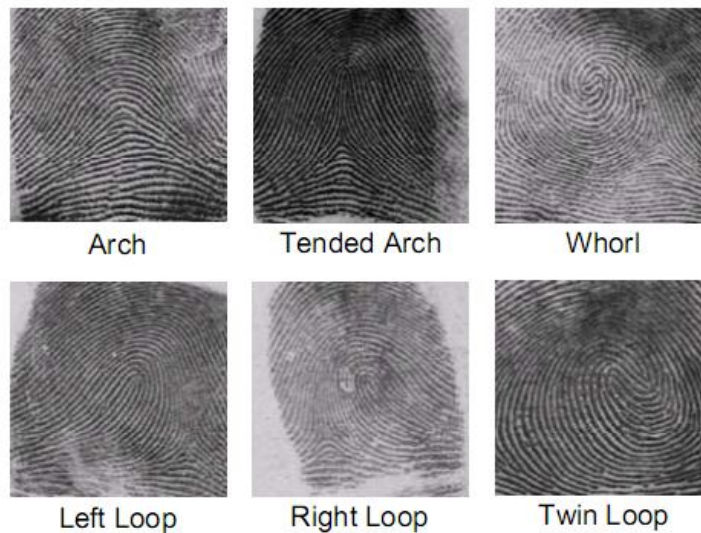
شکل (۱-۳). برخی از انواع مینوتای معمول [۱]

در 1899، "ادوارد هنری" مدل هنری را برای کلاسبندی اثر انگشت تهیه کرد. از جمله قدیمی‌ترین سیستم طبقه‌بندی مورد استفاده در سیستم‌های دستی روشی است که توسط هنری ارائه شده است. کلاس‌های اثر انگشت استفاده شده توسط بیشتر محققین، left loop، right loop، arch، tended whorl، arch هستند. بعضی اوقات، یک کلاس ششم که twin loop نامیده می‌شود، نیز استفاده می‌-

شود. شکل 1-1-4 کلاس‌های اثر انگشت را نشان می‌دهد [1، 2، 3].

تعیین طبقه برای یک اثر انگشت با توجه به جهت امتداد لبه‌ها در اطراف هسته و همچنین تعداد و چگونگی قرار گرفتن نقاط هسته و دلتا صورت می‌گیرد. در موارد کمی نمی‌توان که اثر انگشت را به یک طبقه خاص نسبت داد و همواره در هر نوع سیستم طبقه‌بندی یک طبقه با نام طبقه غیرمترقبه در نظر گرفته می‌شود و چنین اثر انگشتی را به این طبقه نسبت می‌دهند. در یک سیستم خودکار بهتر است تا با بیشتر کردن تعداد رده‌ها، بانک داده را به بخش‌های کوچکتری تقسیم کنیم، اما به

دلیل واضح بودن سیستم طبقه‌بندی ارائه شده، اکثر سیستم‌های خودکار امروزی نیز از همین طبقه‌بندی هنری استفاده می‌کنند [3، 6، 12].



شکل (۴-۱-۱). کلاس‌های اثر انگشت

1-1-10 سیستم تشخیص هویت توسط اثر انگشت

در حقیقت کارکرد این سیستم‌ها به این صورت است که در ابتدا تصویری از اثر انگشت افرادی که مجاز به دسترسی هستند، تهیه می‌شود و سپس این تصاویر در یک پایگاه داده ذخیره می‌شوند. سپس هر یک از افرادی که قصد استفاده از سیستم را دارند، در ابتدا تصویری از اثر انگشت وی تهیه می‌شود و با نمونه‌های موجود در پایگاه داده مطابقت داده می‌شود. یک سیستم تشخیص هویت توسط اثر انگشت، از سه بخش تشکیل می‌شود [1].

البته هر بخش نیز به زیر بخش‌هایی تقسیم می‌شود.

1- بخشی که مسئول تهیه تصویر از اثر انگشت است. در حال حاضر انواع گوناگونی از اسکنرهای اثر انگشت نیز وجود دارد که تفاوت آن‌ها در نوع سنسور آن‌هاست.

2- بخشی که مسئول استخراج نقاط مشخصه است. سیستم‌های تعبیه شده از نظر پردازشگر مرکزی و میزان حافظه، دارای محدودیت هستند. اگر الگوریتمی وجود داشته باشد که دو تصویر را تنها بر

اساس شکل ظاهری مقایسه کند، قابل پیاده سازی در سیستم‌های تعبیه شده نیست، چون در این حالت باید تک تک پیکسل‌های دو تصویر پردازش شوند و این مستلزم داشتن پردازشگر مرکزی قدرتمند و میزان زیادی حافظه است. اما توسط نقاط مشخصه، فقط ویژگی‌هایی مانند مکان این نقاط و ... علامت‌گذاری شده و ذخیره می‌شوند. ضمن آنکه سرعت کار نیز در عین داشتن کیفیت، بالا می‌رود. روش‌های متنوعی برای استخراج نقاط مشخصه وجود دارد [18].

3- بخشی که مسئول تطابق اثر انگشت جاری با نمونه‌های موجود در پایگاه داده است. اغلب الگوریتم‌های موجود بر اساس نقاط مشخصه عمل می‌کنند. به همین جهت نیز در مرحله قبل، نقاط مشخصه استخراج شدند تا در این مرحله مورد استفاده قرار گیرند. این الگوریتم‌ها بیشتر روابط هندسی نقاط مشخصه را بررسی می‌کنند [18].

2-1 تشخیص زنده بودن اثر انگشت

1-2-1 مقدمه

استفاده همه‌جانبه از سیستم‌های تشخیص هویت بر اساس اثر انگشت، نقطه ضعف‌هایی مربوط به مسئله امنیت نشان داده‌اند. اثر انگشت‌های تقلبی¹ ساخته شده از موادی چون سیلیکون، ژلاتین می‌توانند سیستم شناسایی اثر انگشت را فریب دهند. تشخیص زنده بودن اثر انگشت، مبحثی جدید در حوزه امنیت سیستم‌ها است. سیستم‌های شناسایی استاندارد با ماژول‌های سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری اضافی همراه می‌شوند تا اعتبار و صحت اثر انگشت‌های ارائه شده به سیستم را تصدیق کنند. روش‌های سخت‌افزاری به سخت‌افزار اضافی نیاز دارند، بنابراین گران هستند. اما روش‌های نرم‌افزاری، با استفاده از ویژگی‌های تصویر و با بکارگیری الگوریتم‌های پردازش تصویر، زنده بودن را ارزیابی می‌کنند. مسئله

¹ Fake Fingerprint

تشخیص زنده بودن به عنوان یک مسئله کلاسبندی دو کلاسه (واقعی و تقلبی) تلقی می شود. یک کلاسیفایر مناسب به منظور تعیین واقعی بودن تصویر با مجموعه ویژگی‌های استخراج شده، طراحی می‌شود. در این بخش در مورد تشخیص زنده بودن در سیستم‌های اثر انگشت و تکنیک‌های مختلف آن بحث خواهیم کرد [2، 11].

امروزه علاوه بر اثر انگشت‌های تقلبی که از موادی چون ژلاتین و سیلیکون ساخته می‌شوند، متدهایی نیز جهت ساخت اثر انگشت مصنوعی ایجاد شده‌اند. که از این متدها برای ساخت پایگاه داده‌های بزرگ اثر انگشت استفاده می‌شود. نرم‌افزار $SFinGe^1$ که یکی از روش‌های تولید اثر انگشت‌های مصنوعی است، در این فصل معرفی می‌شود.

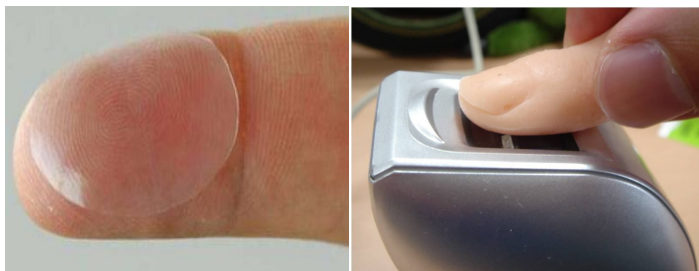
1-2-2 تشخیص زنده بودن اثر انگشت

با وجود اینکه بیومتریک‌ها امنیت را بهبود می‌بخشند، سیستم‌های بیومتریک آسیب‌پذیری‌هایی نیز دارند. سیستم‌های بیومتریک همواره به روش‌های مختلف مورد هجوم قرار می‌گیرند. این نوع حملات شامل، حمله به دیتابیس، حمله به پورت‌های ورودی سیستم و حمله به سیستم تشخیص هویت از طریق بیومتریک‌های جعلی است. سارقان معمولاً جهت فریب سیستم‌های تشخیص هویت از روش‌های مختلفی بهره می‌برند، از جمله استفاده از عکس چهره یا عنبیه فرد مقابل دوربین، ضبط با کیفیت صدای شخص در سیستم‌های بیومتریک صوتی، استفاده از اثر انگشت ژلاتینی و حتی استفاده از لاشه انگشت! توسط سارقان جهت ورود به سیستم.

برای افزایش امنیت یک سیستم بیومتریک از تکنیک‌های تشخیص زنده بودن استفاده می‌شود. تشخیص زنده بودن در یک سیستم بیومتریک به این معناست که سیستم بتواند در حین عمل نمونه‌گیری و یا شناسایی هویت تعیین کند که آیا نمونه بیومتریک ارائه شده زنده است یا خیر؟ تشخیص

¹ Synthetic Fingerprint Generation

زنده بودن می‌تواند هم در مرحله نمونه‌گیری و هم در مرحله تحلیل و آنالیز انجام گیرد [13، 25، 34].



شکل (۱-۲-۱). فریب سیستم اثر انگشت [۱]

1-2-3 تکنیک‌های تشخیص زنده بودن اثر انگشت

تکنیک‌های تشخیص زنده بودن اثر انگشت به دو دسته تقسیم می‌شوند: تکنیک‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری.

- روش‌های سخت‌افزاری: این متدها بر پایه ویژگی‌های فیزیولوژیکی ساده و واضح هستند. در این روش‌ها یک وسیله یا سخت‌افزار به سنسور اضافه می‌شود تا خصوصیات انگشت زنده مانند فشارخون، دما، بو و ... را تشخیص دهد.

مشکل اصلی در مورد متدهای تشخیص زنده بودن مبتنی بر سخت‌افزار این است که این اسکنرها بایستی طوری تنظیم شوند، که بتوانند در انواع مختلف محیط‌ها به طور موثر عمل کنند. بعلاوه استفاده از سخت‌افزار اضافی در بسیاری از موارد برای کاربر ناراحت‌کننده و دردسرساز است و همچنین این روش‌ها گران هستند.

- روشهای نرم‌افزاری: این تکنیک‌ها نسبت به تکنیک‌های سخت‌افزاری دارای این مزیت هستند که ارزانترند، چون به دستگاه اضافی نیاز ندارند و کمتر به دخالت و همکاری کاربر نیازمندند، بنابراین کاربرپسندتر هستند. این تکنیک‌ها، ویژگی‌هایی را که برای تشخیص زنده بودن اثر انگشت استفاده می‌کنند، از تصویر انگشت استخراج می‌کنند نه از خود انگشت [1، 8، 11، 32، 34].

روش‌های مبتنی بر نرم افزار به 3 دسته تقسیم می شوند:

1- روش‌های مبتنی بر تعرق¹: عمل تعرق تنها در یک انگشت زنده رخ می‌دهد و تعرق را می‌توان با تحلیل تصویر تشخیص داد. این روش ارزانترین متد بوده و توسط بسیاری از محققین مورد مطالعه قرار گرفته است. این شیوه نسبت به شماری فاکتورها تاثیرپذیر است، مثلاً حساسیت نسبت به فشار انگشت، محیط کاربر و یا زمان نمونه‌گیری.

2- روش‌های بر پایه تغییر شکل و یا دگرذیسی پوست: این متدها بر اساس تفاوت سختی و یا کشسانی پوست هستند. تفاوت در سختی و زبری باعث تولید تغییر شکل‌های متفاوتی در زمان فشار انگشت بر سنسور و یا کشیدن و چرخش انگشت بر سنسور می‌شود. تشخیص زنده بودن می‌تواند با مقایسه این اعوجاج‌ها انجام گیرد. نکته کلیدی این متد تفاوت زبری و خشنی مواد است [20، 29].

3- روش‌های بر پایه کیفیت تصویر: در واقع دشوار است که بتوان یک تصویر اثر انگشت قلابی را با کیفیتی برابر و یا بهتر از اثر انگشت زنده تولید کرد. کیفیت تصویر اثر انگشت قلابی به خوبی تصویر اثر انگشت زنده نیست [14، 33].

1-3-2-1 تکنیک‌های سخت افزاری

برخی از تکنیک‌های سخت‌افزاری را معرفی می‌کنیم.

- **دمای بافت**: این روش‌ها دمای بافت را اندازه می‌گیرند. این دما به راحتی و بدون صرف هزینه زیادی قابل اندازه‌گیری است. دمای بافت انگشت بین 26 تا 30 درجه سانتیگراد قرار دارد. این محدوده دما برای یک فرد سالم است و چنانچه فرد بیمار باشد دمای بدن او افزایش می‌یابد و بنابراین این روش نمی‌تواند ارزیابی خوبی داشته باشد. در این روش کاربر امکان فریب سیستم را دارد و می‌تواند با سرد و گرم کردن بافت و نگه داشتن دما در حالت نرمال، سیستم را فریب دهد [1، 32].

یکی دیگر از الگوها در تشخیص زنده بودن، ایجاد گرما در محل قرارگیری انگشت است. فرد انگشت خود را بر روی سنسور قرار می‌دهد. دو دکمه در مقابل فرد قرار دارد. چنانچه گرما در محل قرارگیری انگشت زیاد شود، دکمه قرمز و زمانی که دما کاهش یابد، دکمه آبی را فشار می‌دهد. پوست انسان

¹ perspiration

نسبت به تغییرات کوچک دما حساس است و برای فرد قابل شناسایی است. لذا زمانی که از اثر انگشت‌های جعلی برای فریب سیستم استفاده می‌شود، قابلیت تشخیص کم یا زیاد شدن دما، کاهش می‌یابد و بنابراین مجوز ورود داده نخواهد شد [8، 16، 21].

- مقاومت الکتریکی پوست¹: مقدار مقاومت الکتریکی پوست بین 20 تا 30 کیلو اهم است. یک انگشت تقلبی که از موادی غیر شبیه به پوست ساخته شده دارای مقاومت الکتریکی بالاتری است. اما برای مثال سیلیکون نرم مقدار مقاومتی نزدیک به اثر انگشت واقعی در آزمایش‌ها نشان داده است. بعلاوه اگر یک انگشت تقلبی مرطوب شود مقدار مقاومتش کاهش می‌یابد و می‌تواند باعث ایجاد خطا و تشخیص اشتباه در سیستم شود [1، 16، 17].

- خصوصیات نوری پوست²: پوست ما در مقابل نور نیمه نفوذپذیر است. اگر نوری به سطح انگشت تابیده شود، قسمتی از آن جذب می‌شود و قسمتی از آن بازتابیده و یا منعکس می‌شود. که شکل 1-2-2 این فرایند را نشان می‌دهد. دستگاه تشخیص دهنده نور³، نور منعکس شده را دریافت می‌کند. این نور به خاطر انعکاس و پاشیدگی و تجزیه نور نسبت به نور اصلی تغییر فاز دارد. بنابراین از لحاظ طول موج با منبع نور اصلی متفاوت است. با توجه به ویژگی‌های انعکاس و پاشیدگی نور مربوط به پوست، سیستم تشخیص می‌دهد که آیا نور از پوست انگشت منعکس شده و یا اینکه یک لایه میانی بین پوست انگشت و منبع نور قرار داشته است [16].

- بوی انگشت⁴: در این روش، تشخیص بر مبنای بوی انگشت است. در هنگام ثبت اثر انگشت، بوی آن نیز توسط سنسورهای بویایی ثبت می‌شود. در این روش می‌توان بین اثر انگشت‌های تقلبی شامل ژلاتینی، سیلیکونی و پلاستیکی و ... تفکیک داد [11، 13، 22].

¹ Skin resistance

² Skin optical properties

³ light detector

⁴ odor

زنده بودن اثر انگشت است. در این روش بایستی از اسکنرهایی با رزولوشن بالا استفاده کرد تا بتوان جزئیات بسیار ریز انگشت را تشخیص داد [1، 18].

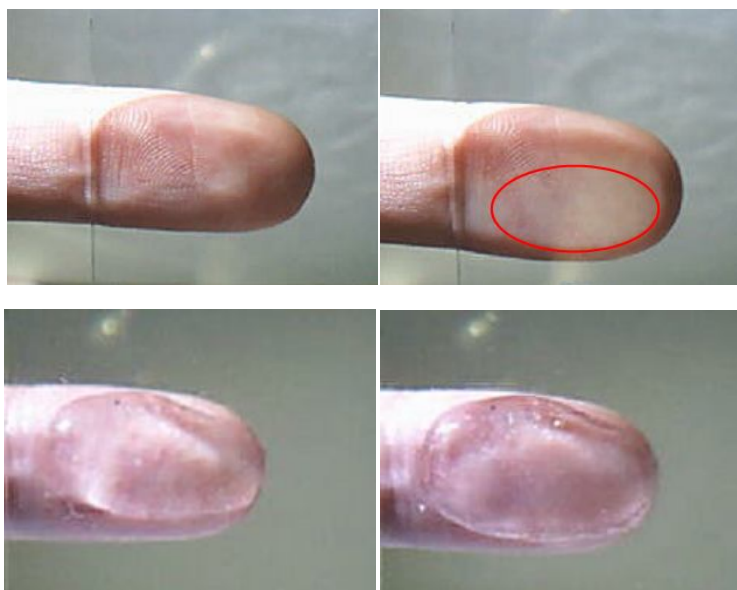


شکل (۱-۲-۳). روزنه‌های نوک انگشت

- تشخیص بر پایه آنالیز اعوجاج سطح پوست¹: این روش بر اساس آنالیز آلاستیسیته سطح پوست است. کاربر انگشت خود را روی سطح سنسور حرکت داده و اطلاعات از سنسورها ثبت شده و اعوجاج سطح پوست، توسط آنالیزهای مختلف سنجیده می‌شود. در طول جابجایی انگشت روی سطح سنسور عملیات ثبت و پردازش نیز انجام می‌شود. پس از آنالیز مجدد این اطلاعات، اثر انگشت طبیعی تعیین می‌شود [1، 11، 13، 20، 29].

- تغییر رنگ پوست: زمانی که یک انگشت زنده و واقعی بر روی یک سطح سخت مانند یک اسکنر قرار داده می‌شود، بر اثر نیرویی که بر آن وارد می‌شود جریان خون تغییر می‌کند، که این باعث می‌شود میزان خون جریان یافته در سطح پوست کاهش یابد. و این باعث ظهور یک رنگ سفیدتر و روشن‌تر در پوست می‌شود. تغییر رنگ در انگشت‌های واقعی و جعلی در شکل 1-2-4 نشان داده شده است. این تغییر رنگ ایجاد شده در انگشت واقعی و زنده را می‌توان به عنوان یک ویژگی در تشخیص زنده بودن اثر انگشت بکار برد [19].

¹ skin deformation



شکل (۴-۲-۱). تغییر رنگ پوست انگشت واقعی و تقلبی در تماس با سطح سنسور [۱۹]

تصاویر بالا و پایین مربوط به انگشت واقعی و تقلبی قبل از ایجاد فشار (سمت چپ) و بعد از آن (سمت راست)

- تعرق: در تکنیک تشخیص زنده بودن توسط تعرق بافت، فرد انگشت خود را روی حسگر قرار می-دهد، بعد از مدتی انگشت عرق کرده و این عرق در میان لبه‌های انگشت پخش می‌شود، که در این حالت تصویر متفاوتی از انگشت ثبت خواهد شد. عمل تعرق در اثر انگشت‌های تقلبی و یا ساختگی انجام نمی‌شود. بنابراین تعرق می‌تواند به عنوان یک ویژگی اثر انگشت زنده مورد استفاده قرار گیرد. زمانی که یک انگشت با پوست مرطوب را روی اسکنر خازنی می‌گذاریم، ظرفیت خازن نسبت به زمانی که پوست خشک است، بسیار بالاتر است. که این رخداد به علت ثابت دی الکتریک بالای عرق است. به همین دلیل اسکنرهای خازنی برای تشخیص تعرق مناسبند [1, 13, 27, 28].

- تشخیص زنده بودن اثر انگشت بر پایه آنالیز ویولت^۱: یکی از روش‌های تشخیص زنده بودن استفاده از آنالیز ویولت است. بر پایه این روش می‌توان اثر انگشت واقعی را از جعلی تشخیص داد. مواد استفاده شده در انگشت‌های جعلی معمولاً سفالی یا ژلاتینی هستند، این مواد ساختمان متراکمی دارند که سطح نامطلوبی از اثر انگشت را ایجاد می‌کنند و معمولاً سطح چنین مواد سفت‌تر و زبرتر از

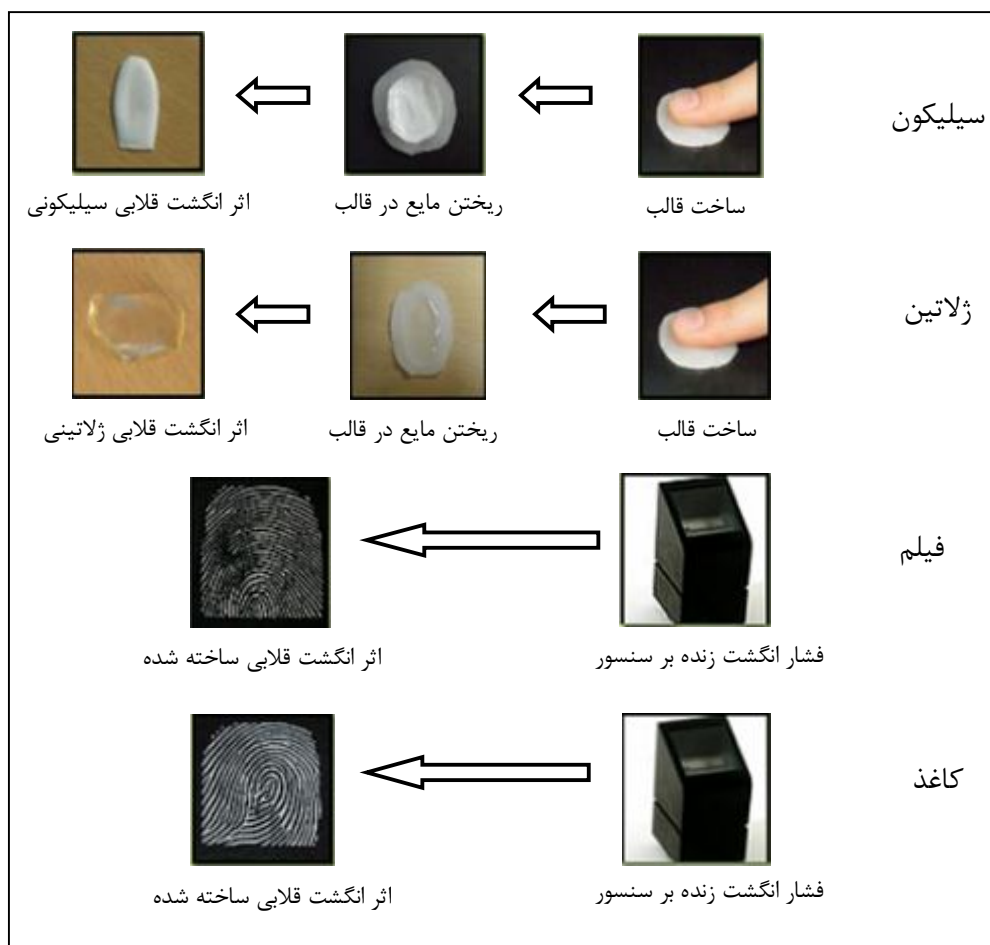
¹ Wavelet

بافت واقعی اثر انگشت است. این تفاوت زبری به عنوان یک روش در تشخیص و تفکیک بافت از نوع غیر بافت و جعلی است [23، 30، 31].

- استفاده از آنالیزهای فرکانسی: یکی دیگر از روش‌های تشخیص زنده بودن اثر انگشت، استفاده از آنالیزهای فرکانسی است. طیف فرکانسی در لبه‌ها و شیارهای اثر انگشت واقعی و غیرواقعی متفاوت است. اثر انگشت زنده و جعلی هر دو طیف‌هایی را تولید می‌کنند، اما این طیف‌های فرکانسی در دامنه و باندهای فرکانسی مختلف متفاوتند. در حالت عادی انگشت زنده طیف فوریه قوی‌تری نسبت به انگشت جعلی دارد. استفاده از این روش نتایج امیدوارکننده‌ای را در تشخیص حالات زنده و جعلی اثر انگشت داشته است. این روش به طور کامل در بخش‌های بعدی توضیح داده می‌شود [14، 18، 35، 36].

1-2-4 تولید اثر انگشت‌های قلابی

دو روش برای تولید اثر انگشت‌های قلابی وجود دارد. یک روش با کپی‌برداری از اثر انگشت فرد و ساخت یک قالب تحت موافقت فرد انجام می‌شود و در روش دوم، برای کپی‌برداری، از اثر انگشت‌های باقیمانده در محیط استفاده می‌شود. ساخت اثر انگشت قلابی دشوار است، زیرا به مواد مناسب و پردازش‌های مناسب و مقتضی نیاز داریم. مخصوصاً ساخت اثر انگشت قلابی از یک اثر انگشت پنهان نیازمند مهارت ویژه‌ای است. ماده و شیوه ساخت، دو فاکتور اساسی برای تولید اثر انگشت‌های قلابی است. معمولاً از موادی چون کاغذ، فیلم و سیلیکون استفاده می‌شود. همچنین از ژلاتین و لاستیک مصنوعی نیز استفاده می‌شود، زیرا خصوصیات فیزیکی و الکتریکی آن‌ها بسیار شبیه به پوست انسان است. شکل 1-2-5 شیوه ساخت اثر انگشت‌های قلابی از چهار ماده سیلیکون، ژلاتین، فیلم و کاغذ را نشان می‌دهد [11، 15، 34، 36، 37].



شکل (5-2-1). تولید اثر انگشت‌های قلابی از چهار ماده سیلیکون، ژلاتین، فیلم و کاغذ

5-2-1 تولید پایگاه داده اثر انگشت مصنوعی¹

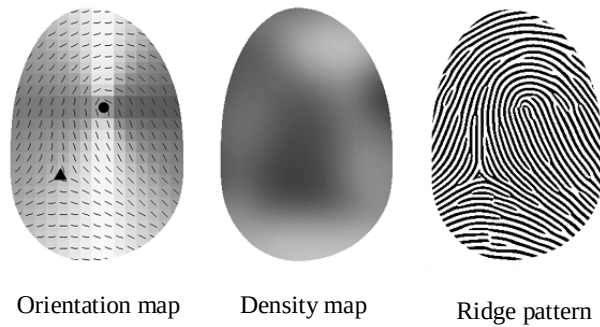
یک اثر انگشت، لایه بیرونی از پوست یک انگشت است. در سطح ماکروسکوپی، اثر انگشت از چند خط خمیده که به عنوان خطوط لبه شناخته می‌شوند، تشکیل یافته است. ناحیه بین دو لبه همسایه، شیار گفته می‌شود. در تصاویر اثر انگشت ویژگی‌های منحصر به فردی تشخیص داده شده است که از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به نقاط ریز ذره و همچنین نقاط منفرد اشاره کرد. نقاط ریز ذره محل‌هایی از تصویر اثر انگشت می‌باشند که یا رگه‌های آن خاتمه یافته و یا منشعب می‌شوند. علاوه بر نقاط ریز

¹ Synthetic

ذره، نقاط منفرد با نام‌های هسته و دلتا در تصویر اثر انگشت تعریف می‌شوند. این نقاط، خصوصیات قابل رویت نامیده می‌شوند [11، 42].

خصوصیات قابل رویت برای شناسایی ویژگی‌های کلی که بر اساس الگوی جریان لبه اثر انگشت هستند، مهم هستند. جریان خطوط لبه را می‌توان به خوبی با یک ساختار به نام نقشه هدایتی¹ توصیف کرد. این نقشه ماتریسی است که عناصر آن، جهت تانژانت خطوط لبه را در نقاط متناظر در تصویر اثر انگشت نشان می‌دهند (شکل 6-2-1).

چگالی خط لبه را می‌توان با استفاده از نقشه چگالی نشان داد (شکل 6-2-1). فرکانس لبه محلی و یا چگالی $f_{x,y}$ در نقطه $[x, y]$ تعداد لبه‌ها در واحد طول در امتداد قسمت فرضی به مرکز $[x, y]$ و قائم بر جهت لبه محلی $\theta_{x,y}$ گفته می‌شود [40].



شکل (۶-۲-۱). ویژگی‌های کلی اثر انگشت [۴۰]

مینوتای، نقاط غیرطبیعی در شیارها هستند. در میان انواع متفاوتی از نقاط مینوتای که تاکنون در مقالات گوناگون به آن‌ها اشاره شده، دو مورد بسیار مهم بوده و در طیف وسیعی استفاده می‌گردند. یکی انتهایی که سر انتهایی یک شیار است و دیگری شاخه نامیده می‌شود که نقطه‌ای در شیار بوده و آن نقطه به دو شیار تقسیم می‌گردد. نقاط مینوتای، خصوصیات ریز گفته می‌شوند و این نقاط منفرد ویژگی‌های محلی اثر انگشت هستند. بر اساس همین نقاط منفرد تصویر اثر انگشت به شش دسته طبقه‌بندی می‌شوند که از آن با عنوان طبقه‌بندی هنری یاد می‌شود [40].

¹ directional map

1-5-2-1 تولید اثر انگشت SFinGe

یک متد برای تولید تصاویر اثر انگشت مصنوعی و واقع‌گرایانه است. که برای حل یکی از مسائل حیاتی و مهم در مورد ارزیابی کارایی سیستم‌های شناسایی اثر انگشت ایجاد شده است: نیاز به پایگاه داده-های تست بزرگ. در تعیین کارایی یک الگوریتم شناسایی اثر انگشت، به دلیل میزان خطاهای بسیار کوچک که بایستی تخمین زده شوند، نیاز به پایگاه داده‌های بزرگ اثر انگشت داریم. متأسفانه جمع-آوری پایگاه داده‌های بزرگ از اثر انگشت مشکلات زیر را دارد.

1- برحسب زمان و هزینه، گران است.

2- برای افراد مورد بررسی، خسته‌کننده است.

3- از لحاظ قوانین حفاظت و پنهان سازی اطلاعات، مشکل‌ساز است.

این متد به منظور تولید دیتابیس‌های بزرگ اثر انگشت بدون صرف هزینه ایجاد شده است. که به الگوریتم‌های شناسایی این امکان را می‌دهد به آسانی تست و بهینه شوند. ایده اصلی SFinGe ساده است. یک شکل اثر انگشت، یک نقشه جهتی و هدایتی و یک نقشه چگالی¹ به طور جداگانه تولید می‌شوند. سپس این سه ویژگی ترکیب می‌شوند تا یک الگوی اثر انگشت را ایجاد کنند که در نهایت با اضافه کردن نویز، واقعی‌تر می‌شود. برای تولید برداشت‌های بیشتر از یک اثر انگشت یکسان، ابتدا یک اثر انگشت اصلی (یک الگوی لبه که ویژگی‌ها و خصوصیات منحصربه‌فرد و تغییرناپذیر از یک انگشت مصنوعی را نشان می‌دهد) تولید می‌شود. و سپس چندین اثر انگشت مصنوعی، با شروع از همان اثر انگشت اصلی یکسان، به صورت تصادفی نتیجه گرفته می‌شوند [40، 41، 42]. متد SFinGe برای تولید اثر انگشت مصنوعی شامل گام‌های زیر است:

1- تولید نقشه جهتی اثر انگشت

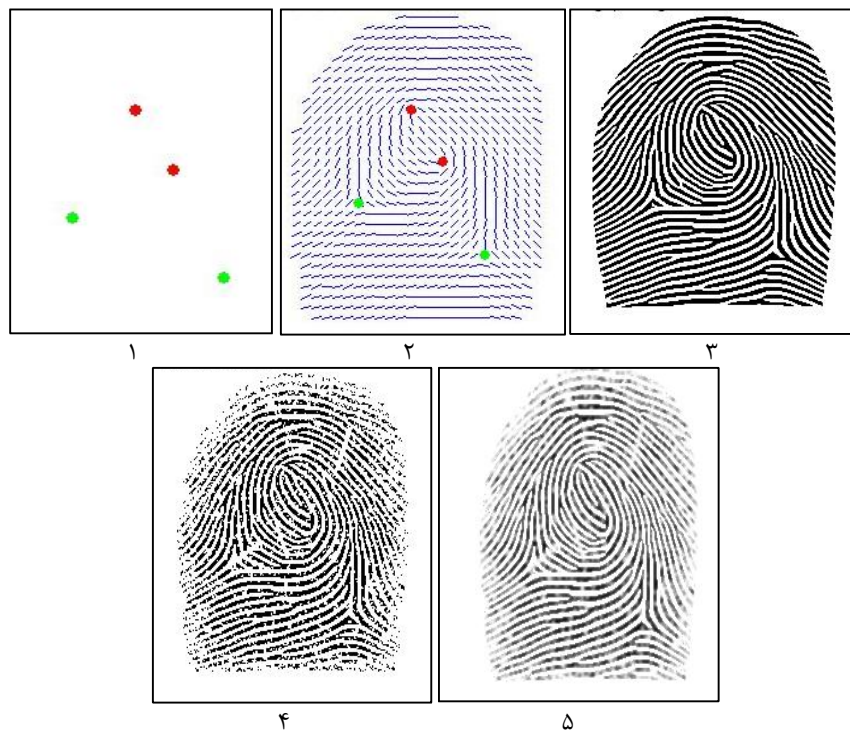
2- تولید نقشه چگالی

3- تولید الگوی لبه

¹ Density map

4- اضافه کردن نویز

گام اول، از مکان‌های هسته و دلتا آغاز می‌شود و از یک مدل جریان ریاضیاتی برای تولید یک نقشه هدایتی سازگار، بهره می‌برد. گام دوم یک نقشه چگالی بر اساس برخی معیارهای هیورستیکی ایجاد می‌کند. در گام سوم الگوی خطوط لبه و نقاط مینوتای تولید می‌شوند. در گام آخر مقداری نویز اضافه می‌شود تا تصویری واقعی از اثر انگشت ایجاد شود [40، 41، 42]. شکل 1-2-7 این مراحل را نشان می‌دهد.¹



شکل (۷-۲-۱). مراحل تولید اثر انگشت توسط SFinGE

¹ Biometric System laboratory Available from: <http://biolab.csr.unibo.it/Home.asp>.

1-3-3 بیماری‌ها و اثر انگشت

1-3-1 مقدمه

بیماری‌ها روی پوست تاثیر می‌گذارند. از ظاهر پوست می‌توان به میزان سلامت فرد پی برد، زیرا علایم هر نوع بیماری ابتدا روی پوست ظاهر می‌شود. پوست آدمی بیش از هر قسمتی از بدن در معرض خطرات، بیماری‌ها و عوارض ناشی از کار قرار دارد و به طور مستمر از طرق گوناگون آسیب می‌بیند. پوست در واقع آینه‌ای از مشکلات داخلی است و بسیاری از بیماری‌های داخلی، تظاهرات پوستی دارند. وقتی یک بیماری سیستماتیک در بدن رخ می‌دهد، کار بدن را به هم می‌زند و روی تمام ارگان‌های بدن تاثیر می‌گذارد. پوست نیز در معرض آسیب قرار می‌گیرد. از جمله این بیماری‌های سیستماتیک می‌توان به دیابت، آلزایمر، اعتیاد و ... اشاره کرد.

تاکنون مطالعاتی در زمینه استفاده از تکنیک پوست‌نگاری از جمله اثر انگشت برای تشخیص بیماری‌ها استفاده شده است. به عنوان مثال در [43] ارتباط بیماری دیابت با اثر انگشت مورد بررسی قرار گرفته که یک تحقیق پزشکی بوده و در آن از تکنیک‌های پردازش تصویر استفاده نشده است. در این بخش، در مورد بیماری‌ها و تاثیر آن‌ها روی پوست بحث خواهیم کرد و اثرات دیابت و اعتیاد روی پوست معرفی می‌شوند.

1-3-2 تاثیر بیماری‌ها بر پوست

بیماری‌های مختلف روی پوست تاثیر می‌گذارند. برخی اعتقاد دارند که پوست، آینه تمام نمای بیماری‌های داخلی است و این بیماری‌ها مشکلات خود را روی پوست نمایان می‌کنند. تحقیقات زیادی در زمینه ارتباط بیماری‌ها با پوست و تاثیر آن‌ها بر پوست انجام شده است. از جمله بیماری‌های سیستماتیک که بر پوست تاثیر می‌گذارند، اعتیاد و دیابت است. که در ادامه به معرفی و تاثیر

آنها می‌پردازیم. در این جا به برخی از بررسی‌های علمی انجام شده در زمینه عوامل و بیماری‌های مختلفی که بر پوست تاثیر می‌گذارند، اشاره می‌کنیم [44، 46، 48].



شکل (۱-۳-۱). بیماری پوستی

1- پوست کدر و خشک ممکن است نشانه کمبود اسید چرب امگا3 باشد؛ اسید امگا3، از عملکرد مغز حمایت می‌کند، التهاب بدن را پایین می‌آورد و خطر بروز بیماری‌های قلبی، سرطان و آرتریت را کاهش می‌دهد. امگا3 باعث تقویت غشای سلول و تنظیم تولید سلول‌ها می‌شود. کمبود امگا3 چرخش طبیعی پاک‌سازی پوست از سلول‌های مرده را کند می‌کند و در نتیجه پوست، خشک و پوسته پوسته می‌شود.

2- خارش شدید نشانگر لنفوم هوچکین (نوعی سرطان خون) است؛ خارش شدید و مداوم ایجاد شده بر اثر گردش غیرعادی سلول‌ها در خون ممکن است علامت سرطان خون باشد. این نوع خارش مانند این است که چیزی زیر پوست وجود دارد¹.

3- بیماری‌های ناشی از کار (بیماری‌های حرفه‌ای) که بر اثر اشتغال شخص (کارگر) به یک کار معین و تحت تاثیر شرایط آن کار پدید می‌آید. به عبارت دیگر مواجهه با عوامل فیزیکی، شیمیایی، زیست-شناختی و روانشناختی محیط کار، در بروز این بیماری‌ها مؤثر است. این عوامل بیماری‌زا قابل تشخیص، اندازه‌گیری و کنترل هستند، مانند بیماری‌های ناشی از سر و صدا [47]. کارگرانی که در

¹ <http://www.beytoote.com/attire/cuticle/skin-that-affect.html>.

محیط‌های گرم و مرطوب کار می‌کنند، به علت اختلال در کار غدد مترشحه عروق پوست دچار ضایعات پوستی به صورت بثورات قرمز رنگ و خارش‌دار می‌شوند.¹

4- بعضی از داروها بر روی پوست برخی افراد علایمی ایجاد می‌کنند و به طور ناخواسته باعث واکنش‌هایی بر روی پوست می‌شوند.² به عنوان مثال، مصرف برخی داروهای ضد سرطان باعث از بین رفتن اثر انگشت می‌شود.³

5- یکی از مشکلاتی که در کشور ما هم شایع است و علاوه بر تاثیر بر اندام‌های داخلی، پوست را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد، بیماری تیروئید است. از جمله مشکلاتی که در اثر این بیماری برای پوست ایجاد می‌شود، خشکی و خارش پوست است. در این بیماری تغییرات پوستی به صورت پوست خشن، خشک، سرد و رنگ پریده است. در بعضی بیماران تغییر رنگ و زرد شدن پوست رخ می‌دهد و عروق پوست بسیار شکننده می‌شوند. پوسته پوسته شدن کف دست و پا نیز در تعدادی از بیماران رخ می‌دهد [45، 47].

6- بیماری‌های قلبی نیز بر پوست تاثیر می‌گذارند. بیمارانی که دچار نارسایی قلبی هستند و فعالیت عضله قلب آن مختل است، دچار تعریق و عرق سرد می‌شوند، به طوری که با تماس دست، پوست‌شان مرطوب است.

غیر از بیماری‌های قلبی که به‌طور مادرزادی یا در موارد نارسایی قلب موجب بروز اختلالاتی در پوست و ناخن‌ها می‌شوند، داروهایی که برای درمان بیماری‌های قلبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند موجب بروز تغییراتی در پوست و یا سبب ریزش مو شوند. برخی از این داروها خیلی هم رایج هستند مانند آسپیرین که موجب بروز خون‌ریزی‌هایی در زیر پوست می‌شود. داروهای دیگری

¹ <http://alborzohu.blogfa.com/post-148.aspx>.

² <http://www.afkarnews.ir/vdciuazvt1ar32.cbct.html>.

³ <http://www.cnn.com/2009/US/05/28/cancer.fingerprints/>.

مانند پلاویکس و وارفارین هم موجب بروز خونریزی‌های زیرپوستی می‌شوند. بعضی داروها هم موجب تشدید و یا شروع ریزش مو می‌شوند.¹

7- اعتیاد پوست را پیر می‌کند. پژوهشگران می‌گویند اعتیاد تنها چین و چروک صورت را زیاد نمی‌کند، بلکه اثر مشابهی بر روی تمام بدن دارد. بررسی‌ها مشخص کرده‌اند که اعتیاد باعث انقباض عروق خونی زیر پوست می‌شوند و میزان خون‌رسانی به پوست را کاهش می‌دهند.

کاهش کیفیت و کمیت زندگی در افراد معتاد را می‌توان به بهترین نحو با بررسی بیماری‌های پوستی فرد درک کرد. چرا که اعتیاد علاوه بر اثرات تهدیدکننده بر ارگان‌های داخلی از جمله قلب و ریه با تاثیر بر پوست منجر به پیری زودرس پوست شده و در نهایت به کاهش کیفیت زندگی منجر می‌شود و این تاثیرات می‌توانند هشدار برای خطرات شدیدتر و تهدید کننده حیات باشند.

تحقیقات نشان می‌دهند که استعمال دخانیات ایجاد چین و چروک در پوست، نازک شدن پوست و قابل مشاهده شدن رگ‌ها، کاهش چربی زیر جلدی و در نهایت گودافتادگی گونه و کاسه چشم، ریزش مو با الگوی مردانه، خاکستری شدن رنگ مو و سفید شدن زودرس موها، تغییر رنگ پوست و ایجاد لکه‌های پوستی، تحلیل عضلات و آویزان شدن پوست، ایجاد جوش‌های سر سیاه معروف به جوش سیگاری‌ها یا جوش غیرالتهابی و افزایش احتمال بروز یک نوع بیماری پوستی به نام بیماری صدف یا پسوریازیس را سبب می‌شود. بیماری پسوریازیس نوعی بیماری پوستی وابسته به سیستم ایمنی است که باعث بروز پوسته‌های نقره‌ای ضخیم در آرنج و زانو شده و در صورت کنده شدن، زیر آن، نقاط خونریزی دهنده، دیده می‌شود. البته این بیماری انواع مختلف دارد که محل پوسته‌ها بر حسب نوع متفاوت است اما در سیگاری‌ها این بیماری به دلیل تاثیر اجزای سمی سیگار بر سیستم ایمنی شدیدتر است. سیگار خطر پیشرفت بیماری پوستی وابسته به سیستم ایمنی به نام بیماری صدف یا پسوریازیس را 2 تا 3 برابر می‌کند.

¹ <http://rasekhoon.net/article/print-68542.aspx>.

تاثیر سیگار بر روی پوست از دو طریق صورت می‌گیرد؛ مصرف سیگار سبب پخش شدن مواد شیمیایی مضر در محیط، خشکی سطح پوست، خارش و در نهایت اثر تخریبی بر پوست می‌شود. همچنین سیگار با انقباض عروق خونی به کاهش جریان خون در بافت‌ها از جمله پوست منجر شده و سبب کمبود اکسیژن و مواد مغذی اساسی پوست می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که سیگار سبب کاهش ذخیره ویتامین A در بدن می‌شود. این درحالیست که این ویتامین نقش محافظت پوست در برابر عوارض مخرب موجود در سیگار را بر عهده دارد. همچنین در حین استعمال سیگار، جمع شدن دهان منجر به ایجاد چین و چروک‌های اطراف دهان و اطراف چشم‌ها می‌شود.

سیگار خطر مهمی برای ایجاد یک بیماری خود ایمنی و عروقی به نام برگر است. در این بیماری با ایجاد تنگی عروق، شریان‌ها و وریدهای کوچک مسدود شده و منجر به ایجاد زخم‌های پوستی در انگشتان پا می‌شود. انسداد عروق ایجاد شده با پیشرفت بیماری منتهی به انتخاب ناگزیر درمان قطع پا برای ادامه حیات می‌شود. همچنین سیگار کشیدن سبب کاهش قدرت ارتجاعی و خشکی و پیری زودرس پوست می‌شود. سرطان‌های غیرملانوما پوستی از جمله سرطان‌هایی هستند که در اثر استعمال دخانیات بوجود می‌آیند، سیگار یا هر نوع از مواد دخانی به علت وجود نیکوتین و مونوکسید کربن مانع ترمیم پوست می‌شود و چهره سیگاری‌ها به صورت چهره اخمو، خشن، با چین و چروک‌های پوستی فراوان، تشدید خطوط پوستی و عمیق شدن آن‌ها تغییر می‌کند.¹

8- افرادی که بیماری دیابت دارند، تعادل قند خونشان از بین رفته است. این سطح غیر طبیعی قند خون باعث عوارض مختلفی بر قسمت‌های مختلف بدن می‌شود. پوست هم از این بیماری در امان نیست.

محققان می‌گویند بیش از یک سوم بیماران دیابتی در برهه‌های مختلف زندگی‌شان، دچار علائم بیماری‌های پوستی می‌شوند. خوشبختانه بیشتر بیماری‌های پوستی مرتبط با دیابت قابل پیشگیری و

¹ <http://www.medic8.com/drug-addiction/signs-of-an-addiction.html>.

درمان هستند. البته اگر اقدام‌های درمانی به موقع شروع شوند، در غیر این صورت یک مشکل پوستی بسیار خفیف می‌تواند تبدیل به معضلی جدی با پیامدهای شدید شود.

اگرچه دیابت با بالا بودن قند خون تشخیص داده می‌شود، ولی یک بیماری سیستمیک است که اعضای مختلف بدن را درگیر می‌کند. مشکلات پوستی از جمله خشکی پوست نیز یکی از عوارض شایع بیماری دیابت می‌باشد.

عدم کنترل قندخون، می‌تواند موجب بیماری‌هایی نظیر ریزش موهای ساق پا، خارش، نازک شدن پوست پا، عفونت‌های قارچی و پیگمانته شدن پوست و تغییر رنگ آن شود. دیابت از یک سو موجب کاهش تعریق بدن می‌شود که این نقص موجب کم شدن رطوبت بدن و ترک خوردن پوست و ایجاد عفونت می‌شود. از سوی دیگر تعریق در اندام‌های خاصی مانند کف دست را افزایش می‌دهد. تعریق زیاد در دست‌ها موردی است که بسیاری از بیماران از آن شکایت دارند [45، 47، 48].

3-3-1 اهمیت مطالعه ارتباط بیماری‌ها با اثر انگشت

یکی از موضوعاتی که در مورد اثر انگشت مورد توجه برخی محققان قرار گرفته است، ارتباط اثر انگشت با بیماری‌هاست. و آیا بیماری می‌تواند بر اثر انگشت تاثیر گذار باشد تا بدین ترتیب بتوان از آن به عنوان یک مشخصه برای تشخیص بیماری و در نتیجه درمان به موقع آن استفاده کرد. تاکنون مطالعاتی در زمینه استفاده از تکنیک پوست‌نگاری از جمله اثر انگشت برای تشخیص بیماری‌ها استفاده شده است [44، 46].



شکل (۲-۳-۱). اثر انگشت با پوستی بیمار

از جمله کاربردهای دیگر این ایده می‌توان به استفاده از آن در کنترل ورود و خروج افراد به سازمان‌ها و یا کشورها اشاره کرد، بدین ترتیب که با استفاده از اثر انگشت، بیماری‌های خاص و یا خطرناک کشف و بررسی شوند. می‌توان گفت، مطالعه در زمینه تاثیر و ارتباط بیماری‌ها و داروها با اثر انگشت بسیار ارزشمند بوده و کمک شایانی به سیستم‌ها و کاربردهای مختلف اثر انگشت می‌باشد. در این پروژه سعی خواهد شد تا بر روی تصاویر مربوط به چند بیماری آزمایش‌های لازم با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر انجام شود.

فصل دوم:

معرفی تکنیک‌ها

1-2 تبدیل فوریه و روش Power Spectrum

2-2 ویولت

3-2 بافت

2-1- تبدیل فوریه و روش Power Spectrum

2-1-1- مقدمه

در یک نگاه کلی، هدف از اعمال یک تبدیل ریاضی بر یک سیگنال، بدست آوردن اطلاعات اضافه‌ای است که در سیگنال خام اولیه قابل دسترس نمی‌باشد. اکثر قریب به اتفاق سیگنال‌های مورد استفاده در عمل، در حوزه زمان هستند. بدین سان به هنگام رسم سیگنال، دامنه مقادیر مختلف سیگنال بر حسب زمان رسم می‌گردند. طبیعتاً این نحوه نمایش، بهترین شکل برای توصیف یک سیگنال نخواهد بود. در بسیاری موارد، اطلاعات سودمند سیگنال در محتوای فرکانسی آن نهفته‌اند، که اصطلاحاً به آن، طیف سیگنال گفته می‌شود. به بیان ساده، طیف یک سیگنال نشان‌دهنده فرکانس‌های موجود در آن سیگنال است [50، 51].

به بیان صریح‌تر می‌توان گفت که مفهوم فرکانس در حقیقت نشان‌دهنده نرخ تغییرات متغیر متناظر با آن است. فرکانس را با معیار سیکل بر ثانیه (هرتز) اندازه می‌گیرند. به عنوان مثال، فرکانس برق شهر، 50 هرتز می‌باشد که نشان‌دهنده این است که جریان الکتریسیته در هر ثانیه، 50 بار سیکل سینوسی را طی می‌کند. با توجه به مفهوم فرکانس می‌باید ابزاری برای سنجش محتوای فرکانسی یک سیگنال داشت. این ابزار همان تبدیل فوریه است که در ادامه به شرح آن می‌پردازیم. در این بخش پس از شرح تبدیل فوریه، روش Power Spectrum را نیز که بر پایه فوریه است، توضیح خواهیم داد.

2-1-2 آنالیز فوریه

در قرن 19 میلادی، یک ریاضی‌دان فرانسوی به نام جوزف فوریه¹ نشان داد، که هر تابع متناوب را می‌توان بر حسب مجموع نامتناهی از توابع پایه سینوسی و کسینوسی (و یا تابع نمایی متناوب مختلط) نوشت. سال‌ها بعد از کشف این خاصیت شگفت‌انگیز توابع متناوب، این ایده تحت عنوان

¹ Joseph Fourier

تبدیل فوری به سایر توابع نیز تعمیم داده شد. پس از این تعمیم بود که تبدیل فوری به عنوان ابزاری کارآمد در محاسبات کامپیوتری وارد گردید.

تبدیل فوری یک ابزار مهم در پردازش تصاویر است که برای تجزیه یک تصویر به اجزای سینوسی و کسینوسی استفاده می‌شود. خروجی این تبدیل، تصویر را در حوزه فرکانسی نشان می‌دهد، در حالی که تصویر ورودی در حوزه فضایی است. هر نقطه در تصویر حوزه فوری، نشان‌دهنده فرکانس مشخصی در تصویر حوزه فضایی است.

آنالیز فوری هم شامل تبدیل فوری و هم سری فوری است. تبدیل فوری بر روی توابعی قابل اجراست که پریودیک نیستند، در حالی که سری فوری برای تحلیل توابع پریودیک، استفاده می‌شود. تبدیل فوری در کاربردهای بسیاری چون، تحلیل تصاویر، فیلترینگ تصویر، بازسازی و فشرده‌سازی تصاویر استفاده می‌شود [50، 54].

2-1-3 سری فوری

سری فوری یک سیگنال را به مجموعی از توابع سینوسی و کسینوسی در فرکانس‌های مختلف تجزیه می‌کند. سری فوری و تبدیل فوری اغلب برای کلاس‌های متفاوت از توابع استفاده می‌شوند. با این وجود از نظر مهندسين، تبدیل فوری یک بسط و توسعه از سری فوری است، زیرا اجازه می‌دهد که دوره تناوب T یک تابع دوره‌ای به بینهایت میل کند [53، 54].

نمایش سری فوری یک تابع $p(t)$ دوره‌ای با مقادیر حقیقی $[p(t) = p(t+T)]$ به صورت زیر است:

$$p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \alpha_k e^{jk\omega_0 t} \quad 1-1-2$$

که در آن

$$\alpha_k = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} p(t) e^{-jk\omega_0 t} dt \quad 2-1-2$$

که α_k ضرایب فوری و دوره تناوب $T = 2\pi/\omega_0$ با فرکانس‌های اساسی ω_0 [51].

2-1-4 تبدیل فوریه

برای بسط سری فوریه به تبدیل فوریه، روابط 2-1-1 و 2-1-2 را در نظر می‌گیریم. تابع زمان $p(t)$ در 2-1-1 با استفاده از 2-1-2 می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$\begin{aligned} p(t) &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[\frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} p(t') e^{-jk\omega_0 t'} dt' \right] e^{jk\omega_0 t} \\ &= \frac{1}{2\pi} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \omega_0 \left[\int_{-T/2}^{T/2} p(t') e^{-jk\omega_0 t'} dt' \right] e^{jk\omega_0 t} \end{aligned} \quad 3-1-2$$

دوره تناوب T به بینهایت توسعه می‌یابد، بنابراین ω_0 با $d\omega$ و $k\omega_0$ با ω جایگزین می‌شوند و جمع در 3-1-2 به انتگرال تبدیل می‌شود.

$$p(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} p(t') e^{-j\omega t'} dt' \right] e^{j\omega t} d\omega \quad 4-1-2$$

انتگرال داخل براکت با یک تابع $\hat{p}(\omega)$ بیان می‌شود.

$$\hat{p}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} p(t') e^{-j\omega t'} dt' \quad 5-1-2$$

بنابراین رابط 4-1-2 به صورت زیر تبدیل می‌شود.

$$p(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{p}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad 6-1-2$$

روابط 5-1-2 و 6-1-2 به عنوان روابط تبدیل فوریه شناسایی می‌شوند [51، 53].

2-1-5 تبدیل فوریه و عملکرد آن

در مورد تصاویر دیجیتالی، از تبدیل فوریه گسسته¹ استفاده می‌کنیم. تبدیل فوریه گسسته، تمامی فرکانس‌های شکل‌دهنده یک تصویر را شامل نمی‌شود. تنها شامل یک مجموعه از نمونه‌های به اندازه کافی بزرگ است که تصویر را در حوزه فضایی توصیف می‌کنند. تعداد فرکانس‌ها متناظر با تعداد پیکسل‌ها در تصویر حوزه فضایی است. یعنی، تصویر در حوزه فضا و فرکانس، سائز برابر دارند. برای یک تصویر مربعی با سائز $N \times N$ DFT، دو بعدی با فرمول زیر بدست می‌آید:

¹ Discrete Fourier Transform (DFT)

$$F(k, l) = \sum_{a=0}^{N-1} \sum_{b=0}^{N-1} f(a, b) e^{-i2\pi(\frac{ka}{N} + \frac{lb}{N})} \quad 7-1-2$$

که $f(a, b)$ تصویر در حوزه فضایی و جمله نمایی، تابع پایه متناظر با هر نقطه $F(k, l)$ در فضای فوریه است. فرمول می‌تواند اینگونه تفسیر شود: مقدار هر نقطه $F(k, l)$ با ضرب تصویر حوزه فضا در تابع پایه متناظر و جمع کردن نتایج بدست می‌آید.

توابع پایه، امواج سینوسی و کسینوسی با فرکانس‌های افزایشی هستند. یعنی، $F(0, 0)$ مولفه DC تصویر است که متناظر با میانگین روشنایی است و $F(N-1, N-1)$ بالاترین فرکانس را نشان می‌دهد. به طور مشابه، تصویر فوریه می‌تواند دوباره به حوزه فرکانسی تبدیل شود. معکوس تبدیل فوریه با فرمول زیر بدست می‌آید.

$$f(a, b) = \frac{1}{N^2} \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} F(k, l) e^{i2\pi(\frac{ka}{N} + \frac{lb}{N})} \quad 8-1-2$$

$\frac{1}{N^2}$ عبارت نرمال‌سازی در تبدیل معکوس است. گاهی اوقات نرمال‌سازی به تبدیل فوریه پیشرو به جای تبدیل معکوس اعمال می‌شود، اما نباید برای هر دو استفاده شود. برای بدست آوردن نتایج فرمول‌های بالا، برای هر نقطه تصویر یک جمع دوگانه بایستی محاسبه شود. چون تبدیل فوریه جدایی پذیر است، می‌تواند به صورت زیر نوشته شود.

$$F(k, l) = \sum_{b=0}^{N-1} p(k, b) e^{-i2\pi \frac{lb}{N}} \quad 9-1-2$$

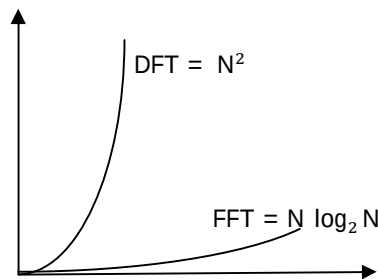
که در آن

$$P(k, b) = \sum_{a=0}^{N-1} f(a, b) e^{-i2\pi \frac{ka}{N}} \quad 10-1-2$$

با استفاده از این دو فرمول، تصویر حوزه فضایی، با استفاده از N تبدیل فوریه یک بعدی به یک تصویر میانی تبدیل می‌شود. سپس، این تصویر میانی، با استفاده از N تبدیل فوریه یک بعدی، به تصویر نهایی تبدیل می‌شود. بیان تبدیل فوریه دو بعدی با استفاده از تعداد $2N$ تبدیل فوریه یک بعدی باعث کاهش محاسبات مورد نیاز می‌شود [50، 51، 54].

2-1-6 تبدیل سریع فوریه

تبدیل سریع فوریه نام الگوریتمی است، برای انجام تبدیلات مستقیم و معکوس گسسته فوریه به صورتی سریع و بسیار کارآمد. یک تبدیل فوریه سریع تجزیه یک رشته از مقادیر به مولفه‌هایی با فرکانس‌های متفاوت است. این عملیات در بسیاری از رشته‌ها مفید است. اما محاسبه مستقیم آن از تعریف گاهی اوقات در عمل بسیار کند است. تبدیل فوریه سریع یک راه برای محاسبه همان نتایج به طور سریع‌تر است. تبدیل فوریه سریع، تبدیل فوریه گسسته را محاسبه می‌کند و دقیقاً همان نتایجی را تولید می‌کند که مستقیماً با تعریف تبدیل فوریه گسسته به دست می‌آید. تنها تفاوت آن این است که بسیار سریع‌تر است. محاسبه تبدیل فوریه گسسته برای n نقطه با استفاده از تعریف، به $O(n^2)$ عملیات ریاضی نیاز دارد. در حالی که تبدیل فوریه سریع می‌تواند همان نتایج را در $O(n \log n)$ عملیات، محاسبه نماید [51، 54]. در شکل 2-1-1 پیچیدگی تبدیل فوریه گسسته با تبدیل فوریه سریع مقایسه شده است.



شکل (۲-۱-۱). مقایسه پیچیدگی تبدیل سریع فوریه و تبدیل فوریه گسسته

2-1-6-1 الگوریتم تبدیل سریع فوریه

تعداد زیادی الگوریتم‌های تبدیل فوریه سریع مجزا وجود دارد، که شامل محدوده عظیمی از ریاضیات می‌شوند. از محاسبات ساده به وسیله اعداد مختلط تا نظریه اعداد. رایج‌ترین الگوریتم تبدیل فوریه سریع الگوریتم کولی-توکی^۱ است، که یک الگوریتم تقسیم و حل است، که به صورت بازگشتی یک مسئله تبدیل فوریه گسسته را با سایز مرکب $N = N_1 N_2$ می‌شکند و به مسئله تبدیل فوریه گسسته

^۱ Cooley-Tukey

با اندازه‌های N_1 و N_2 تبدیل می‌کند. این روش و ایده عمومی تبدیل فوریه سریع، در سال 1965 با انتشارات کولی و توکی معروف شد. اما بعدها کشف شد که گاوس، پیش از این دو نفر در سال 1805 این الگوریتم را بدست آورده بود. این الگوریتم در هر مرحله مسئله را به دو تکه با اندازه $N/2$ تقسیم می‌کند و بنابراین به اندازه توانی از 2 محدود است، اما می‌توان در حالت کلی با فاکتورگیری مورد استفاده قرار گیرد.

2-1-7 تحلیل بیشتر تبدیل فوریه

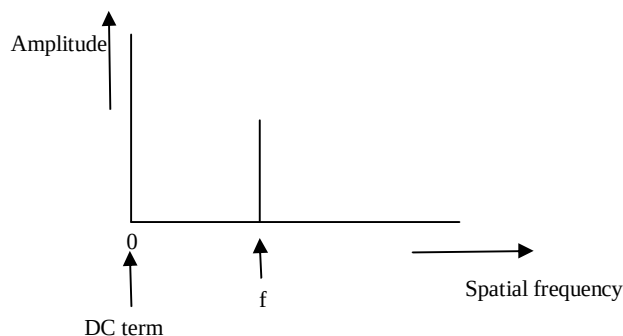
تبدیل فوریه، یک تصویر خروجی با مقادیر پیچیده تولید می‌کند، که می‌تواند با دو تصویر نشان داده شود، یکی با اجزاء واقعی و موهومی و دیگری با اجزاء فاز و دامنه. در پردازش تصویر، اغلب تنها، دامنه تبدیل فوریه نمایش داده می‌شود، زیرا حاوی بیشترین اطلاعات در مورد ساختار هندسی تصویر در حوزه فضایی است. اگر بخواهیم تصویر فوریه را پس از انجام پردازش‌هایی در حوزه فرکانس به حوزه فضایی تبدیل کنیم، باید هر دو جزء فاز و دامنه تصویر فوریه را حفظ کنیم [59، 55].

دامنه منحنی سینوسی متناظر با کنتراست آن است، و یا اختلاف بین تاریک‌ترین و روشن‌ترین نقطه تصویر. یک دامنه منفی، یک کنتراست معکوس را نشان می‌دهد، یعنی روشنی‌ها تاریک می‌شوند و بالعکس. فاز نشان می‌دهد که چگونه موج نسبت به مبدا شیفت می‌یابد. به طور خلاصه، دامنه نشان-دهنده میزان یک مولفه فرکانسی مشخص و فاز مکان مولفه فرکانسی را در تصویر نشان می‌دهد.

یک تبدیل فوریه نه فقط یک منحنی سینوسی واحد، بلکه یک سری کامل از سینوسی‌ها را از میان یک بازه از فرکانس‌های فضایی کدگذاری می‌کند. بازه فرکانس‌ها به رزولوشن یا سایز پیکسل‌ها بستگی دارد و این بازه از صفر تا بالاترین فرکانس فضایی است که می‌تواند در تصویر دیجیتال کدگذاری شود.

یک تبدیل فوریه تمامی فرکانس‌های فضایی را که در یک زمان در یک تصویر حضور دارند، کدگذاری می‌کند. یک سیگنال که تنها شامل یک فرکانس فضایی واحد f است، به صورت یک پیک واحد در

نقطه f در روی محور فرکانس نشان داده می‌شود (شکل 2-1-2)، ارتفاع پیک متناظر با دامنه یا کنتراست آن سیگنال سینوسی است.



شکل (۲-۱-۲). سیگنال f

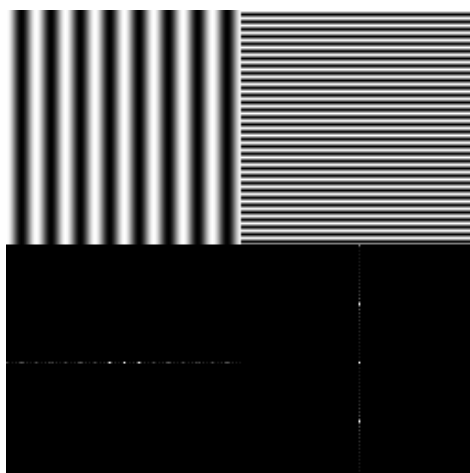
عبارت DC متناظر با فرکانس صفر است، که میانگین روشنایی کل تصویر را نشان می‌دهد. یک عبارت DC صفر به این معناست که میانگین روشنایی تصویر صفر است، یعنی منحنی سینوسی بین مقادیر مثبت و منفی روشنایی تصویر نوسان می‌کند. اما چون چیزی به عنوان روشنایی منفی وجود ندارد، تمامی تصاویر حقیقی DC مثبت دارند¹. در بیشتر پیاده‌سازی‌ها، تصویر فوریه شیفته داده می‌شود تا مولفه DC (میانگین تصویر) یا $F(0,0)$ در مرکز تصویر قرار گیرد. هرچه از مرکز تصویر دورتر شویم، فرکانس مربوط به آن‌ها بالاتر می‌رود. تبدیل فوریه تلاش می‌کند، تا تصاویر را به صورت مجموعی از تصاویر شبیه سینوسی نشان دهد. بنابراین تصاویری که کسینوسی خالص هستند، تبدیل فوریه ساده-ای دارند.

دو تصویر به همراه تبدیل فوریه آن‌ها در شکل 3-1-2 آورده شده است. تصویر اول یک کسینوسی افقی خالص با 8 دوره و تصویر دوم یک کسینوسی عمودی خالص با 32 دوره است. تبدیل فوریه هر کدام تنها یک جزء دارد، که با دو نقطه روشن که به صورت متقارن در حدود مرکز تصویر تبدیل فوریه هستند، نمایش داده می‌شود. مرکز تصویر، مبدا سیستم مختصات فرکانس است. در هر دو تصویر، یک نقطه در مرکز نشان‌دهنده فرکانس $(0,0)$ یا مقدار میانگین تصویر است. تصاویر معمولاً یک مقدار

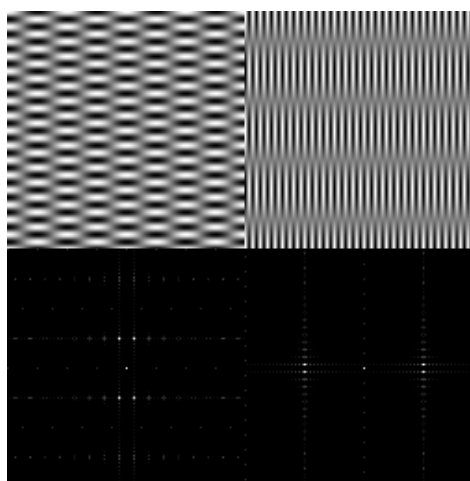
¹ <http://cns-alumni.bu.edu/~slehar/fourier/fourier.html>.

میانگین بزرگ (شبه 128) و اطلاعات فرکانس پایین بسیاری دارند، بنابراین تصاویر تبدیل فوریه معمولاً یک حباب روشن نزدیک مرکز دارند.

شکل 2-1-4 دو تصویر را که کسینوس‌های دو بعدی با مولفه‌های عمودی و افقی هستند، نشان می‌دهد. تصویر سمت چپ، 4 دوره افقی و 16 دوره عمودی و تصویر سمت راست 32 دوره افقی و 2 دوره عمودی دارد. اگر دقت کنید تقارن‌های زیادی وجود دارد. برای تمامی تصاویر حقیقی (متضاد با موهومی و پیچیده)، تبدیل فوریه در پیرامون مبدا متقارن است. بنابراین یک چهارم‌های اول و سوم همانند و یک چهارم‌های دوم و چهارم نیز، با هم مشابه هستند¹.



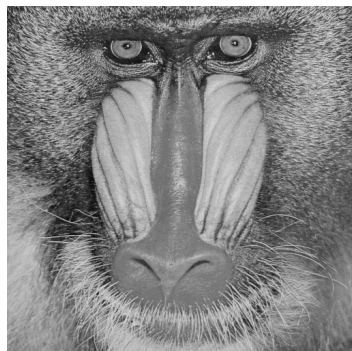
شکل (۳-۱-۲). کسینوس‌های یک بعدی؛ دو تصویر که تبدیل فوریه ساده‌ای دارند.



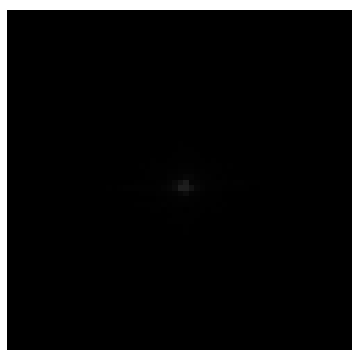
شکل (۴-۱-۲). کسینوس‌های دوبعدی؛ دو تصویر که تبدیل فوریه ساده‌ای دارند.

¹ <http://www.cs.unm.edu/~brayer/vision/fourier.html>.

به عنوان مثالی دیگر، تبدیل فوریه تصویر نشان داده شده در شکل 2-1-5 را بدست می‌آوریم. دامنه محاسبه شده از پاسخ پیچیده تبدیل فوریه تصویر در شکل 2-1-6 نشان داده شده است.

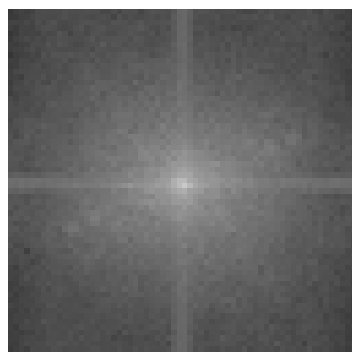


شکل (۲-۱-۵)، تصویر نمونه [۵۹]



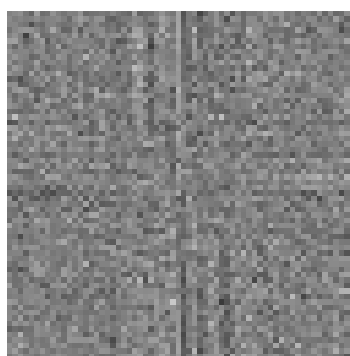
شکل (۲-۱-۶)، تصویر دامنه مربوط به تبدیل فوریه شکل ۲-۱-۵ [۵۹]

مولفه DC بمراتب بزرگتر از بزرگ‌ترین مولفه تصویر است. بازه دینامیک مربوط به ضرایب فوریه (یعنی مقادیر شدت در تصویر فوریه) آنقدر بزرگند که قابل نمایش بر روی تصویر نیستند، بنابراین تمامی مقادیر به صورت سیاه ظاهر می‌شوند. اگر تبدیل لگاریتمی را بر تصویر اعمال کنیم، نتیجه زیر را بدست می‌آوریم [59].



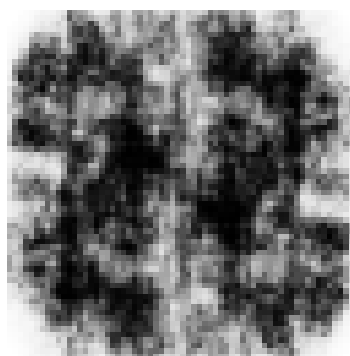
شکل (۲-۱-۷)، تصویر دامنه مربوط به تبدیل فوریه شکل ۲-۱-۵ پس از اعمال لگاریتم [۵۹]

این پاسخ نشان می‌دهد که تصویر، حاوی اجزایی از تمامی فرکانس‌هاست، اما دامنه آن‌ها برای فرکانس‌های بالاتر، کوچک‌تر است. از این‌رو، فرکانس‌های پایین نسبت به فرکانس‌های بالا، حاوی اطلاعات بیشتری از تصویر هستند. دو جهت اصلی در تصویر فوریه وجود دارد، که یکی به صورت افقی و دیگری به صورت عمودی از مرکز عبور می‌کنند. که این‌ها از الگوهای منظمی که در پس زمینه تصویر اصلی هستند، سرچشمه می‌گیرند. فاز مربوط به تصویر فوریه همان تصویر در شکل 2-1-8 نشان داده شده است [55، 59].



شکل (۸-۱-۲). تصویر فاز مربوط به تبدیل فوریه شکل ۵-۱-۲ [۵۹]

مقدار مربوط به هر نقطه، فاز مربوط به فرکانس متناظر آن را مشخص می‌کند. همانند تصویر دامنه، خطوط عمودی و افقی را متناظر با الگوهای تصویر اصلی می‌توان شناسایی کرد. تصویر فاز، اطلاعات جدیدی در مورد ساختار تصویر حوزه فضایی نمی‌دهد. پیش از آن‌که تصویر فاز را به طور کامل حذف کنیم، توجه کنید که اگر معکوس تبدیل فوریه را به تصویر دامنه بدست آمده در شکل 2-1-7 بدون در نظر گرفتن فاز اعمال کنیم، شکل 2-1-9 را خواهیم داشت. با وجود اینکه این تصویر فرکانس‌های مشابهی با تصویر ورودی اصلی دارد، اما خراب و آسیب‌دیده است. این نشان می‌دهد که اطلاعات فاز برای بازسازی تصویر صحیح در حوزه فضا، مهم هستند [59].



شکل (۹-۱-۲). تصویر بدست آمده پس از اعمال تبدیل فوریه معکوس بر شکل ۲-۱-۷ [۵۹]

Power Spectrum 8-1-2

یک طیف^۱، یک رابطه است که به طور نمونه توسط یک نمودار از دامنه یا مقداری نسبی از یک پارامتر در مقابل فرکانس نشان داده می‌شود. هر پدیده فیزیکی، خواه الکترومغناطیسی، گرمایی، مکانیکی، هیدرولیکی و یا هر سیستم دیگری باشد، یک طیف منحصر به فرد وابسته به خود دارد. طیف، به این سوال پاسخ می‌دهد، که چه مقدار از سیگنال در یک فرکانس w قرار دارد. معمولاً تنها به دنبال این هستیم که چه مقدار اطلاعات در یک فرکانس مشخص قرار دارد و در واقع توجه نمی‌کنیم که قسمتی از سری سینوسی است یا کسینوسی. بنابراین، مقدار قدرمطلق ضرایب تبدیل فوریه مطلوب ماست. مقدار قدرمطلق، میزان کلی اطلاعاتی را که در یک فرکانس قرار دارد، فراهم می‌کند. مربع مقدار قدرمطلق نیز به عنوان قدرت سیگنال در نظر گرفته می‌شود. قدرت سیگنال در هر فرکانس، معمولاً، Power Spectrum گفته می‌شود [50، 51، 54].

Power Spectrum نمایشی از دامنه اجزای فرکانسی مختلف یک تصویر دو بعدی است، که با استفاده از تبدیل فوریه سریع، از حوزه فضایی به حوزه فرکانسی تبدیل شده است. فرکانس‌های مختلف در فواصل و جهات مختلف از مبدا قرار گرفته‌اند. مبدا به طور عادی در مرکز قرار گرفته است. اجزای فرکانس بالا در فواصل بیشتر از مرکز قرار می‌گیرند. جهات مختلف از مبدا، موقعیت‌های مختلف

¹ Spectrum

ویژگی‌ها در تصویر را نشان می‌دهند. قدرت در هر مکان در Power Spectrum، یک مشخصه از فرکانس و جهت یک ویژگی مشخص در تصویر است. ارزیابی Power Spectrum یک راه بسیار عالی برای مجزا کردن مشخصه‌های ساختاری پربودیک یا نویز در تصویر است [57].

10-1-2 تئوری Parseval

تئوری parseval، نمایش انرژی، $\omega(t)$ ، در حوزه زمان را به حوزه فرکانس بوسیله عبارت زیر مرتبط می‌کند.

$$\omega(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(f) F_2(f) df \quad 11-1-2$$

که در آن $f(t)$ یک سیگنال دلخواه است که با یک تابع زمان تغییر می‌کند و $F(t)$ تبدیل فوری متناظر آن در حوزه فرکانس است، که اثبات آن ساده است:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t) dt \quad 12-1-2$$

اگر $F_1(f)$ تبدیل فوری $f_1(t)$ باشد،

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t) dt &= \int_{-\infty}^{\infty} \left[\int_{-\infty}^{\infty} F_1(f) e^{j2\pi ft} df \right] f_2(t) dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} [F_1(f) \int_{-\infty}^{\infty} e^{j2\pi ft} f_2(t) dt] df \end{aligned} \quad 13-1-2$$

با بازچینی تابع زیر انتگرال داریم:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(f) \left[\int_{-\infty}^{\infty} f_2(t) e^{j2\pi ft} dt \right] df \quad 14-1-2$$

و ضریب در براکت ها $F_2(-f)$ است (که مزدوج $F_2(f)$ است $F_2^*(f) = F_2(-f)$) بنابراین،

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(f) F_2(-f) df \quad 15-1-2$$

یک نتیجه فرعی این تئوری حالتی است که $f_1(t) = f_2(t)$ پس $F(-f) = F^*(f)$.

$$\begin{aligned}\omega(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) F^*(f) df \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} |F(f)|^2 df\end{aligned}\quad 16-1-2$$

این رابطه می‌گوید که انرژی کلی در یک سیگنال $f(t)$ برابر با سطح زیر مربع دامنه تبدیل فوریه آن است. $|F(f)|^2$ ، معمولاً، تابع چگالی انرژی¹، چگالی طیف² یا تابع چگالی طیف قدرت³ نامیده می‌شود و $|F(f)|^2 df$ چگالی انرژی سیگنال را، مشمول در باند فرکانسی f تا $f + df$ ، توصیف می‌کند. در بسیاری از کاربردها، قدرت سیگنال لحظه‌ای مدنظر است و به طور کلی فرض می‌شود که با مربع دامنه‌های سیگنال برابر است یعنی $f^2(t)$.

که این رابطه می‌گوید انرژی کلی محاسبه شده در حوزه زمان برابر با انرژی کلی محاسبه شده در حوزه فرکانس است. این تئوری این اجازه را می‌دهد، که انرژی سیگنال در حوزه زمان یا در حوزه فرکانس در نظر گرفته شود و برای آسودگی محاسبه بین حوزه‌ها تعویض انجام شود [51، 53].

2-2 ویولت

2-2-1 مقدمه

در دو دهه گذشته از تبدیل ویولت به صورت گسترده‌ای برای آنالیز پدیده‌های غیر ایستا بصورت یک بعدی و دو بعدی در شاخه‌های علوم مختلف استفاده شده است. پایه و اساس ریاضی تبدیل ویولت در

¹ Energy Density

² Spectral Density

³ Power Spectral Density

اوایل قرن بیستم گسترش یافت ولی با این حال کاربردهای عملی این فن تا سال‌های 1980 همچنان ناشناخته باقی ماند.

تبدیل موجک از یک چارچوب با قدرت تفکیک‌پذیری‌های مختلف در تجزیه و مشخصه‌سازی داده‌ها بهره می‌برد. این چارچوب از خانواده توابع پایه است که وظیفه آن‌ها جداسازی توابع و یا سیگنال‌ها به بسته‌های فرکانسی مجزا که در بعد زمان متمرکز شده‌اند، می‌باشد. بنابراین تبدیل موجک برای سیگنال‌های غیرایستا بسیار مناسب است. به عبارت دیگر زمانی که یک تابع و یا یک سری داده توسط تبدیل موجک به بعد اندازه-زمان تبدیل می‌شوند، می‌توان نشان داد که رفتار این توابع در اندازه‌های مختلف محاسبه شده در بعد زمان، چگونه خواهد بود.

آنالیز موجک قابلیت آشکارسازی بعضی از خصوصیات داده‌های خام را دارد، که سایر روش‌های آنالیز سیگنال‌ها این خصوصیات را ندارند. از جمله این خصوصیات می‌توان به مشخصه‌سازی الگوها یا رفتارها، نقاط شکستگی و ناپیوستگی و خود متشابهی اشاره نمود.

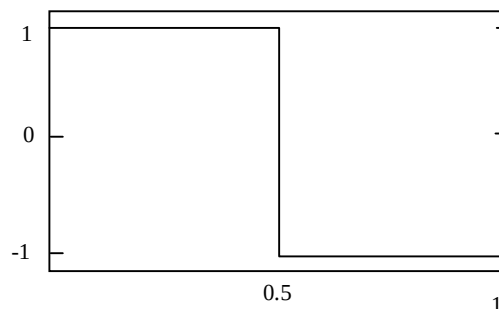
تبدیل موجک موجب فراهم شدن یک آنالیز با قدرت تفکیک‌پذیری‌های مختلف می‌شود که به موجب آن سیگنال اصلی را می‌توان با مجموعه‌ای از مولفه‌های مختلف نشان داد. این قابلیت در نشان دادن سیگنال در تفکیک‌پذیری‌های متفاوت از مهم‌ترین توانایی‌های تبدیل موجک می‌باشد [51، 58]. در این بخش تبدیل موجک و مفاهیم مرتبط با آن را بررسی می‌کنیم.

2-2-2 تاریخچه تبدیل موجک

ایده نمایش یک تابع برحسب مجموعه کاملی از توابع اولین بار توسط ژوزف فوریه، ریاضیدان و فیزیکدان بین سال‌های 1802-1806 طی رساله‌ای در آکادمی علوم راجع به انتشار حرارت، برای نمایش توابع بکار گرفته شد. فوریه نشان داد که یک تابع $f(x)$ را می‌توان بوسیله حاصل جمع بی-نهایت تابع سینوسی و کسینوسی به شکل $\sin(ax)$ و $\cos(ax)$ نمایش داد. پایه‌های فوریه بصورت ابزارهایی اساسی، با کاربردهای فوق‌العاده متواتر در علوم، درآمده‌اند. با گذشت زمان ضعف پایه‌های

فوریه نمایان شد. مثلاً دانشمندان پی بردند پایه‌های فوریه و نمایش توابع سینوس‌وار در مورد سیگنال‌های پیچیده نظری تصاویر، نه تنها ایده آل نیستند، بلکه از شرایط مطلوب دورند، بعنوان مثال به شکل کارآمدی قادر به نمایش ساختارهای گذرا نظیر مرزهای موجود در تصاویر نیستند. همچنین آن‌ها متوجه شدند تبدیل فوریه فقط برای توابع پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای توابع غیر پایه کارآمد نیست (البته در سال 1946 با استفاده از توابع پنجره‌ای، که منجر به تبدیل فوریه پنجره‌ای شد این مشکل حل شد).

در سال 1909 هار اولین کسی بود که به موجک‌ها اشاره کرد. تابعی که وی معرفی نمود امروزه به نام موجک Haar معروف می‌باشد. تابع موجک Haar از یک پالس مثبت کوتاه ساده تشکیل شده است، که پالسی مشابه ولی منفی آن را همراهی می‌کند. این تابع در شکل 2-2-1 نشان داده شده است. اگر چه این تابع بسیار ساده می‌باشد، اما به این دلیل که بر اساس تابع پله تشکیل شده است، دارای کاربرد بسیار محدودی است. بنابراین استفاده از این تابع در مسائل تقریب توابع پیوسته و مشتق‌پذیر نامناسب می‌باشد [51، 53، 58].



شکل (۲-۱). تابع موجک Haar

2-2-3 معرفی تبدیل موجک

تبدیل موجک و تبدیلات مشابه جزو تبدیلات انتگرالی دسته‌بندی می‌شوند. این دسته از تبدیلات برای تبدیل یک تابع به تابع جدیدی با متغیرهای جدید به کار می‌روند. به عنوان مثال دیگر، تبدیل فوریه نیز از این دسته می‌باشد. معمولاً در این نوع تبدیلات، با ضرب تابع مورد نظر در یک تابع هسته که تابعی از هر دو نوع متغیرها (متغیرهای فعلی، متغیرهای موردنظر) می‌باشد و سپس حذف

متغیرهای اول به کمک انتگرال گیری در یک بازه مشخص بر روی متغیرها می توان تابع اولیه را از بعد ابتدایی به بعد جدید برد. تابع هسته استفاده شده باید به گونه ای باشد، که فرایند فوق قابل بازگشت باشد. تابع اصلی و تابع تبدیل مورد نظر با توجه به نوع متغیرها و بعد آن ها تعریف می شوند. مثلا اگر تابع $f(t)$ تابع زمان باشد دارای بعد زمان و اگر تابع فرکانس باشد دارای بعد فرکانس می باشد. در تبدیل فوریه معمولا تابع اصلی دارای بعد زمان و تابع تبدیل آن دارای بعد فرکانس است [50، 55]. تبدیل موجک می تواند در ابعاد مختلفی بیان شود، که این ابعاد بستگی به کاربرد مورد نظر دارد. مثلا تبدیل موجک یک بعدی در پردازش صوت و دوبعدی در پردازش تصویر بکار می رود. تبدیل موجک ممکن است پیوسته و یا گسسته باشد. تبدیل موجک پیوسته برای سیگنال های پیوسته در حوزه زمان بوده و کاربردش بیشتر در مفاهیم ریاضی می باشد. اما تبدیل موجک گسسته برای سیگنال های گسسته در حوزه زمان است.

تبدیل موجک پیوسته تابع $f(t) \in L^2(R)$ به صورت انتگرالی روی $L^2(R)$ تعریف می شود.

$$WT_{f(u,s)} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi_{u,s}^*(t) dt \quad 1-2-2$$

تابع $\Psi_{u,s}(t)$ که با انتقال و تغییر مقیاس موجک مادر (Ψ) بدست می آید به صورت زیر تعریف می گردد:

$$\Psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \Psi\left(\frac{t-u}{s}\right) \quad 2-2-2$$

در این رابطه، S پارامتر مقیاس است و با اطلاعات فرکانس مرتبط می باشد و u پارامتر انتقال بوده و حاوی اطلاعاتی در مورد زمان (یا مکان) است [50، 55].

4-2-2 موجک ها و موجک مادر

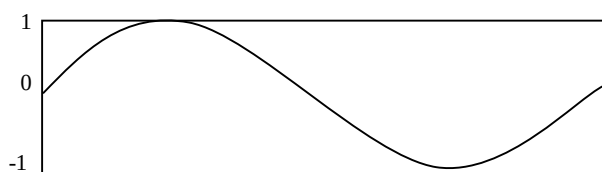
موجک ها خانواده هایی از توابع به صورت $\Psi_{j,k}(t)$ هستند، که از یک سیگنال موجک اصلی توسط انتقال و تغییر مقیاس تولید می شوند. به عنوان مثال رابطه 2-2-3 موجکی با این مشخصات را نشان می دهد.

$$\Psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \Psi(2^j t - k) \quad j, k \in \mathbb{Z} \quad 3-2-2$$

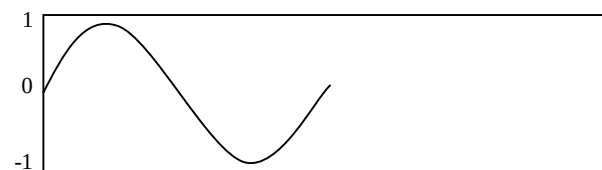
که j فاکتور تغییر مقیاس و k فاکتور انتقال است.

تغییر اندازه یک موجک به معنای کشیدن و یا فشرده‌سازی آن می‌باشد. پارامتر اندازه در تبدیل موجک تقریباً مشابه پارامتر فرکانس در تبدیل فوریه عمل می‌کند. به عنوان نمونه در تبدیل فوریه تغییر فرکانس موج سینوسی منجر به تغییر ابعاد این موج می‌گردد، که به طور شماتیک در شکل 2-2 نشان داده شده است.

با کاهش فرکانس موج سینوسی میزان تناوب آن افزایش یافته و موج مورد نظر به اصطلاح کش می‌آید. پارامتر اندازه نیز همانطور که گفته شده مشابه عکس فرکانس عمل می‌کند، که هر چقدر این پارامتر کاهش یابد موجک مورد نظر بیشتر فشرده می‌شود و با افزایش پارامتر اندازه موجک بیشتر کش می‌یابد. هر چقدر موجک بیشتر کش پیدا کند، بازه زمانی‌ای که سیگنال مورد نظر توسط موجک مورد مطالعه قرار می‌گیرد نیز، افزایش می‌یابد.



$$f(t) = \sin(t) ; a = 1$$



$$f(t) = \sin(2t) ; a = \frac{1}{2}$$

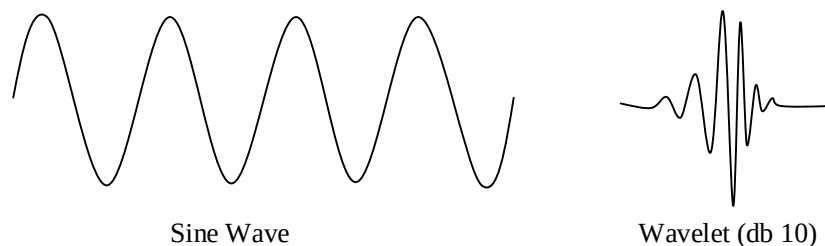


$$f(t) = \sin(4t) ; a = \frac{1}{4}$$

شکل (۲-۲-۲). اثر تغییر فرکانس بر روی موج سینوسی

موجک مقدار میانگین صفر داشته و دارای مدت زمان کوتاهی می‌باشد. در مقایسه موجک با موج سینوسی، موج‌های سینوسی دارای مدت زمانی نبوده بلکه به صورت تناوبی از منفی بینهایت تا مثبت بینهایت ادامه دارند. به هر حال شکل موج‌های سینوسی منظم و قابل پیش‌بینی است، در

حالی که موجک‌ها شکل قابل پیش‌بینی نداشته و تناوبی نیستند، شکل 2-2-3 تصویر یک شکل موج سینوسی در مقایسه با شکل موج یک موجک اصلی را نشان می‌دهد.



شکل (2-2-3). مقایسه موجک با موج سینوسی

موجک‌ها در استخراج اطلاعات زمانی و فرکانسی از یک سیگنال که وابسته به زمان می‌باشد و با زمان تغییر می‌کند، بسیار کارآمد هستند. یکی از موثرترین مشخصات توابع پایه تبدیل موجک، مکان دقیق آن‌ها در بعد زمان و در بعد فرکانس می‌باشد. توابع موجک بسیار زیادی وجود دارد که در خانواده‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند. هر خانواده دارای خواص خود چه از نظر مکان-زمانی در فضا و چه از نظر میزان همواری می‌باشند. برخی از توابع موجک دارای خاصیت فراکتالی می‌باشند. خانواده Daubechies از این دسته می‌باشند. هر دسته از خانواده‌های موجک حاوی زیر مجموعه‌ای از توابع موجک می‌باشد که از نظر تعداد ضرایب و یا مرحله تکرار با دیگر توابع زیر مجموعه خانواده اصلی متفاوت می‌باشند [51، 58].

2-2-5 تبدیل ویولت دو بعدی

روش به دست آوردن تبدیل موجک برای یک سیگنال یک بعدی به این صورت است که سیگنال با یک فیلتر پائین‌گذار و یک فیلتر بالاگذار به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش فرکانس بالا و بخش فرکانس پائین که تعداد نمونه‌ها در هر یک از این بخش‌ها نصف تعداد نمونه‌های سیگنال اصلی است. سپس بخش فرکانس پائین دوباره به دو بخش فرکانس پائین و فرکانس بالا تقسیم می‌شود، تعداد دفعاتی که این عمل انجام می‌گیرد تعداد سطح تجزیه تبدیل موجک را نشان می‌دهد.

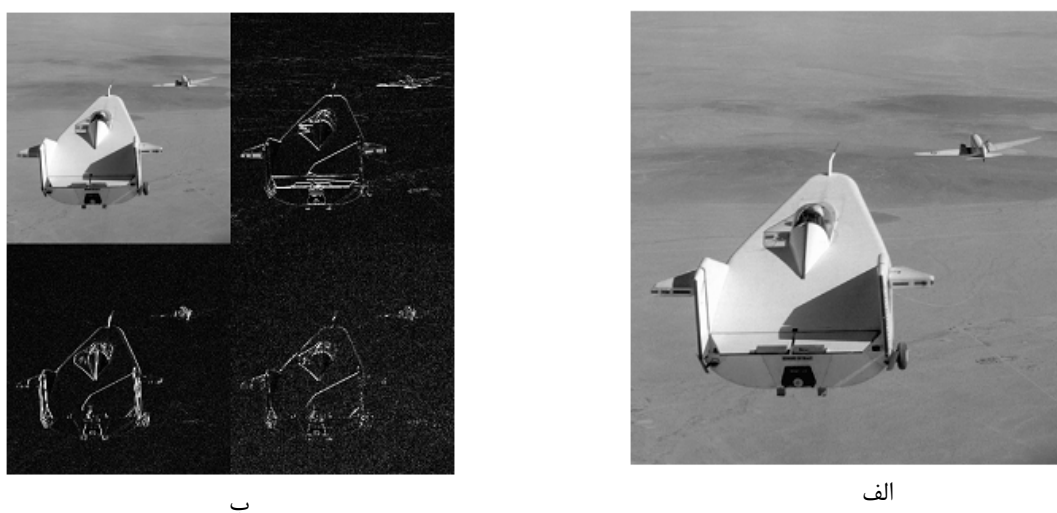
در تبدیل موجک دو بعدی تصویر با ابعاد x و y به چهار ناحیه HH , HL , LH , LL تقسیم می‌شود که LL ناحیه‌ای با ابعاد $x/2$ و $y/2$ است. سپس LL به چهار ناحیه با ابعاد $x/4$ و $y/4$ و به نام‌های $LL1$, $HL1$, $LH1$ و $HH1$ تقسیم می‌شود؛ پس از آن ناحیه $LL1$ به چهار ناحیه تقسیم می‌شود و این عمل تا حد دلخواه ادامه می‌یابد. برای تبدیل موجک در سطح تجزیه n این کار n بار انجام می‌گیرد. در نهایت ناحیه LLn با ابعاد $x/2n$ و $y/2n$ به دست خواهد آمد. بنابراین در حوزه تبدیل موجک تصویر به صورت یک ساختار هرمی، مانند آنچه در شکل 2-2-4 نمایش داده شده است تبدیل می‌شود. در این شکل حرف اول اسم هر ناحیه نوع فیلتر در جهت افقی و دومین حرف نوع فیلتر در جهت عمودی و حرف سوم شماره سطح تبدیل موجک را نشان می‌دهد [50، 53، 55، 56].

مشابه با حالت یک بعدی، اولین زیرباند از ضرایب تبدیل ویولت مربوط به ضرایب تقریب است که از لحاظ مقدار و شکل ظاهری، مشابه با تصویر اولیه است. جدای از زیرباند تقریب، 3 زیر باند جزئیات هم خواهیم داشت که یکی از آن‌ها مربوط به جزئیات افقی موجود در تصویر، یکی از آن‌ها مربوط به جزئیات عمودی موجود در تصویر و آخرین زیرباند مربوط به سایر جزئیات موجود در تصویر است که گاهی به آن، جزئیات قطری نیز گفته می‌شود.

LL	HL ₃	HL ₂	HL ₁ (horizontal detail)
LH ₃	HH ₃		
LH ₂		HH ₂	
LH ₁ (vertical detail)		HH ₁ (diagonal detail)	

شکل (۲-۲-۴). تجزیه هرمی موجک سطح ۳.

شکل 2-2-5 دو مرحله تبدیل ویولت دوبعدی یک نمونه تصویر را نشان می‌دهد. آنچنانکه دیده می‌شود، در زیرباند تقریب (که بالا سمت چپ واقع است) شکل اولیه حفظ شده است. همچنین، در زیرباند جزئیات افقی (بالا، سمت راست) بخش‌های دارای رفتار افقی موجود در تصویر نمایش داده می‌شود. مشابه، در زیرباند جزئیات عمودی (پایین، سمت چپ) بخش‌های دارای رفتار عمودی موجود در تصویر به نمایش در می‌آید. آخرین زیرباند نیز مربوط به جزئیات قطری است که در پایین سمت راست قرار دارد [50، 53، 55].



شکل (۲-۵). الف. یک نمونه تصویر شامل انواع جزئیات، ب. یک مرحله تبدیل ویولت تصویر و ۴ زیر باند ایجاد شده

2-2-6 مقایسه تبدیل ویولت و تبدیل فوریه

در مقایسه تبدیل موجک با تبدیل فوریه باید به این نکته اشاره نمود، که در تبدیل فوریه یک سیگنال ورودی به چندین موج سینوسی و یا کسینوسی با فرکانس‌های مختلف شکسته می‌شود، به روش مشابه تبدیل موجک نیز سیگنال ورودی را به چندین موج دارای اندازه‌ها و مکان‌های زمانی مختلف تقسیم‌بندی می‌کند، که به آن امواج پایه، موجک مادر اطلاق می‌شود. با نگاه کردن به شکل موجک و موج سینوسی به طور بصری این نکته دریافت می‌شود که سیگنالی که دارای تغییرات سریع و ناگهانی باشد با یک موجک بهتر قابل بازسازی می‌باشد تا توسط یک موج سینوسی هموار.

ایراد بزرگ تبدیل فوریه اینست، که نمی‌تواند مشخصات دقیقی از سیگنال در زمان رخداد هر فرکانسش به ما بدهد و در سیگنال‌های غیر ایستا ممکن است جواب دو سیگنال در حوزه زمان دارای یک تبدیل فوریه یکسان باشند و این بدان معناست که اطلاعات زمانی رخداد فرکانس‌ها را نمی‌توان بطور دقیق مشخص نمود.

در مقایسه با تبدیل فوریه می‌توان گفت که تبدیل موجک دارای خصوصیت محلی‌سازی بسیار خوبی است. بطور مثال تبدیل فوریه یک پیک تیز دارای تعداد زیادی ضریب است، چرا که توابع پایه تبدیل فوریه توابع سینوسی و کسینوسی هستند که دامنه آن‌ها در کل بازه ثابت است، در حالی که توابع موجک توابعی هستند که بیشتر انرژی آن‌ها در بازه کوچکی متمرکز شده است و به سرعت میرا می‌شوند. بنابراین با انتخاب مناسب موجک‌های مادر می‌توان فشرده‌سازی بهتری در مقایسه با تبدیل فوریه انجام داد [50، 55].

3-2 بافت

1-3-2 مقدمه

بافت تصویر از مفاهیمی است که هر یک از پژوهشگران پردازش تصویر، تعریفی ویژه برای آن ارائه کرده‌اند و با توجه به آن روش‌هایی برای استخراج این ویژگی از تصویر ارائه کرده‌اند. بطور کلی بافت در تصویر، ناشی از درهم‌آمیختگی و آمیزش عناصر موجود در تصویر می‌باشد، که در نهایت الگویی تکرارپذیر (و یا حداقل شبه تکرارپذیر) را تشکیل می‌دهد بگونه‌ای که بافت‌های مختلف در تصویر دارای خواص فرکانسی (با دید یقینی) و آماری (با دید نایقینی) متفاوت می‌باشند که اساس روش‌های استخراج الگو را تشکیل می‌دهند. بافت را می‌توان بصورت یک تابع از تغییرات مکانی شدت روشنایی

پیکسل‌ها تعریف نمود. بافت اندازه‌گیری میزان تغییرات هر سطح است که خصوصیتی مانند همواری، نرمی، زبری و منظم بودن هر سطح را اندازه‌گیری می‌کند [62].

ویژگی‌های بافت را می‌توان به آماره‌های مرتبه اول و دوم و مرتبه‌های بالاتر تقسیم کرد. توزیع سطوح خاکستری پیکسل‌های منفرد با آماره‌های مرتبه اول مدل می‌شوند و آماره‌های مرتبه دوم مربوط به سطوح خاکستری جفت پیکسل‌ها هستند [63]. یک اثر انگشت می‌تواند به صورت یک بافت جهتدار در نظر گرفته شود و برای بافت‌های جهتدار پیچیده مانند اثر انگشت نمایش‌های بافت ثابت می‌توانند استخراج شوند. استفاده از این ساختار اساسی برای اثر انگشت، وابسته به محل قرارگیری نقاط هسته و دلتا که تشخیص آن‌ها سخت بوده و یا در تصاویر با کیفیت پایین نشان داده نمی‌شوند، نیست [67]. در این بخش، بافت و مفاهیم مرتبط با آن را شرح می‌دهیم.

2-3-2 روش‌های آنالیز بافت

شیوه‌های مختلفی برای آنالیز بافت وجود دارد. این متدها را می‌توان به 4 گروه تقسیم کرد [62، 64]:

1- متدهای ساختاری

2- متدهای آماری

3- متدهای برپایه مدل

4- متدهای بر پایه تبدیل

متدهای ساختاری آنالیز بافت، یک بافت را به صورت ترکیبی از عناصر بافت به خوبی شناخته شده، توصیف می‌کنند. خصوصیات و قوانین جاگذاری عناصر بافت، بافت تصویر را تعریف می‌کنند. شیوه‌های آنالیز بافت ساختاری متفاوتی وجود دارند. این متدها در عمل، محدود به نظر می‌رسند، زیرا آن‌ها تنها می‌توانند بافت‌های خیلی منظم را توصیف کنند. مزیت شیوه ساختاری این است که یک توصیف نمادی خوب برای تصویر فراهم می‌کند. یک ابزار قدرتمند برای آنالیز بافت ساختاری، مورفولوژی ریاضیاتی است.

تکنیک‌های آنالیز بافت آماری اصولاً بافت نواحی موجود در تصویر را از طریق مومنت‌های مرتبه بالای هیستوگرام‌های سطوح خاکستری آن‌ها توصیف می‌کنند. مکررترین متد ذکر شده برای تجزیه و تحلیل بافت در استخراج ویژگی‌های مختلف از ماتریس co-occurrence سطح خاکستری¹ است. شیوه GLCM بر اساس استفاده از آماره‌های مرتبه دوم هیستوگرام‌های تصویر سطح خاکستری است. متدهای برپایه آماره‌های مرتبه دوم (آماره‌هایی که با جفت پیکسل‌ها بدست می‌آیند)، نرخ جداسازی بالاتری نسبت به متدهای تبدیلی (power spectrum) و متدهای ساختاری دارند.

تکنیک‌های آنالیز بافت برپایه مدل، یک مدل تجربی از هر پیکسل در تصویر ایجاد می‌کنند که بر اساس یک میانگین وزن‌دار از مقادیر شدت پیکسل در همسایگی آن است. پارامترهای مدل تخمین زده می‌شوند و سپس برای آنالیز تصویر استفاده می‌شوند. پارامترهای پیش‌بینی شده مدل‌های تصویر به عنوان توصیف‌کننده‌های ویژگی بافت استفاده می‌شوند.

متدهای برپایه تبدیل، تصویر را با استفاده از خصوصیات فرکانسی فضایی به یک فرم جدید تبدیل می‌کنند. موفقیت این تکنیک‌ها به نوع تبدیل استفاده شده برای استخراج ویژگی‌های بافت از تصویر، بستگی دارد. از جمله این تبدیل‌ها می‌توان به فوریه، گابور و ویولت اشاره کرد. متدهای برپایه تبدیل فوریه به علت فقدان موضع‌یابی فضایی در عمل ضعیف هستند [62، 64، 65، 66].

2-3-3 روش GLCM

روش‌های آماری آنالیز بافت، بافت را به طور غیر مستقیم توسط خصوصیات غیر قطعی که بر توزیع‌ها و روابط بین سطوح خاکستری یک تصویر حاکم هستند، نمایش می‌دهد. همانطور که در قسمت‌های قبلی گفته شد GLCM یکی از روش‌های آماری آنالیز بافت است. GLCM، تعداد تکرار یک جفت پیکسل را که با یک فاصله و جهت یکسان از یکدیگر قرار گرفته‌اند، مشخص می‌کند و نشان می‌دهد،

¹ Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

اغلب چگونه ترکیبات مختلف از مقادیر روشنایی پیکسل‌ها (سطوح خاکستری) در یک تصویر اتفاق می‌افتند. این متد اجازه می‌دهد تا آماره‌های توصیف‌کننده بافت را محاسبه کنیم [66].

2-3-4 پارامترهای ماتریس Co-occurrence

ویژگی‌های بافت ماتریس‌های Co-occurrence، روش‌های آماری مرتبه دوم را استفاده می‌کنند، تا روابط بین پیکسل‌ها را در نواحی که با ساخت ماتریس‌های Spatial Gray Level Dependency (SGLD) تعیین شده‌اند، مدل کنند. این ماتریس، احتمال وقوع مشترک سطوح خاکستری i و j برای دو پیکسل با یک رابطه فضایی تعریف شده، در یک تصویر است. این رابطه فضایی برحسب فاصله d و زاویه θ تعریف می‌شود. ساخت ماتریس co-occurrence سطوح خاکستری به پارامترهای مختلفی بستگی دارد [66، 67، 68].

الف: تعداد سطوح خاکستری، تعداد سطوح خاکستری که برای ساده‌سازی و کاهش سایز ماتریس استفاده می‌شوند، یک تصویر سطح خاکستری حاوی 256 سطح خاکستری است و این به معنی هزینه محاسباتی بالاست. زیرا تمامی جفت پیکسل‌های ممکن بایستی در نظر گرفته شوند. راه حل این است که ماتریسی تولید کنیم که تعداد سطوح خاکستری و در نتیجه تعداد ترکیبات پیکسلی ممکن را کاهش دهد. ماتریس Co-occurrence همیشه مربعی است، با بعدی برابر با تعداد سطوح خاکستری انتخاب شده، که اغلب مقدار 8 انتخاب می‌شود. مثالی از ماتریس Co-occurrence با 8 سطح خاکستری در شکل 2-3-1 آورده شده است. در این ماتریس فاصله بین پیکسل‌ها یک، و زاویه بین آن‌ها صفر در نظر گرفته شده است.

ب: فاصله بین پیکسل‌ها، سایز پنجره همسایگی ماتریس را محاسبه می‌کنیم. ماتریس co-occurrence تعداد دفعاتی را که یک جفت پیکسل مشخص در تصویر یافت می‌شوند، ذخیره می‌کند.

معمولا جفت پیکسل‌ها همسایه هستند، اما رابطه بین پیکسل‌های پی در پی نیز محاسبه می‌شود. بنابراین بایستی یک فاصله بین پیکسل‌ها تعریف شود.

ج: زاویه، جهتی که برای پیکسل در هر تکرار تعریف می‌شود تا ماتریس ساخته شود. مشابه فاصله بایستی جهت جفت پیکسل‌ها را نیز تعریف کنیم. معمول‌ترین جهت‌ها 0، 45، 90، 135 هستند.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	0	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0
5	1	0	0	0	0	1	2	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1
7	2	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	1	0	0	0

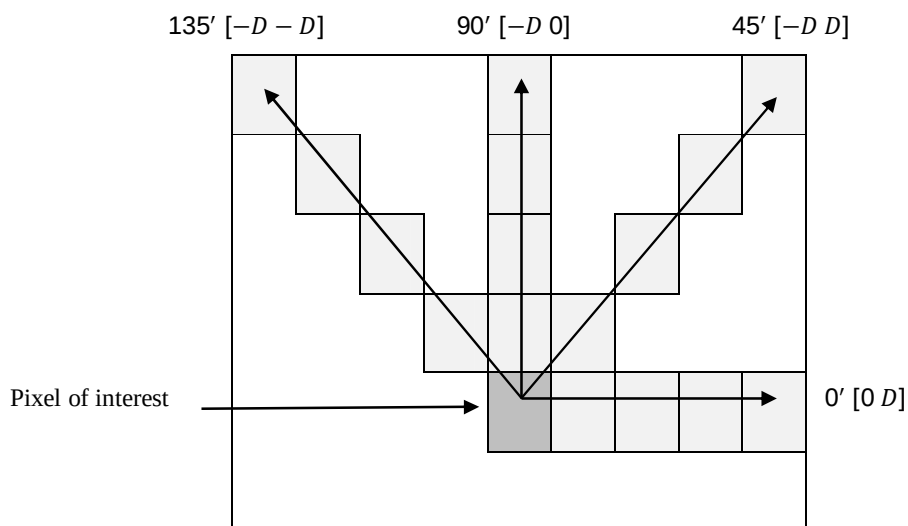
شکل (۲-۳-۱). مثالی از فرایند ماتریس co-occurrence [۷۴]

5-3-2 ساخت ماتریس Co-occurrence

برای ایجاد یک GLCM از تابع graycomatrix استفاده می‌کنیم. این تابع یک GLCM را با محاسبه تعداد دفعاتی که اغلب یک پیکسل با سطح خاکستری i و پیکسلی با سطح خاکستری j با یک رابطه فضایی مشخص در تصویر اتفاق می‌افتند، ایجاد می‌کند. می‌توان این رابطه فضایی را در فواصل و زاویه‌های مختلف تعریف کرد. برای تعریف این رابطه از Offsetها استفاده می‌شود. Offset، یک آرایه با ابعاد $P \times 2$ است، که فاصله بین پیکسل مورد نظر و همسایگی مورد بحث را نشان می‌دهد. هر سطر آرایه دو مقدار $[row, col]$ دارد. که row تعداد سطرهای بین پیکسل مورد نظر و همسایگی را نشان می‌دهد و col تعداد ستون‌ها را. اغلب مقادیر offset زاویه‌ای هستند با یک فاصله مشخص. در واقع

offset، روابط مربوط به تغییرات جهت و فاصله بین پیکسل‌ها را تعریف می‌کند [66، 67، 68، 76].

شکل 2-3-2 جهتها در ماتریس Co-occurrence را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۳-۲). جهتها در ماتریس co-occurrence [۷۴]

برای ساخت ماتریس Co-occurrence، یک پیکسل مرکزی با یک همسایگی با سایز پنجره تعریف شده در قسمت پارامترها در نظر می‌گیریم. برای هر پیکسل همسایگی، تعداد دفعاتی که یک جفت پیکسل با پارامترهای فاصله و جهت تعیین شده، ظاهر شده‌اند را می‌شماریم. شکل 3-3-2 یک تصویر نمونه را نشان می‌دهد [68]. ماتریس Co-occurrence با فاصله یک پیکسل و زاویه 90 درجه تصویر 3-3-2 در شکل 4-3-2 نشان داده شده است.

0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

شکل (۳-۳-۲). یک تصویر نمونه [۶۷]

	0	1	2	3
0	6	0	2	0
1	0	4	2	0
2	2	2	2	2
3	0	0	2	0

شکل (۴-۳-۲). ماتریس Co-occurrence شکل (۳-۳-۲) با فاصله یک پیکسل و زاویه ۹۰ درجه [۶۷]

2-3-6 آماره‌های ماتریس co-occurrence

بعد از محاسبه ماتریس co-occurrence، لازم است بافت را با استفاده از آماره‌ها تعریف کنیم. در این قسمت، آماره‌های مختلفی را که پس از محاسبه ماتریس co-occurrence برای توصیف بافت استفاده می‌شوند، معرفی می‌کنیم. معمولاً، 6 توصیف‌کننده برای توصیف یک تصویر وجود دارد. وابستگی¹، کنتراست²، همسانی³، همگنی⁴، آنروپی⁵ [64، 66، 68].

- وابستگی

وابستگی خطی مقادیر سطوح خاکستری در ماتریس co-occurrence را محاسبه می‌کند. نشان می‌دهد که چگونه پیکسل مرجع با همسایه‌اش ارتباط دارد.

$$Cor = \sum_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j} \quad 1-3-2$$

- کنتراست

کنتراست معیاری از تقابل شدت یک پیکسل و همسایه‌اش در کل تصویر است. برای یک تصویر ثابت، کنتراست، صفر است. بیشترین مقدار زمانی بدست می‌آید، که تصویر، شدتی تصادفی داشته باشد و مقدار شدت یک پیکسل و همسایه‌اش خیلی متفاوت باشد. فرمول کنتراست به صورت زیر است:

¹ Correlation

² Contrast

³ Uniformity or Energy

⁴ Homogeneity

⁵ Entropy

$$\text{Con} = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K (i - j)^2 P(i, j) \quad 2-3-2$$

- انرژی

انرژی، معیاری از همسانی و یکنواختی است و زمانی که تصویر ثابت باشد، ماکزیمم است. فرمول آن به صورت زیر است.

$$\text{Ene} = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K P(i, j)^2 \quad 3-3-2$$

- همگنی

معیاری از نزدیکی فضایی توزیع ماتریس co-occurrence است. زمانی که توزیع ماتریس یکنواخت باشد، مقدار homogeneity صفر است. و زمانی یک است که توزیع، فقط روی قطر ماتریس باشد.

$$\text{Hom} = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K \frac{P(i, j)}{1 + |i - j|} \quad 4-3-2$$

- آنتروپی

معیاری از تصادفی بودن عناصر ماتریس co-occurrence است. این معیار زمانی ماکزیمم است که عناصر ماتریس برابر باشند. و اگر عناصر متفاوت باشند، برابر صفر است.

$$\text{Ent} = - \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K P(i, j) \log_2(P(i, j)) \quad 5-3-2$$

7-3-2 تبدیل ویولت و بافت

تبدیل ویولت، یک تصویر را به تصاویر جزئیات در سه جهت و یک تصویر تقریب فرکانس پایین تجزیه می‌کند. با اعمال این تبدیل به زیرباند تقریب فرکانس پایین، یک سری ضرایب جزئیات ایجاد می‌شوند. ویژگی‌هایی که از این ضرایب استخراج می‌شوند بشمارند، مانند انرژی کلی، نمایش‌های آماری مانند میانگین و انحراف معیار، خصوصیات هیستوگرام و ویژگی‌های ماتریس Co-occurrence [72]. [65، 70].

تحقیقات نشان داده است که تبدیل ویولت برای استخراج ویژگی بافت مناسب است. آنالیز بافت به شناسایی خصوصیات و ویژگی‌های مناسب که بافت‌ها را برای کلاس‌بندی، سگمنت‌بندی و بازشناسی

تمیز می‌دهند، نیاز دارد. مقادیر یا ضرایب در تصاویر detail و approximation (تصاویر زیرباند ویولت)، ویژگی‌های ضروری هستند که برای آنالیز بافت مفید هستند. از آنجایی که میکروبافت‌ها و ماکروبافت‌ها تغییرات سطوح خاکستری غیر یکسانی دارند، آن‌ها با ویژگی‌های تصاویر detail و approximation توصیف می‌شوند. به عبارت دیگر، مقادیر تصاویر زیرباند یا ترکیبات آن‌ها و یا ویژگی‌های استخراجی از این زیرباندها به صورت منحصر به فرد یک بافت را توصیف می‌کنند.

مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد، اگر ویژگی‌های بافت را از ضرایب ویولت استخراج کنیم، این ویژگی‌ها قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به زمانی که آن‌ها را از تصویر اصلی استخراج کنیم، خواهند داشت [69، 71، 73]. ترکیب ویژگی‌های بافتی که از ضرایب ویولت استخراج می‌شوند با ویژگی‌های آماری ویولت بردار ویژگی قویتری برای کلاسبندی تصاویر ایجاد می‌کند.

کارایی و عملکرد خصوصیات آماری ضرایب جزئیات ویولت در چندین آزمایش کلاسبندی مقایسه شده است. که نتایج نشان می‌دهد اگر از ویژگی‌های آماری میانگین، انحراف معیار استاندارد مربوط به ضرایب جزئیات افقی و عمودی و قطری تبدیل ویولت با هم استفاده شود، کلاسبندی بافت موفقیت‌آمیزی به همراه نرخ خطای پایین قابل قبولی حاصل می‌شود [69، 71، 73].

مطالعات نشان داده‌اند که برای برخی دیتابیس‌های بافت، بهترین نتایج مربوط به کلاسبندی، زمانی حاصل می‌شود که از ویولت ساده‌ها استفاده شود. یکی از دلایل این است که تصاویر بافت به ماهیت گسسته ویولت‌ها و قویتر پاسخ می‌دهند. ویولت‌ها نسبت به شیفت تغییرناپذیر است. آزمایش‌ها نشان داده‌اند که برای بسیاری از بافت‌ها، ویولت‌ها بازسازی کاملی را فراهم می‌کند [65].

فصل سوم:

نتایج آزمایش‌ها

3-1 تشخیص مصنوعی بودن اثر انگشت

3-2 ارتباط بیماری‌ها با اثر انگشت

3-1-1 تشخیص مصنوعی بودن اثر انگشت

3-1-1-1 مقدمه

همانطور که در فصل 2 گفته شد، یکی از روش‌های تشخیص زنده بودن استفاده از آنالیزهای فرکانسی است. طیف فرکانسی در لبه‌ها و شیارهای اثر انگشت واقعی و غیر واقعی متفاوت است. در حالت عادی انگشت زنده طیف فوریه قویتری نسبت به انگشت جعلی دارد. استفاده از این روش نتایج امیدوارکننده‌ای را در تشخیص حالات زنده و جعلی اثر انگشت داشته است. انرژی در تصویر فرکانسی مربوط به اثر انگشت می‌تواند یک ویژگی برای تشخیص اثر انگشت‌های قلابی باشد [36، 75، 14].

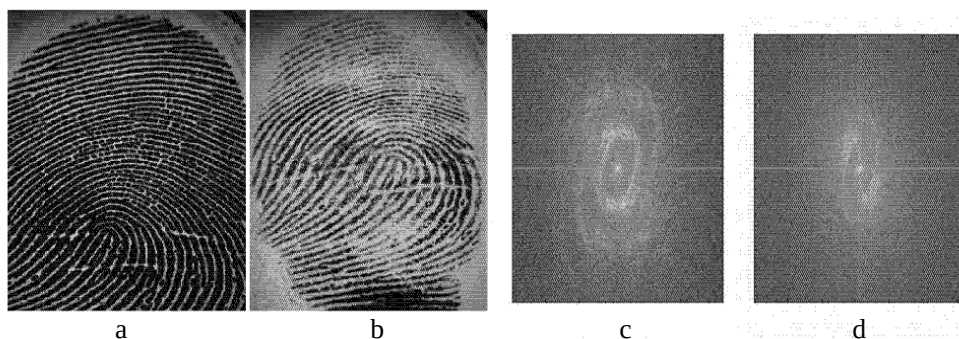
امروزه روش‌هایی جهت ساخت اثر انگشت مصنوعی ایجاد شده‌اند. یکی از این روش‌ها SFinGe (Synthetic Fingerprint Generator) است. تصاویر بدست آمده از این روش کیفیت خوبی دارند و می‌توانند به عنوان تصاویر اثر انگشت live به منظور تست الگوریتم‌های شناسایی اثر انگشت به کار روند. و اما سوالی که در اینجا پیش می‌آید این است که آیا ویژگی‌های این تصاویر اثر انگشت مصنوعی مشابه تصاویر اثر انگشت واقعی است؟ آیا روش Power Spectrum می‌تواند این تصاویر مصنوعی را تشخیص دهد؟ در این فصل پس از توضیح و شرح چگونگی استفاده از روش Power Spectrum در تشخیص قلابی بودن اثر انگشت، این روش را، در تشخیص پایگاه داده‌های مصنوعی آزمایش می‌کنیم.

3-1-2 تشخیص زنده بودن اثر انگشت با Power Spectrum

طیف دو بعدی یک تصویر اثر انگشت، انعکاس دهنده توزیع و شدت فرکانس‌های مربوط به خطوط لبه است. الگوی بافت شیار و لبه اثر انگشت یک الگوی دایره‌ای در اطراف مرکز تصویر فوریه و یک الگوی دایره‌ای هماهنگ، متعاقب آن تولید می‌کند. هر دو تصویر اثر انگشت زنده و قلابی، این الگوهای دایره-

ای را تولید می‌کنند، اما دامنه‌ها و باندهای فرکانسی آن‌ها متفاوت است. تصاویر اثر انگشت واقعی نسبت به قلابی طیف فرکانسی قویتری در الگوهای دایره‌ای خود دارند. ویژگی‌های مواد ساخت اثر انگشت‌های قلابی با ویژگی‌های انگشت‌های زنده متفاوت است. هنگام ساخت اثر انگشت‌های تقلبی از موادی چون ژلاتین و سیلیکون، کپی‌برداری دقیق از اثر انگشت‌های واقعی بسیار سخت است. در نتیجه، تفاوت‌های اندکی می‌تواند بین بافت شیار و لبه اثر انگشت‌های زنده و قلابی وجود داشته باشد. بنابراین، مشکل است که انگشت زنده را دقیقاً بوسیله مواد قلابی کپی کرد. بنابراین، تشخیص زنده بودن با تحلیل تفاوت‌های مربوط به انرژی‌های فرکانسی آن‌ها انجام‌پذیر است [14].

تفاوت در بافت شیار و لبه، انرژی متفاوتی در الگوی دایره‌ای اثر انگشت زنده و غیر زنده ایجاد می‌کند. اساس روش Power Spectrum بر شیارها و لبه‌ها و شدت و انرژی آن‌ها استوار است. بنابراین می‌تواند روش مناسبی برای تشخیص تفاوت‌های ایجاد شده در طیف فرکانسی تصاویر باشد [14، 36]. مزیت استفاده از تبدیل فوریه در تشخیص زنده بودن اثر انگشت این است که، این متد تنها به یک تصویر اثر انگشت نیاز دارد (در مقایسه با برخی از روش‌ها که نیاز به چند تصویر اثر انگشت دارند و یا اینکه فرد بایستی انگشت خود را یک مدت زمان روی سنسور نگه دارد) [18، 36].



شکل (۳-۱-۱). (a) اثر انگشت واقعی (b) اثر انگشت قلابی ساخته شده از همان اثر انگشت واقعی

(c-d) power spectrum تصاویر a و b. [۸۵]

3-1-3 روش Power Spectrum

با یک آنالیز بصری ساده می‌توان دریافت، تفاوت‌هایی بین اثر انگشت زنده و غیر زنده وجود دارد که می‌توان آن‌ها را با تبدیل فوریه نشان داد. که این تفاوت‌ها به خاطر فرایند تولید با استامپ است که یک سری تغییرات در جزئیات فرکانس بین شیارها و لبه‌ها ایجاد می‌کند. دوره تناوب شیار و لبه با فرایند تولید اثر انگشت تغییر نمی‌کند، تفاوت‌های اصلی را می‌توان در شکل و برش عمودی مربوط به لبه‌ها مشاهده کرد. برخی ویژگی‌های ریز که در شکل 1-1-3 قسمت (a) قابل مشاهده است، به دلیل خشونت و زبری مربوط به پوست و یا به علت ناپیوستگی و عدم اتصال خطوط لبه است. این خصوصیات در شکل 1-1-3 قسمت (b) کمتر دیده می‌شود. زیرا برش‌های کوچک خطوط لبه، که در تصاویر اثر انگشت واقعی وجود دارند، ضخامت آن‌ها را افزایش می‌دهند [11، 77].

می‌توان گفت جزئیات فرکانس بالا در اثر انگشت‌های fake حذف می‌شوند و یا به طور گسترده‌ای کاهش می‌یابند، که برای تحلیل بهتر این جزئیات از power spectrum استفاده می‌کنیم. تصاویر live جزئیات فرکانس بالای بیشتری نسبت به تصاویر fake دارند [18].

اگر $X(i, j)$ تصویر اثر انگشت ورودی و $X_F(u, v)$ تبدیل فوریه مربوط به آن باشد، E_S که توسط رابطه زیر بدست می‌آید انرژی مربوط به فرکانس‌های یک ناحیه S در تصویر x است.

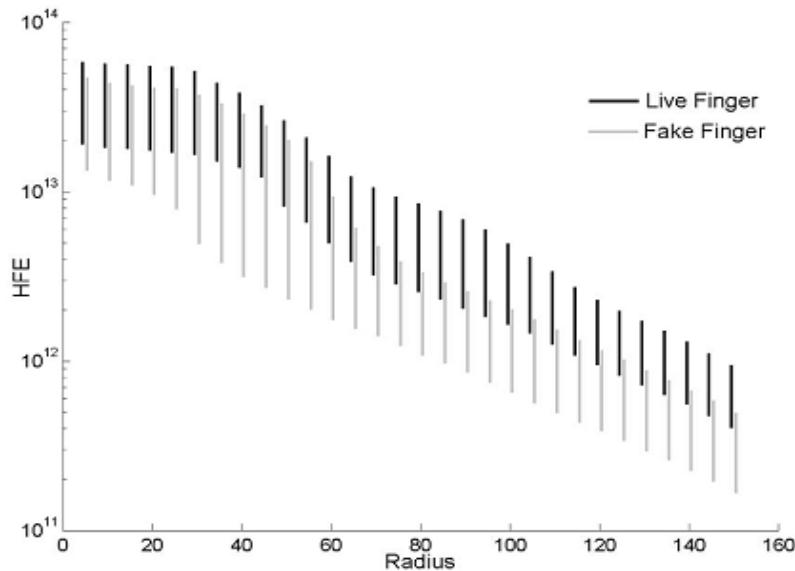
$$E_S = \iint_S |X_F(u, v)|^2 du dv \quad 1-1-3$$

S یک ناحیه دایره‌ای شکل به مرکز تصویر است. شعاع این ناحیه را با R مشخص می‌کنیم. همانطور که می‌دانیم فرکانس‌های صفر و پایین در قسمت مرکز تصویر هستند. رابطه بالا را که در خارج از ناحیه دایره‌ای شکل S محاسبه می‌شود، انرژی فرکانس‌های بالای تصویر¹ یا HFE می‌نامیم. حقیقت این است که با استفاده از معیار HFE می‌توانیم اثر انگشت زنده و غیر زنده را تشخیص دهیم.

نمودار نشان داده شده در شکل 2-1-3، مقادیر HFE محاسبه شده برای دیتابیس‌های live و fake در شعاع‌های مختلف است. مقدار میانگین، مینیمم و ماکزیمم برای هر مقدار شعاع ناحیه مربوطه به

¹ High Frequency Energy

مرکز تصویر نشان داده شده است. مقدار شعاع بین 0 و $\min(W, H) / 2$ در نظر گرفته می‌شود، که W و H سایز تصاویر هستند.



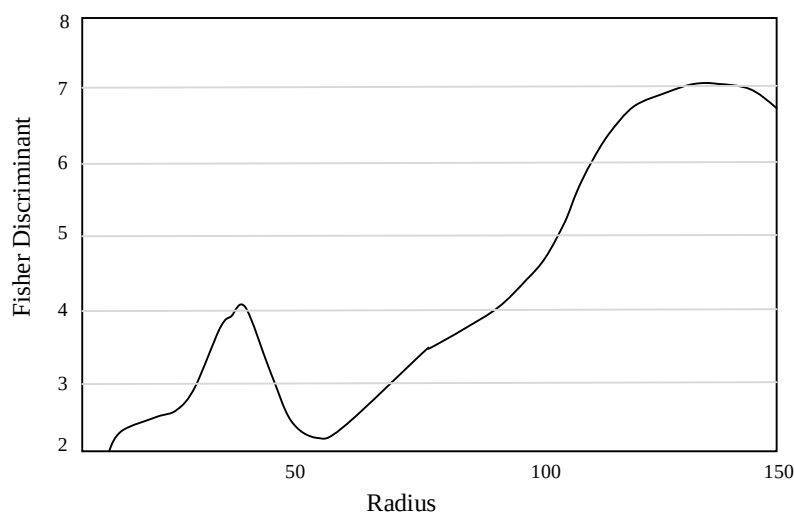
شکل (۲-۱-۳). مقادیر مختلف HFE اثر انگشت های واقعی و غیر واقعی در شعاع های مختلف [۸۵]

در این شکل به آسانی قابل مشاهده است که مقادیر HFE تصاویر live از fake بالاتر است و میزان جدایی میان کلاس های اثر انگشت با افزایش شعاع، زیاد می‌شود. که می‌توان با این حقیقت توضیح داد که جزئیات رسوبی و ته مانده مربوط به فرکانس های بالا در تصاویر fake، به طور پیش رونده ای فیلتر می‌شوند. بنابراین Power Spectrum مربوط به آن‌ها به طور قابل ملاحظه ای پایین تر از تصاویر live است [11، 77].

در روش power spectrum از معیاری به نام Fisher Distance (FD) استفاده می‌کنیم که یک معیار پارامتریکال برای جداسازی کلاس است و برای انتخاب مقدار مناسب شعاع در این روش به کار می‌رود. رابطه مربوط به FD به صورت زیر است. در این رابطه μ_L ، σ_L و μ_F ، σ_F به ترتیب میانگین و انحراف معیار استاندارد مربوط به HFE دیتابیس های live و fake هستند.

$$FD = (\mu_F - \mu_L)^2 / (\sigma_F^2 + \sigma_L^2) \quad 2-1-3$$

در شکل 3-1-3 مقدار FD به عنوان تابعی از شعاع نشان داده شده است. مقدار ماکزیمم مربوط به FD به عنوان مقدار مناسب شعاع در نظر گرفته می‌شود. در ادامه روش power spectrum، از یک شیوه کلاسبندی مبتنی بر آستانه‌گذاری استفاده می‌شود. اگر مقدار HFE بیشتر از یک میزان آستانه از پیش تعیین شده باشد، تصویر به عنوان یک اثر انگشت live کلاسبندی می‌شود و در غیر این صورت بعنوان اثر انگشت fake دسته‌بندی می‌شود [11، 77].



شکل (3-1-3). معیار Fisher Distance به عنوان تابعی از شعاع در مقایسه اثر انگشت‌های واقعی و تقلبی

برای اینکه در کلاسبندی با استفاده از معیار HFE حداکثر کارایی را داشته باشیم مراحل زیر را انجام می‌دهیم.

- 1- در مرحله اول کل پایگاه داده را که D نامیدیم به 3 پارتیشن D_T ، D_X ، D_V تقسیم می‌کنیم.
- 2- با استفاده از پارتیشن D_T مقدار مناسب شعاع را که متناظر با مقدار ماکزیمم Fisher Distance است، محاسبه می‌کنیم.
- 3- با استفاده از پارتیشن D_V مقدار threshold را تعیین می‌کنیم. این مقدار آستانه به گونه‌ای تعیین می‌شود که میزان و نرخ تصاویری که به اشتباه به عنوان اثر انگشت fake کلاسبندی می‌شوند برابر با

نرخ تصاویری باشد که به اشتباه به عنوان اثر انگشت live دسته‌بندی می‌شوند، که این مقدار خطا، EER یا Equal Error Rate نامیده می‌شود.

4- میزان خطای کلاسبندی یا classification error rate را با D_X ارزیابی می‌کنیم. این نرخ خطا برحسب مقدار خطاهای FRR و FAR ارزیابی می‌شود.

FAR برحسب اثر انگشت‌های live که به اشتباه به عنوان fake دسته‌بندی می‌شوند و FAR نیز برحسب اثر انگشت‌های fake که به اشتباه به عنوان live دسته‌بندی می‌شوند، محاسبه می‌شوند.

در استفاده کاربردی معیار HFE، دو پایگاه داده D_T و D_V در دسترس طراح هستند که مقدار مناسب شعاع را که متناظر با مقدار ماکزیمم FD است، با استفاده از D_T و مقدار آستانه کلاسبندی را با پارتیشن D_V تعیین می‌کنیم. یک بار که مقدار شعاع و آستانه تعیین شدند، تشخیص دهنده زنده بودن اثر انگشت به صورت online قابل استفاده است و می‌تواند تصاویر اثر انگشت ناشناخته‌ای که به آن داده می‌شود را کلاسبندی کند. (از جمله تصاویر موجود در D_X).

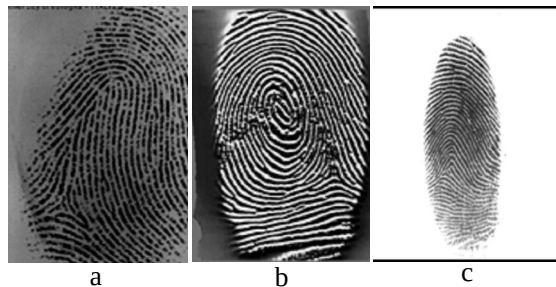
روش Power Spectrum در مقایسه با دیگر شیوه‌های Liveness Detection برای تشخیص اثر انگشت live و fake از دقت بالایی برخوردار است. دقت این شیوه 97.3% است [11، 77]. و اما دقت شیوه‌های نوین دیگر از جمله Perspiration که در [28] آمده است، 87.5% است. مزیت دیگر این شیوه نسبت به روش‌های دیگر، علاوه بر دقت بالا، تعداد محدود مشخصه‌هایی است که استفاده می‌کند. روش Spectrum Power تنها از یک ویژگی که همان انرژی فرکانس‌های بالای تصویر است، استفاده می‌کند. به عنوان مثال روش Perspiration از 7 مشخصه و روش Wavelet transform از 13 مشخصه برای انجام عملیات تشخیص استفاده می‌کند [28، 37].

3-1-4 دیتابیس‌های استفاده شده در مقایسه اثر انگشت‌های واقعی و مصنوعی

در ادامه روش power spectrum را بر روی پایگاه داده‌های مصنوعی آزمایش می‌کنیم. امروزه روش‌های مختلفی برای تولید اثر انگشت‌های مصنوعی ساخته شده‌اند. یکی از این روش‌ها SFinGe

(Synthetic Fingerprint Generator) نام دارد. این ابزار توسط تیم David Maltoni در دانشگاه Bologna ایتالیا ساخته شده است. هدف اولیه SFinGe، ساخت پایگاه داده‌های بزرگ از تصاویر اثر انگشت است تا بر مشکل محدودیت دسترسی به پایگاه داده‌های عمومی غلبه کند [11، 77].

در فصل 2 روش SFinGe به طور کامل شرح داده شد. در این پروژه، از پایگاه داده مصنوعی شامل 50 تصویر اثر انگشت تولید شده با SFinGe استفاده شده است. در این آزمایش برای تصاویر واقعی از تصاویر موجود در پایگاه داده FVC2004 استفاده شده است [78]. پایگاه داده اثر انگشت‌های واقعی شامل 50 تصویر اثر انگشت است که با استفاده از سنسور نوری با نام V300 گرفته شده است. این تصاویر کیفیت 500dpi دارند. همچنین 50 تصویر اثر انگشت که با سنسور Thermal گرفته شده‌اند نیز با اثر انگشت‌های مصنوعی مقایسه می‌شوند. نمونه‌ای از تصاویر پایگاه داده در شکل 3-1-4 آورده شده است.



شکل (3-1-4). تصاویر نمونه از دیتابیس اثر انگشت استفاده شده، (a) اثر انگشت مصنوعی (b) اثر انگشت واقعی تولید شده با اسکنر گرمایی (c) اثر انگشت واقعی تولید شده با اسکنر نوری

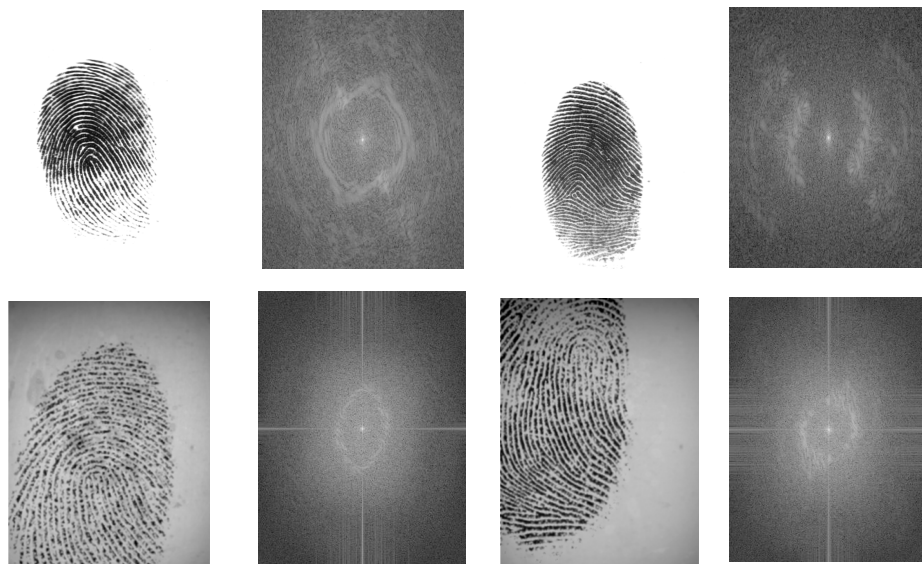
3-1-5 روش Power Spectrum در مقایسه پایگاه داده‌های واقعی با مصنوعی

امروزه متدهایی برای ساخت اثر انگشت‌های مصنوعی ایجاد شده است. یکی از این متدها SFinGe است که در فصل 2 معرفی شد. در این قسمت سعی داریم با استفاده از متد آنالیز فرکانسی و power spectrum اثر انگشت‌های مصنوعی ساخته شده با روش SFinGe را با اثر انگشت‌های واقعی مقایسه کنیم. شکل 3-1-5 چند نمونه اثر انگشت واقعی و مصنوعی به همراه تصویر فوریه آن‌ها را نشان می‌-

دهد. همانطور که در این تصاویر دیده می‌شود، تصاویر تبدیل فوریه مربوط به اثر انگشت‌های واقعی، الگوهای دایره‌ای قویتری نسبت به تصاویر تبدیل فوریه اثر انگشت‌های مصنوعی تولید می‌کنند.

پوست انسان دارای ویژگی‌ها و خصوصیات بسیار ریزی است که بسیاری از آن‌ها تنها با ابزارهای قوی قابل رویت است. از جمله این خصوصیات، نوع بافت پوست و خشونت و زبری آن است که هیچ ماده ساختگی و یا نرم‌افزاری نمی‌تواند خصوصیات این نوع بافت را به خوبی منعکس کند. همچنین در اثر انگشت واقعی، گسستگی‌ها و عدم پیوستگی‌هایی در لبه‌ها و شیارها وجود دارد که قابل کپی‌برداری به طور کامل نیست. واضح است که هیچ روش و نرم‌افزاری نمی‌تواند به طور کامل ویژگی‌های اثر انگشت انسان را بازسازی کند.

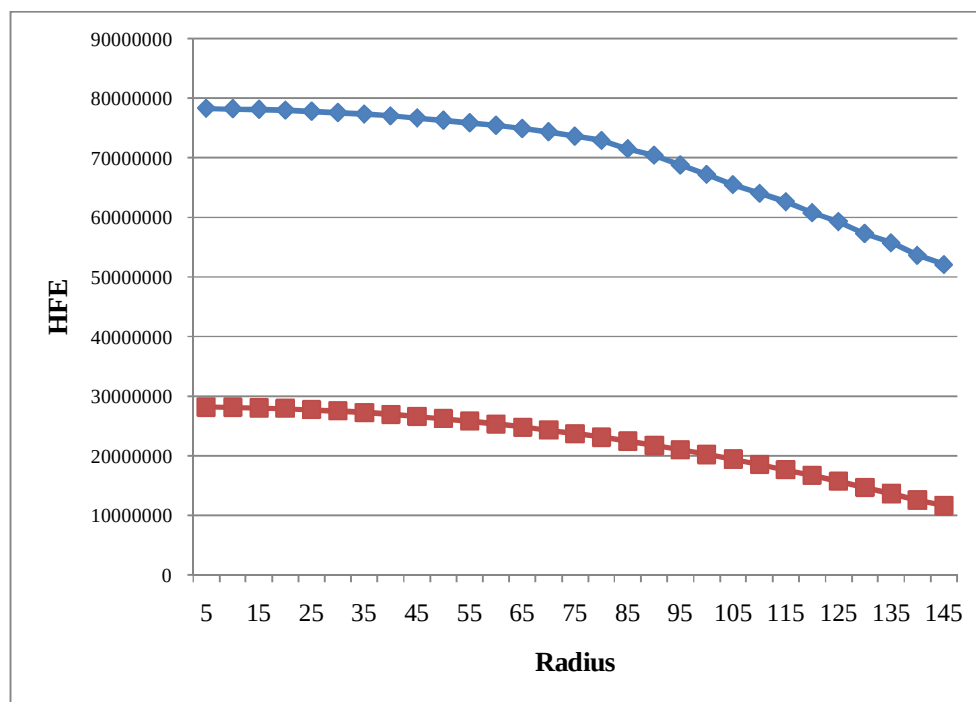
برای این مقایسه از روش power spectrum که به طور کامل توضیح داده شد، استفاده می‌کنیم. همانطور که در شکل 3-1-5 دیده می‌شود، تصاویر تبدیل فوریه اثر انگشت‌های واقعی و مصنوعی تفاوت‌هایی دارند. اثر انگشت‌های واقعی نسبت به مصنوعی، طیف فوریه قویتری را ایجاد می‌کنند. در روش power، طیف فوریه تصاویر اثر انگشت و انرژی فرکانس‌های مختلف آن‌ها را بررسی می‌کنیم.



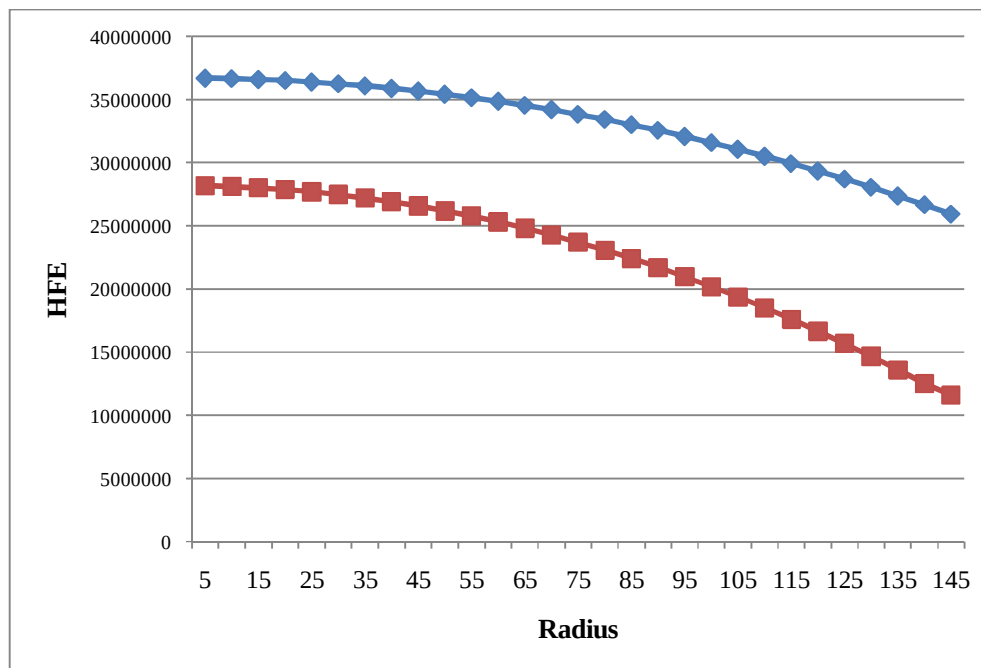
شکل (۳-۱-۵). بالا- دو نمونه اثر انگشت واقعی گرفته شده با اسکنر نوری به همراه تصاویر تبدیل فوریه آن‌ها

پایین- دو نمونه اثر انگشت مصنوعی به همراه تصاویر تبدیل فوریه آن‌ها

ابتدا با استفاده از فرمول 3-1-1، HFE را در شعاع‌های مختلف در تصویر تبدیل فوریه اثر انگشت، محاسبه می‌کنیم. ما این کار را برای شعاع‌های مختلف در بازه [5، 144] برای تمامی تصاویر دو دیتابیس واقعی و مصنوعی انجام می‌دهیم. شکل‌های 3-1-6 و 3-1-7 نمودار مربوط به انرژی فرکانس‌های بالا و یا HFE تصاویر اثر انگشت دیتابیس‌های مصنوعی را در مقایسه با HFE تصاویر اثر انگشت واقعی دو دیتابیس نوری و حرارتی نشان می‌دهد. این نمودارها نشان می‌دهد که مقادیر HFE تصاویر اثر انگشت مصنوعی کمتر از مقادیر HFE اثر انگشت‌های واقعی است. در روش Power Spectrum، همانطور که توضیح داده شد، از معیاری به نام Fisher Distance برای تعیین مقدار شعاع مناسب برای آنالیز HFE و کلاس‌بندی استفاده می‌کنیم. حال با استفاده از فرمول 3-1-2، مقدار Fisher Distance را برای دیتابیس اثر انگشت مصنوعی در مقایسه با دو دیتابیس اثر انگشت واقعی در شعاع‌های مختلف محاسبه می‌کنیم. نمودار مربوط به مقادیر FD در شعاع‌های مختلف مربوط به دو دیتابیس در شکل 3-1-8 و 3-1-9 آمده است.



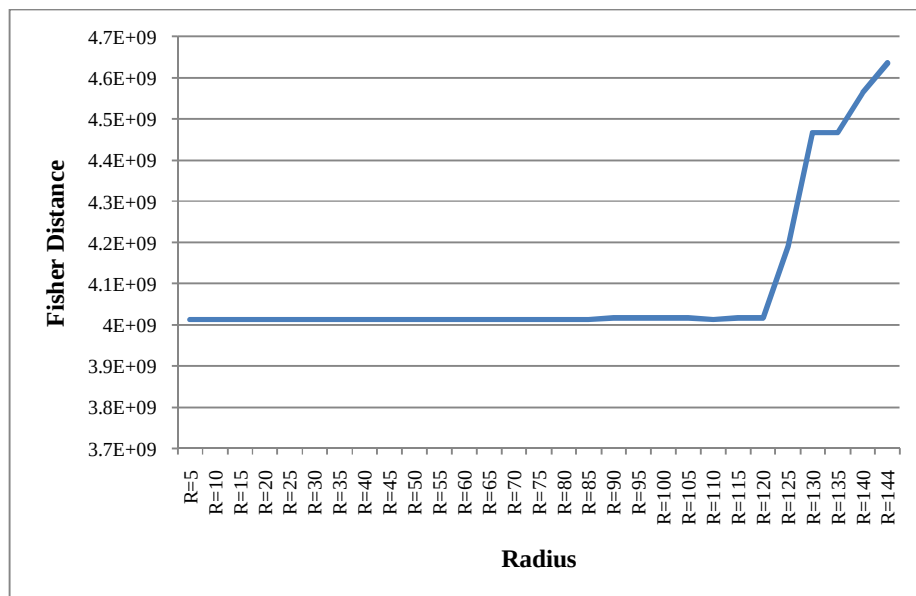
شکل (۳-۱-۶). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی (مربعی) و واقعی تولید شده با سنسور نوری (لوزی)



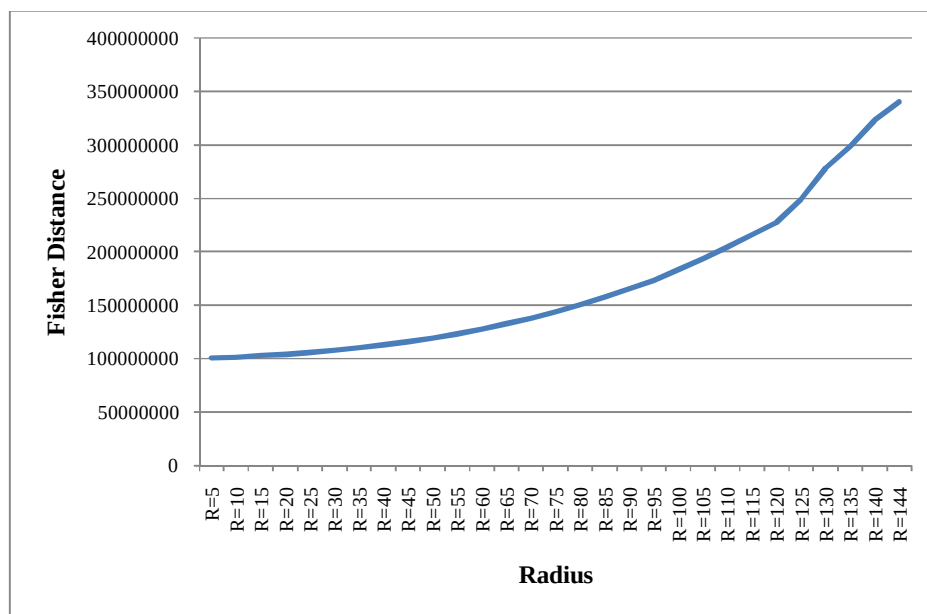
شکل (۳-۱-۷). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی (مربعی) و واقعی تولید شده با سنسور حرارتی (لوزی)

در روش Power Spectrum، مقدار ماکزیمم Fisher Distance را به عنوان شعاع مناسب در نظر می‌گیریم. در شکل 3-1-3 برای اثر انگشت تقلبی، مقدار ماکزیمم FD قابل تشخیص بوده و به عنوان مقدار شعاع مناسب انتخاب می‌شود و در انجام مراحل بعدی روش، مقادیر HFE در شعاع مناسب بدست آمده مورد بررسی قرار می‌گیرند. در مورد اثر انگشت مصنوعی نمودار FD به صورت صعودی است و مقدار ماکزیمم آن در انتهای آن ظاهر شده است. که در مقایسه با نتایج مربوط به اثر انگشت تقلبی، رفتاری غیر عادی است.

می‌توان گفت روش‌های ساخت اثر انگشت‌های مصنوعی که SFinGe یکی از آن‌ها بشمار می‌رود، نمی‌توانند خصوصیات و ویژگی‌های بافت و شکل اثر انگشت را به طور کامل بازسازی کنند. تفاوت‌هایی که بین شیار و لبه‌ها و پیوستگی‌ها و گسستگی‌های آن‌ها در اثر انگشت‌های مصنوعی با واقعی وجود دارد باعث می‌شود که انرژی فرکانس‌های بالای تصاویر اثر انگشت واقعی با مصنوعی متفاوت باشد.



شکل (۳-۱-۸). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی و واقعی تولید شده با سنسور نوری



شکل (۳-۱-۹). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های مصنوعی و واقعی تولید شده با سنسور حرارتی

3-2 ارتباط بیماری‌ها با اثر انگشت

3-2-1 مقدمه

بیماری‌ها روی پوست تاثیر می‌گذارند. وقتی یک بیماری سیستماتیک در بدن رخ می‌دهد، کار بدن را به هم می‌زند و روی تمام ارگان‌های بدن تاثیر می‌گذارد. پوست نیز در معرض آسیب قرار می‌گیرد. از جمله این بیماری‌های سیستماتیک می‌توان به دیابت و اعتیاد اشاره کرد.

یکی از قسمت‌های پوست که در معرض آسیب قرار دارد، کف دست و اثر انگشتان است. آسیب وارده بر دست و اثر انگشتان بیشتر از دیگر قسمت‌های پوست بر زندگی فردی و اجتماعی فرد تاثیر می‌گذارد. زیرا امروزه با پیشرفت تکنولوژی، از سیستم‌های شناسایی و تشخیص هویت مبتنی بر بیومتریک در ارگان‌های مختلف جوامع انسانی استفاده می‌شود. و بسیاری از این سیستم‌ها از اثر انگشت برای تایید و یا تشخیص هویت فرد استفاده می‌کنند. آسیب‌های وارده بر پوست که بر اثر بیماری‌ها ایجاد می‌شوند می‌توانند بر کیفیت و دقت سیستم‌های شناسایی اثر بگذارند.

یکی از کاربردهای مطالعه در زمینه ارتباط بیماری‌ها با پوست، استفاده از اثر انگشت در تشخیص بیماری است. این موضوع نیاز به تحقیقات و مطالعات بسیاری دارد. در این پایان‌نامه، ارتباط دیابت و اعتیاد با اثر انگشت با چند روش مورد بررسی قرار گرفته است. مطمئناً نوع سنسور استفاده شده و دقت آن در کیفیت تصاویر و در نتیجه کیفیت و دقت آزمایشات موثر است. در این پایان‌نامه از سنسور FS88 که مشخصات کامل آن در ادامه ذکر می‌شود، استفاده شده است. مطالعات و تحقیقات گسترده‌تر و استفاده از ابزارهای پیشرفته‌تر و دقیق‌تر، نتایج بهتری را در بر خواهد داشت.

در این فصل ابتدا سنسور و دیتابیس‌های استفاده شده را معرفی می‌کنیم. اولین روشی که در تحلیل داده‌ها استفاده می‌کنیم، روش Power Spectrum است. این روش مبتنی بر شیارها و لبه‌ها و طیف فرکانسی اثر انگشت و شدت آن‌هاست. اگر در اثر بیماری، شیارها و لبه‌ها دچار تغییر شوند و فرکانس‌های مختلف در نتیجه هموار شدن قسمت‌های مختلف جابجا شوند، انرژی مربوط به فرکانس‌ها دچار

تغییر می‌شود. یکی از روش‌هایی که می‌تواند این تغییرات را تشخیص دهد، روش Power Spectrum است. این روش که به طور کامل در بخش قبلی معرفی شد، از کلاسبندی مبتنی بر آستانه‌گذاری استفاده می‌کند. در این فصل برای تحلیل داده‌های کلاس‌های بیماری از روش‌های کلاسبندی دیگر نیز به جای آستانه‌گذاری در این روش استفاده می‌کنیم که در ادامه به طور کامل توضیح داده خواهد شد.

اثر انگشت دارای شکل و بافتی منظم است که شیارها و لبه‌ها و محل قرارگیری هسته و دلتا اساس این بافت را شکل می‌دهند. اگر در نتیجه بیماری شکل کلی اثر انگشت دچار تغییر شود، به عنوان مثال پوست متورم شود، ویژگی‌های بافت می‌توانند در تشخیص این تغییرات مفید باشند.

در فصل قبل در مورد بافت و تبدیل ویولت بحث شد. تبدیل ویولت و ویژگی‌هایی که از ضرایب ویولت استخراج می‌شوند، در آنالیز تصاویر قویتر از تبدیل فوریه عمل می‌کنند. بیماری می‌تواند بر شیار و لبه‌ها تاثیر بگذارد و یا پوست را متورم کند، که تبدیل ویولت و ویژگی‌های استخراجی از ضرایب آن می‌توانند در تشخیص این موارد مفید باشند. در ادامه این فصل برای بررسی و مقایسه اثر انگشت بیماری و سالم از روش‌هایی مبتنی بر ویولت و بافت نیز استفاده شده است که جزئیات آن ذکر خواهد شد.

3-2-2 دیتابیس‌های استفاده شده در مقایسه اثر انگشت بیمار و سالم

در این پایان‌نامه به منظور جمع‌آوری دیتابیس اثر انگشت‌های بیماری دیابت، اعتیاد و سالم از اسکنر FS88 استفاده شده است. افراد انتخاب شده برای گرفتن اثر انگشت دارای تنوع از لحاظ جنسیت و سن هستند، و مراکز مختلف برای نمونه‌گیری انتخاب شده‌اند.

دیتابیس مربوط به مجموعه train افراد دیابتی 125 اثر انگشت، اعتیاد 125 و دیتابیس سالم نیز 125 اثر انگشت دارد. مجموعه تست نیز برای هر کدام از گروه‌های دیابت و اعتیاد شامل 50 تصویر است. برای تست اعتیاد 25 تصویر اثر انگشت مربوط به افراد معتاد و 25 اثر انگشت مربوط به افراد سالم به

عنوان مجموعه تست اعتیاد استفاده می‌شوند و همچنین 25 تصویر اثر انگشت دیابتی و 25 اثر انگشت سالم مجموعه تست را برای دیابت تشکیل می‌دهند. اسکنر اثر انگشت مدل FS88 نوع پیشرفته سنسور FS80 با رابط USB می‌باشد. این سنسور دارای کیفیت تصویر 500dpi است. شکل 1-2-3 این سنسور را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۲-۳). سنسور FS88

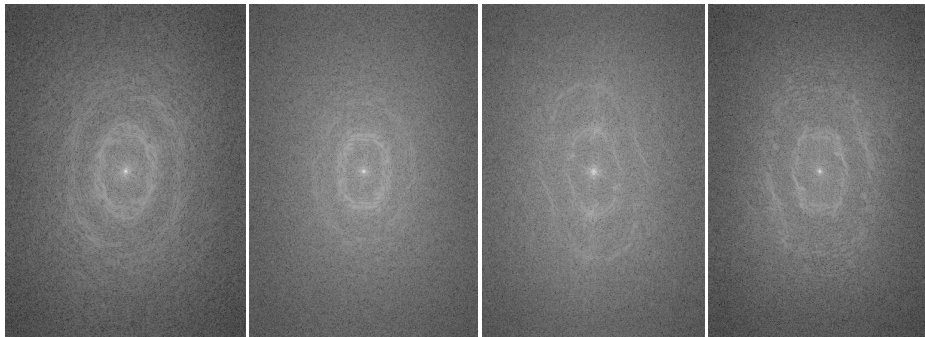
3-2-3 نتایج روش‌های مختلف در تحلیل اثر انگشت دو بیماری دیابت و اعتیاد

1-3-2-3 روش اول: روش Power Spectrum با کلاسبندی مبتنی بر آستانه‌گذاری

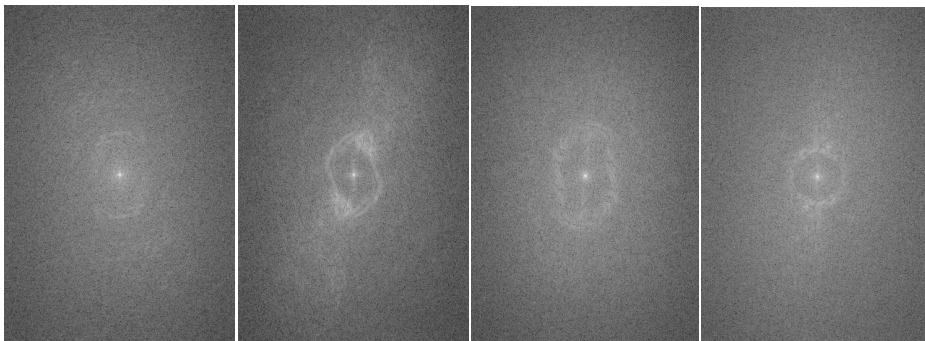
روش Power Spectrum به طور کامل در بخش‌های قبلی توضیح داده شد. اساس این روش بر تبدیل فوریه است. Power Spectrum نمایشی از دامنه اجزای فرکانسی مختلف یک تصویر دو بعدی است که با استفاده از FFT از حوزه فضایی به حوزه فرکانسی تبدیل شده است. طیف دو بعدی یک تصویر اثر انگشت، انعکاس‌دهنده توزیع و شدت فرکانس‌های مربوط به خطوط لبه است. الگوی بافت شیار و لبه اثر انگشت یک الگوی دایره‌ای در اطراف مرکز تصویر فوریه و یک الگوی دایره‌ای هماهنگ، متعاقب آن تولید می‌کند.

تحقیقات نشان داده است که با استفاده از معیار HFE می‌توانیم اثر انگشت زنده و غیر زنده را تشخیص دهیم. در اینجا سعی داریم که این روش را در مقایسه دیتابیس‌های افراد سالم و بیمار به کار ببریم. بیماری‌های سیستماتیک دیابت و اعتیاد را مورد بررسی قرار می‌دهیم. ابتدا، تبدیل فوریه تصاویر

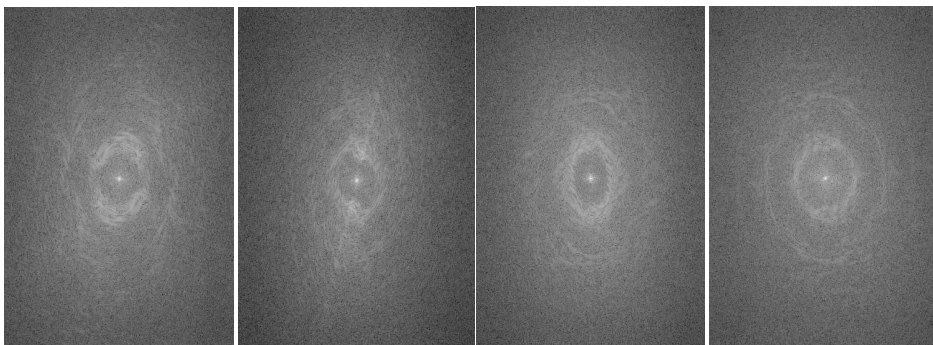
اثر انگشت دیتابیس‌های بیماری و سالم را بدست می‌آوریم. محاسبات بعدی روی تصاویر تبدیل فوریه انجام می‌گیرد. شکل 2-2-3، 3-2-3 و 4-2-3 چند نمونه از تصاویر تبدیل فوریه تصاویر اثر انگشت کلاس‌های دیابت، سالم و معتاد را نشان می‌دهد. همانطور که در این تصاویر دیده می‌شود تصاویر اثر انگشت اعتیاد و دیابت، طیف فوریه قویتری را نسبت به تصاویر سالم ایجاد کرده‌اند. حال با استفاده از روش Power Spectrum این تصاویر را تحلیل می‌کنیم.



شکل (۲-۲-۳). تصاویر تبدیل فوریه مربوط به چند بیمار دیابتی



شکل (۳-۲-۳). تصاویر تبدیل فوریه مربوط به افراد سالم



شکل (۴-۲-۳). تصاویر تبدیل فوریه مربوط به چند فرد معتاد

با استفاده از فرمول 1-1-3، HFE را در شعاع‌های مختلف در تصویر تبدیل فوریه اثر انگشت، محاسبه می‌کنیم. ما این کار را برای 32 شعاع در بازه [5، 160]، برای تمامی تصاویر سه دیتابیس اعتیاد، دیابت و سالم انجام می‌دهیم. جداول 1-2-3، 2-2-3 و 3-2-3 نمونه‌ای از مقادیر HFE دیتابیس‌های اعتیاد، دیابت و سالم را نشان می‌دهند.

جدول (۱-۲-۳). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف مربوط به چند فرد معتاد

	1	2	3	4	5	6	7
R=5	39146956	39146335	39147256	39146664	39146884	39146887	39145869
R=10	39086776	39086155	39087076	39086484	39086704	39086707	39085689
R=15	38986816	38986195	38987116	38986524	38986744	38986747	38985729
R=20	38847076	38846455	38847376	38846784	38847004	38847007	38845989
R=25	38667556	38666935	38667856	38667264	38667484	38667487	38666469
R=30	38448256	38447635	38448556	38447964	38448184	38448187	38447169
R=35	38185096	38184475	38185396	38184804	38185024	38185027	38184009
R=40	37886236	37885615	37886536	37885944	37886164	37886167	37885149
R=45	37545556	37544935	37545856	37545264	37545484	37545487	37544469
R=50	37167136	37166515	37167436	37166844	37167064	37167067	37166049
R=55	36750976	36750355	36751276	36750684	36750904	36750907	36749889
R=60	36288916	36288295	36289216	36288624	36288844	36288847	36287829
R=65	35782996	35782375	35783296	35782704	35782924	35782927	35781909
R=70	35247496	35246875	35247796	35247204	35247424	35247427	35246409
R=75	34663036	34662415	34663336	34662744	34662964	34662967	34661949
R=80	34046956	34046335	34047256	34046664	34046884	34046887	34045869
R=85	33378856	33378235	33379156	33378564	33378784	33378787	33377769
R=90	32679136	32678515	32679436	32678844	32679064	32679067	32678049
R=95	31939636	31939015	31939936	31939344	31939564	31939567	31938549
R=100	31156276	31155655	31156576	31155984	31156204	31156207	31155189
R=105	30339256	30338635	30339556	30338964	30339184	30339187	30338169
R=110	29482456	29481835	29482756	29482164	29482384	29482387	29481369
R=115	28573636	28573015	28573936	28573344	28573564	28573567	28572549
R=120	27635236	27634615	27635536	27634944	27635164	27635167	27634149
R=125	26652976	26652355	26653276	26652684	26652904	26652907	26651889
R=130	25632976	25632865	25633276	25632684	25632904	25632907	25631889
R=135	24579316	24579460	24579616	24579024	24579244	24579247	24578229
R=140	23477716	23477860	23478016	23477424	23477644	23477647	23476884
R=145	22326136	22326280	22326436	22325844	22326064	22326067	22325304
R=150	21143956	21144100	21144256	21143664	21143884	21143887	21143124
R=155	19924036	19924314	19924336	19923744	19923964	19923967	19923204
R=160	18670711	18671100	18671011	18670419	18670639	18670642	18669879

جدول (۲-۳). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف مربوط به چند فرد دیابتی

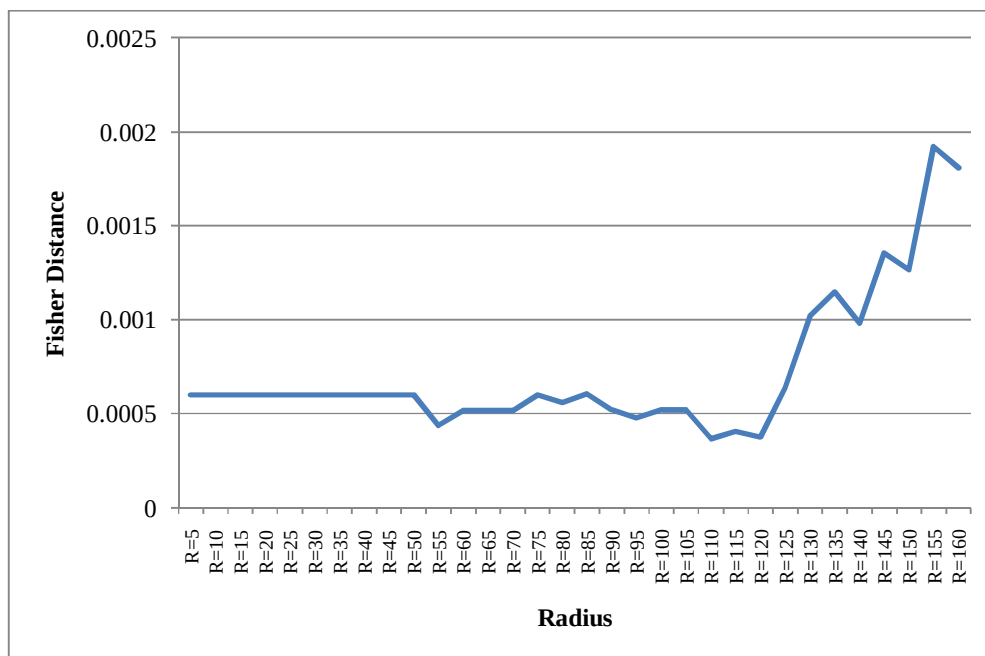
	1	2	3	4	5	6	7
R=5	39144492	39146634	39146770	39145371	39145837	39146526	39146429
R=10	39084312	39086454	39086590	39085191	39085657	39086346	39086249
R=15	38984352	38986494	38986630	38985231	38985697	38986386	38986289
R=20	38844612	38846754	38846890	38845491	38845957	38846646	38846549
R=25	38665092	38667234	38667370	38665971	38666437	38667126	38667029
R=30	38445792	38447934	38448070	38446671	38447137	38447826	38447729
R=35	38182632	38184774	38184910	38183511	38183977	38184666	38184569
R=40	37883772	37885914	37886050	37884651	37885117	37885806	37885709
R=45	37543092	37545234	37545370	37543971	37544437	37545126	37545029
R=50	37164672	37166814	37166950	37165551	37166017	37166706	37166609
R=55	36748512	36750654	36750790	36749391	36749857	36750546	36750449
R=60	36286452	36288594	36288730	36287331	36287797	36288486	36288389
R=65	35780532	35782674	35782810	35781411	35781877	35782566	35782469
R=70	35245032	35247174	35247310	35245911	35246377	35247066	35246969
R=75	34660572	34662714	34662850	34661451	34661917	34662606	34662509
R=80	34044492	34046634	34046770	34045371	34045837	34046526	34046429
R=85	33376392	33378534	33378670	33377271	33377737	33378426	33378329
R=90	32676672	32678814	32678950	32677551	32678017	32678706	32678609
R=95	31937172	31939314	31939450	31938051	31938517	31939206	31939109
R=100	31153812	31155954	31156090	31154691	31155157	31155846	31155749
R=105	30336792	30338934	30339070	30337671	30338137	30338826	30338729
R=110	29479992	29482134	29482270	29480871	29481337	29482026	29481929
R=115	28571172	28573314	28573450	28572137	28572517	28573206	28573109
R=120	27632772	27634914	27635050	27633737	27634117	27634806	27634709
R=125	26650512	26652654	26652790	26651477	26651857	26652546	26652449
R=130	25630512	25632654	25632790	25631477	25631857	25632546	25632449
R=135	24576852	24578994	24579130	24577817	24578197	24578886	24579043
R=140	23475252	23477394	23477530	23476217	23476597	23477286	23477443
R=145	22323672	22325814	22325950	22324637	22325017	22325706	22325863
R=150	21141492	21143634	21143770	21142457	21142837	21143526	21143683
R=155	19921572	19923953	19923850	19922596	19922917	19923606	19923763
R=160	18668561	18670628	18670525	18669271	18669651	18670281	18670438

جدول (۳-۲-۳). مقادیر HFE در شعاع‌های مختلف مربوط به چند فرد سالم

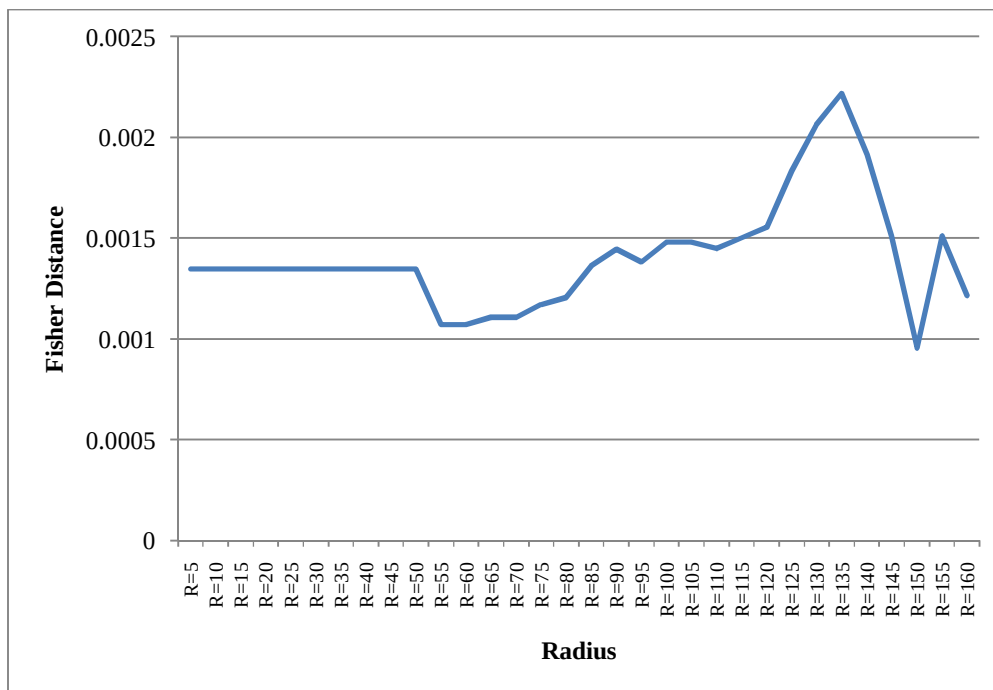
	1	2	3	4	5	6	7
R=5	39147148	39146843	39145795	39146219	39145634	39147126	39146339
R=10	39086968	39086663	39085615	39086039	39085454	39086946	39086159
R=15	38987008	38986703	38985655	38986079	38985494	38986986	38986199
R=20	38847268	38846963	38845915	38846339	38845754	38847246	38846459
R=25	38667748	38667443	38666395	38666819	38666234	38667726	38666939
R=30	38448448	38448143	38447095	38447519	38446934	38448426	38447639
R=35	38185288	38184983	38183935	38184359	38183774	38185266	38184479
R=40	37886428	37886123	37885075	37885499	37884914	37886406	37885619
R=45	37545748	37545443	37544395	37544819	37544234	37545726	37544939
R=50	37167328	37167023	37165975	37166399	37165814	37167306	37166519
R=55	36751168	36750863	36749815	36750239	36750139	36751146	36750359
R=60	36289108	36288803	36287755	36288179	36288079	36289086	36288299
R=65	35783188	35782883	35781835	35782259	35782159	35783166	35782379
R=70	35247688	35247383	35246335	35246759	35246659	35247666	35246879
R=75	34663228	34662923	34661875	34662299	34662199	34663206	34662419
R=80	34047148	34046843	34045795	34046219	34046119	34047126	34046339
R=85	33379048	33378743	33377695	33378119	33378019	33379026	33378239
R=90	32679328	32679023	32677975	32678399	32678299	32679306	32678519
R=95	31939828	31939523	31938475	31938899	31938799	31939806	31939019
R=100	31156468	31156163	31155115	31155539	31155439	31156446	31155659
R=105	30339448	30339143	30338095	30338519	30338419	30339426	30338639
R=110	29482648	29482343	29481295	29481719	29481619	29482626	29481839
R=115	28573828	28573523	28572475	28572899	28572799	28573806	28573019
R=120	27635428	27635123	27634075	27634499	27634399	27635406	27634619
R=125	26653168	26652863	26651815	26652239	26652139	26653146	26652359
R=130	25633168	25632863	25631815	25632239	25632139	25633146	25632359
R=135	24579619	24579203	24578155	24578579	24578479	24579486	24578699
R=140	23478019	23477603	23476555	23476979	23476879	23477886	23477099
R=145	22326439	22326023	22324975	22325399	22325299	22326306	22325519
R=150	21144259	21143843	21142795	21143219	21143119	21144126	21143339
R=155	19924339	19923923	19922875	19923299	19923199	19924206	19923574
R=160	18671014	18670598	18669550	18669974	18669933	18670881	18670249

اگر میانگین مقادیر HFE تصاویر هر دیتابیس را در هر شعاع محاسبه کنیم، می‌بینیم که میانگین‌های HFE برای دیتابیس دیابت و اعتیاد در تمامی شعاع‌ها بیشتر از میانگین‌های HFE دیتابیس تصاویر سالم است.

حال با استفاده از فرمول 2-1-3، مقدار Fisher Distance را برای دیتابیس‌های سالم و بیمار در شعاع‌های مختلف محاسبه می‌کنیم. این کار را برای دو گروه بیماری اعتیاد و دیابت به طور جداگانه انجام می‌دهیم. نمودار مربوط به مقادیر FD در شعاع‌های مختلف، برای دیابت و اعتیاد در مقایسه با گروه سالم در شکل 5-2-3 و 6-2-3 آمده است. در روش Power Spectrum، مقدار ماکزیمم Fisher Distance را به عنوان شعاع مناسب در نظر می‌گیریم. در انجام مراحل بعدی روش، مقادیر HFE در شعاع مناسب بدست آمده مورد بررسی قرار می‌گیرند.



شکل (۵-۲-۳). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های اعتیاد و سالم



شکل (۳-۲-۶). معیار Fisher Distance در شعاع‌های مختلف برای دیتابیس‌های دیابت و سالم

همانطور که در شکل 3-2-5 دیده می‌شود در مورد بیماری اعتیاد، شعاع مناسب بدست آمده برابر با 150 است. در شکل 3-2-6 نیز مقدار مناسب شعاع برای بیماری دیابت، 135 است.

پس از تعیین مقدار مناسب شعاع، روش Power Spectrum از کلاسبندی مبتنی بر آستانه استفاده می‌کند. تعیین مقدار آستانه، با کمک مقدار خطای EER انجام می‌شود. این خطا، در قسمت خطاهای بیومتریک معرفی کردیم. همانطور که در آن قسمت ذکر شد، EER، مقدار خطایی است که در آن تعداد اثر انگشت‌های بیماری که به اشتباه به عنوان سالم دسته‌بندی شده برابر با تعداد اثر انگشت‌های سالمی است که به اشتباه به عنوان اثر انگشت بیمار طبقه‌بندی شده‌اند.

دو دیتابیس بیماری دیابت و اعتیاد را با دیتابیس سالم مقایسه می‌کنیم. و با بررسی مقدار خطای EER برای هر گروه، مقدار آستانه را برای دیابت و اعتیاد در مقایسه با دیتابیس سالم محاسبه می‌کنیم.

تمامی محاسبات و بررسی‌های انجام شده برای تعیین مقدار آستانه بر روی مقاویر HFE تصاویر اثر انگشت دیتابیس‌ها در شعاع مناسب تعیین شده انجام می‌گیرد. حال پس از تکمیل انجام مراحل روش power spectrum، می‌توانیم این روش را در کلاسبندی تصاویر اثر انگشت تست ورودی به کار ببریم. به این ترتیب که ابتدا مقدار HFE تصویر اثر انگشت ورودی تست را در شعاع مناسبی که توسط معیار FD تعیین شد، محاسبه می‌کنیم. حال این مقدار را با آستانه تعیین شده مقایسه می‌کنیم. اگر مقدار HFE تصویر بیشتر از مقدار آستانه باشد، به عنوان معتاد و اگر کمتر از آن باشد، به عنوان سالم در نظر گرفته می‌شود.

در مورد بیماری دیابت نیز به همین ترتیب عمل می‌شود. یعنی اگر HFE تصویر تست ورودی بیشتر از مقدار آستانه تعیین شده برای کلاس دیابت باشد، به عنوان بیمار دیابتی و اگر کمتر از آن باشد به عنوان سالم در نظر گرفته می‌شود. این روش را بر روی 25 تصویر اثر انگشت سالم و 25 اثر انگشت بیمار (برای هر گروه بیماری دیابت و اعتیاد) تست کردیم.

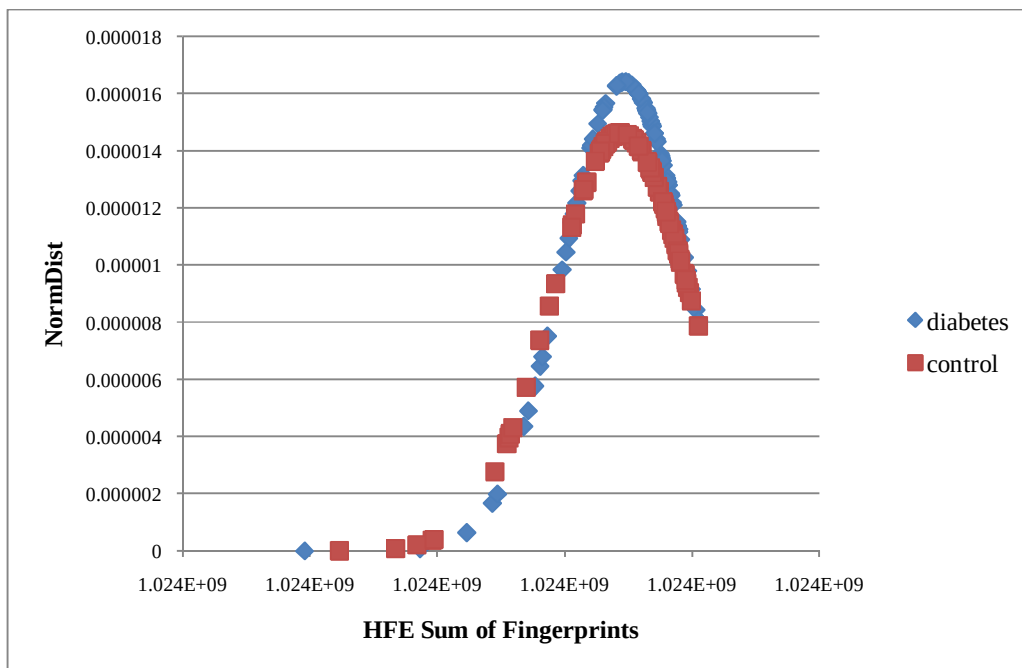
نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که روش Power Spectrum مبتنی بر تعیین آستانه در تشخیص اعتیاد به دقت 63.3 و در تشخیص دیابت به دقت 67.7 عمل کرده است.

2-3-2-3 روش دوم: آنالیز مقادیر HFE با روش کلاسبندی مجموع اختلافات

در روش Power Spectrum، همانطور که توضیح داده شد، پس از محاسبه مقادیر HFE از کلاسبندی مبتنی بر آستانه استفاده کردیم اما در اینجا تکنیک کلاسبندی را تغییر می‌دهیم.

مجموع مقادیر بدست آمده HFE در 32 شعاع مختلف را برای هر تصویر محاسبه می‌کنیم. اینکار را برای تمامی تصاویر اثر انگشت در دیتابیس‌های سالم، دیابت و اعتیاد انجام می‌دهیم و سپس میانگین این اعداد را برای هر یک از دیتابیس‌ها بدست می‌آوریم. یعنی برای هر دیتابیس یک عدد شاخص بدست آمده است.

در مورد هر تصویر تست ورودی، مجموع مقادیر HFE های 32 شعاع را محاسبه می‌کنیم. برای تست اعتیاد عدد بدست آمده را با دو عدد شاخص دیتابیس‌های سالم و معتاد مقایسه کرده و تصویر را در



شکل (۸-۲-۳) توزیع نرمال دوگروه دیابت و سالم

حال برای کلاسبندی تصویر تست ورودی، ابتدا مجموع مقادیر HFE آن را در 32 شعاع بدست می-آوریم. سپس با استفاده از میانگین و انحراف معیار هر دسته، مقدار احتمالش را در توزیع نرمال آن دسته حساب می-کنیم. هر تست به دسته‌ای تعلق دارد که احتمال بدست آمده آن بیشتر باشد. این روش را برای هر کدام از تست‌های اعتیاد و دیابت با 50 تصویر تست آزمایش کردیم. اما نتایج خوبی حاصل نشد. و این به دلیل تشابه توزیع‌های نرمال دو دسته است که در شکل‌های 3-2 و 3-3-8 دیده می‌شود.

3-3-3-4 روش چهارم: آنالیز مقادیر HFE با روش فاصله برداری

در روش‌هایی که تا اینجا بحث شد، هر تصویر اثر انگشت با یک عدد به عنوان مشخصه آن مورد بررسی قرار می‌گرفت که یا مقدار HFE آن در یک شعاع مناسب بود و یا مجموع مقادیر HFE آن در 32 شعاع. در اینجا می‌خواهیم هر تصویر اثر انگشت را با یک بردار نشان دهیم. یعنی به جای یک عدد با 32 عدد که مقادیر HFE در 32 شعاع هستند.

برای مجموعه آموزش میانگین مقادیر HFE در هر شعاع را برای دو مجموعه بیمار و سالم محاسبه می‌کنیم. بدین ترتیب برای هر کلاس بیمار و سالم در مجموعه آموزش، یک بردار با 32 عدد داریم. در مرحله تست، برای هر تصویر تست ورودی ابتدا مقادیر HFE آن را در 32 شعاع محاسبه می‌کنیم. سپس فاصله این بردار تست را از بردارهای دو مجموعه سالم و بیمار مجموعه آموزش حساب می‌کنیم. هر تست به کلاسی تعلق دارد که فاصله برداری کمتری با آن کلاس دارد. می‌توان از فرمول‌های مختلف فاصله برداری استفاده کرد. که ما در اینجا از فاصله اقلیدسی و همینگ استفاده کردیم. نتایج بدست آمده در این روش پس از تست، 59 درصد برای اعتیاد و 65 درصد برای دیابت بوده است. تا اینجا، روش Power Spectrum را با کلاسبندی‌های مختلف در مقایسه اثر انگشت بیماران مورد بررسی قرار دادیم. همانطور که قبلاً نیز توضیح داده شد، این روش، روشی مبتنی بر شیارها و لبه‌ها و شدت آن‌هاست. با توجه به درصدهایی که در بررسی‌های انجام شده بدست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که با این روش نمی‌توان بخوبی تاثیر دیابت و اعتیاد را بر اثر انگشت تشخیص داد. بنابراین بایستی ویژگی‌های دیگری را از اثر انگشت استخراج کرد. در ادامه روش‌های دیگری را در استخراج ویژگی از اثر انگشت مورد بررسی قرار می‌دهیم.

3-2-3 روش پنجم: روش مبتنی بر ویژگی‌های آماری تبدیل ویولت و ویژگی‌های

بافت

در اینجا از روش معرفی شده در [79] استفاده شده است. این مقاله از ویژگی‌های آماری ویولت و ویژگی‌های ماتریس co-occurrence یک سطح ویولت اعمال شده بر تصاویر، برای کلاسبندی استفاده می‌کند. آنالیز بافت به شناسایی خصوصیات و ویژگی‌های مناسب که بافت‌ها را برای کلاس‌بندی، سگمنت‌بندی و بازشناسی تمیز می‌دهند، نیاز دارد. تحقیقات نشان داده است که اگر ویژگی‌های بافت را از ضرایب ویولت استخراج کنیم، این ویژگی‌ها قدرت تفکیک‌پذیری بالاتری نسبت به زمانی که آن‌ها را از تصویر اصلی استخراج کنیم، خواهند داشت [69، 71، 73]. ترکیب ویژگی‌های بافتی که از

ضرایب ویولت استخراج می‌شوند با ویژگی‌های آماری ویولت بردار ویژگی قویتری خواهد ساخت که در این مقاله استفاده شده است.

در این مقاله تبدیل ویولت به تصاویر اعمال می‌شود و ویژگی‌های آماری مانند میانگین و انحراف معیار از زیرباندهای تصویر تجزیه شده با تبدیل ویولت در سطوح مختلف استخراج می‌شوند. ترکیبات مختلف از ویژگی‌های آماری ذکر شده در بالا، برای کلاسبندی بافت به کار می‌روند و یک مجموعه از بهترین بردار ویژگی انتخاب می‌شود. به منظور بهبود نتیجه کلاسبندی، ماتریس co-occurrence برای تصویر اصلی، زیرباندهای approximation و detail مربوط به تصاویر تجزیه شده با یک سطح ویولت محاسبه می‌شود و ویژگی‌های اضافی استخراج می‌شود. این ویژگی‌های اضافی با بهترین مجموعه ویژگی‌های آماری انتخاب شده ویولت ترکیب می‌شوند و نرخ موفقیت‌آمیزی را برای کلاسبندی نتیجه می‌دهند.

حال متد استفاده شده در این مقاله را تشریح می‌کنیم. ابتدا یک تصویر دو بعدی با اعمال تبدیل ویولت در یک سطح تجزیه به چهار زیر باند C_a, C_h, C_v, C_d تبدیل می‌گردد که C_a ضریب تقریبات و C_h, C_v, C_d ضرایب جزئیات می‌باشند. در سطح دوم ضریب تقریبات سطح اول خود به چهار ضریب دیگر تجزیه شده است. این روند در سطوح بعدی نیز تکرار می‌شود. مقادیر یا ضرایب در تصاویر detail و approximation (تصاویر زیرباند ویولت)، ویژگی‌های ضروری هستند که برای آنالیز بافت مفید هستند. از آنجایی که میکروبافت‌ها و ماکروبافت‌ها تغییرات سطوح خاکستری غیر یکسانی دارند، آن‌ها با ویژگی‌های تصاویر detail و approximation توصیف می‌شوند. به عبارت دیگر، مقادیر تصاویر زیرباند یا ترکیبات آن‌ها و یا ویژگی‌های استخراجی از این زیرباندها به صورت منحصر به فرد یک بافت را توصیف می‌کنند.

ابتدا تصاویر دیتابیس train با استفاده از تبدیل ویولت تجزیه می‌شوند. سپس میانگین و انحراف معیار استاندارد مربوط به زیرباندهای تصاویر تجزیه شده تا سه سطح ویولت (LLK, LHK, HLK and HHK $k=1,2,3$) را با فرمول‌های زیر بدست می‌آوریم.

$$\text{mean (m)} = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N p(i,j) \quad 1-2-3$$

$$\text{Standard deviation (sd)} = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N [p(i,j) - m]^2} \quad 2-2-3$$

که در آن $p(i,j)$ مقدار نتیجه تبدیل مکان (i,j) برای هر زیر باند با سایز $N*N$ است. با این شیوه، از هر تصویر ویژگی‌ها (تا زیرباند k ام) محاسبه می‌شوند و در کتابخانه ویژگی‌ها که در مرحله کلاسبندی استفاده می‌شود، ذخیره می‌شوند. در این قسمت با محاسبه میانگین و انحراف معیار از زیرباندهای تصاویر تجزیه شده تا سطح سوم، یک بردار ویژگی 24 تایی را برای هر تصویر فراهم می‌کنیم. 12 زیرباند که برای هرکدام دو ویژگی میانگین و انحراف معیار را محاسبه می‌کنیم، بنابراین 24 ویژگی بدست می‌آوریم.

در ادامه این روش، به منظور بهبود نرخ کلاسبندی، پیشنهاد شده که ویژگی‌های ماتریس co-occurrence برای تصویر اصلی، زیرباندهای approximation و detail تجزیه شده با یک سطح ویولت استخراج شوند (LL1, LH1, HL1, HH1). ویژگی‌های co-occurrence مختلف را از ماتریس محاسبه می‌کنیم. در اینجا از ویژگی‌های contrast, energy, correlation و homogeneity استفاده می‌کنیم. فرمول‌های مربوط به محاسبه این ویژگی‌ها در قسمت معرفی بافت آمده است. این 4 ویژگی بافت را برای تصویر اصلی و 4 زیرباند تبدیل ویولت تصویر محاسبه می‌کنیم. یعنی 20 ویژگی نیز در این قسمت بدست می‌آوریم. تا این قسمت یک بردار ویژگی 44 تایی را برای هر تصویر ساخته‌ایم که آن‌ها را در کتابخانه ویژگی‌ها ذخیره می‌کنیم.

حال بایستی نحوه کلاسبندی یک تصویر تست ورودی را معرفی کنیم. هر تصویر تست ورودی را با تبدیل ویولت تجزیه می‌کنیم و به طور مشابه مجموعه ویژگی‌های آماری ویولت و همچنین مجموعه ویژگی‌های ماتریس co-occurrence را استخراج و محاسبه می‌کنیم. حال این بردار ویژگی را با مجموعه مقادیر بردارهای ویژگی ذخیره شده در کتابخانه ویژگی‌ها مقایسه می‌کنیم. این مقایسه را با استفاده از یک فرمول فاصله برداری که در ادامه آمده است انجام می‌دهیم.

$$D(i) = \sum_{j=1}^{No. of features} abs [f_j(x) - f_j(i)] \quad 3-2-3$$

که در این فرمول $f_j(x)$ بردار ویژگی تصویر تست و $f_j(i)$ بردار ویژگی مربوط به i امین تصویر در مجموعه train که در کتابخانه ویژگی‌ها ذخیره شده، است. تصویر تست به کلاسی متعلق است که طبق معیار فاصله بالا، کمترین فاصله را با اعضای آن کلاس داشته است [79].

پس از محاسبه بردار ویژگی‌های مجموعه train برای سه دیتابیس دیابت و اعتیاد و سالم، آن‌ها را ذخیره می‌کنیم. ما این روش را با 50 تصویر اثر انگشت برای هر کدام از گروه‌های اعتیاد و دیابت تست کردیم. نتایج نشان داد که این روش در تست اعتیاد به میزان 64 درصد و در تست دیابت به میزان 57.5 درصد پاسخ صحیح داده است.

6-3-2-3 روش ششم: روش مبتنی بر واریانس زیرباندهای ویولت

در کتاب Wavelets and Signal Processing اثر Hans-Georg Stark ویژگی‌های دیگری برای زیر باندهای ویولت ذکر شده است. که می‌توان به منظور استخراج ویژگی از تصاویر و انجام عمل کلاسبندی از آن‌ها استفاده کرد [58]. ابتدا تصویر را با استفاده از تبدیل ویولت تا چند سطح تجزیه می‌کنیم. واریانس را برای زیرباندهای جزئیات بدست آمده (C_h, C_v, C_d) در هر سطح محاسبه می‌کنیم. دنباله ویژگی زیر را خواهیم داشت.

$$\sigma_{1h}^2, \sigma_{1v}^2, \sigma_{1d}^2, \dots, \sigma_{jh}^2, \sigma_{jv}^2, \sigma_{jd}^2 \quad 4-2-3$$

به عنوان مثال اگر ویولت را تا 4 سطح بر تصویر اعمال کنیم و واریانس زیرباندهای جزئیات را محاسبه کنیم، 12 ویژگی واریانس بدست خواهیم آورد. ویژگی دیگری که در ادامه معرفی شده است، نسبت واریانس‌های زیرباندهای جزئیات عمودی به افقی در هر سطح است.

$$a_j = \frac{\sigma_{jv}^2}{\sigma_{jh}^2} \quad (j = 1, \dots, J) \quad 5-2-3$$

اگر تصویر را تا 4 سطح ویولت تجزیه کنیم، با فرمول بالا 4 ویژگی را خواهیم داشت. حال پس از محاسبه ویژگی‌های ذکر شده بالا برای هر تصویر یک بردار ویژگی خواهیم داشت. برای هر تصویر

موجود در دیتابیس train این بردار ویژگی را محاسبه می‌کنیم و در بانک ویژگی ذخیره می‌کنیم. برای کلاسبندی یک تصویر تست ورودی، بایستی ابتدا ویژگی‌های معرفی شده را محاسبه کرده و بردار ویژگی آن را بدست آوریم. در ادامه، بردار ویژگی تصویر تست را با بردارهای ویژگی تصاویر train که در بانک ویژگی ذخیره شده است، مقایسه می‌کنیم. برای این مقایسه از فرمول زیر استفاده می‌کنیم.

$$\|x^{f_1} - x^{f_2}\| = \sqrt{\sum_{i=1}^{4J} (x_i^{f_1} - x_i^{f_2})^2} \quad 6-2-3$$

که در آن x^{f_1} بردار ویژگی تست ورودی، و x^{f_2} بردار ویژگی تعریف شده مربوط به تصاویر train است [58]. بردار ویژگی معرفی شده در این روش را برای تمامی تصاویر دیتابیس train محاسبه کردیم. اینکار را برای تمامی تصاویر اثر انگشت بیماری و سالم انجام می‌دهیم. این روش را برای هر کدام از کلاس‌های بیماری اعتیاد و دیابت با 50 تصویر اثر انگشت تست کردیم. نتایج نشان داد که این روش در تست اعتیاد به میزان 73 درصد و در تست دیابت به میزان 67 درصد صحیح عمل کرده است. نتایج بدست آمده در تست روش‌های مختلف در جدول 4-2-3 آمده است.

جدول (۴-۲-۳) نتایج بدست آمده از روش‌های مختلف در مقایسه دیتابیس‌های دیابت، اعتیاد و سالم

روش‌ها	اعتیاد	دیابت
روش اول: power spectrum با کلاسبندی مبتنی بر آستانه	63.3	67
روش دوم: power spectrum با کلاسبندی مبتنی بر مجموع اختلافات	57	67.5
روش سوم: power spectrum با کلاسبندی مبتنی بر توزیع نرمال	55	55
روش چهارم: power spectrum با کلاسبندی مبتنی بر آنالیز فاصله برداری	59	65
روش پنجم: روش مبتنی بر ویژگی‌های آماری تبدیل ویولت و ویژگی‌های بافت	64	57.5
روش ششم: روش مبتنی بر واریانس زیرباندهای ویولت	73	67

فصل چهارم:

نتیجه گیری و پیشنهادات

4-1 نتیجه گیری

4-2 پیشنهادات

4-1 نتیجه گیری

در این پایان نامه با استفاده از روش آنالیز فرکانسی Power Spectrum، اثر انگشت‌های مصنوعی ساخته شده با روش SFinGe را با اثر انگشت‌های واقعی مقایسه کردیم. پس از انجام آزمایش‌های مربوط به روش فوق، مشاهده شد که، اثر انگشت‌های واقعی نسبت به مصنوعی، طیف فوریه قویتری را ایجاد می‌کنند. پوست انسان دارای ویژگی‌ها و خصوصیات بسیار ریزی است که بسیاری از آن‌ها تنها با ابزارهای قوی قابل رویت است. می‌توان گفت روش‌های ساخت اثر انگشت‌های مصنوعی که SFinGe یکی از آن‌ها بشمار می‌رود، نمی‌توانند خصوصیات و ویژگی‌های بافت و شکل اثر انگشت را به طور کامل بازسازی کنند.

در ادامه این پایان نامه ارتباط دیابت و اعتیاد را با اثر انگشت با چند روش مورد بررسی قرار دادیم. اولین روشی که در تحلیل داده‌ها استفاده می‌کنیم، روش Power Spectrum است. نتایج این روش نشان داد که، میانگین مقادیر HFE برای تصاویر اثر انگشت دیابت و اعتیاد در تمامی شعاع‌ها بیشتر از میانگین این مقادیر برای تصاویر اثر انگشت سالم است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که روش Power Spectrum مبتنی بر تعیین آستانه در تشخیص اعتیاد به دقت 63.3 و در تشخیص دیابت به دقت 67.7 عمل کرده است.

علاوه بر این روش، ویژگی‌های دیگری از تصاویر را، برای مقایسه تصاویر اثر انگشت بیمار و سالم، بکار برده‌ایم. در این پایان نامه، دو روش مبتنی بر ویژگی‌های استخراجی از ضرایب ویولت و ویژگی‌های بافت، برای آنالیز تصاویر استفاده شده است. روش اول از ویژگی‌های آماری ویولت و ویژگی‌های ماتریس co-occurrence یک سطح ویولت اعمال شده بر تصاویر، برای کلاسبندی استفاده می‌کند. در این روش، با ترکیب ویژگی‌های آماری ویولت و ویژگی‌های بافت، یک بردار ویژگی 44 تایی برای هر تصویر ساخته‌ایم که آن‌ها را در کتابخانه ویژگی‌ها ذخیره می‌کنیم. این روش را با 50 تصویر اثر انگشت برای هر کدام از گروه‌های اعتیاد و دیابت تست کردیم. بردار ویژگی مربوط به تصاویر تست را نیز بدست آوردیم. حال این بردار ویژگی را با مجموعه مقادیر بردارهای ویژگی ذخیره شده در

کتابخانه ویژگی‌ها مقایسه می‌کنیم. نتایج نشان داد که این روش در تست اعتیاد به میزان 64 درصد و در تست دیابت به میزان 57.5 درصد پاسخ صحیح داده است.

روش دوم از ویژگی‌های دیگری از زیر باندهای ویولت استفاده کرده است. در این روش، ابتدا تصویر را با استفاده از تبدیل ویولت تا چند سطح تجزیه می‌کنیم. واریانس را برای زیرباندهای جزئیات بدست آمده (C_h, C_v, C_d) در هر سطح محاسبه می‌کنیم. ویژگی دیگر، نسبت واریانس‌های زیرباندهای جزئیات عمودی به افقی در هر سطح است. پس از محاسبه ویژگی‌های ذکر شده، برای هر تصویر یک بردار ویژگی خواهیم داشت. این روش را برای هر کدام از کلاس‌های بیماری اعتیاد و دیابت با 50 تصویر اثر انگشت تست کردیم. نتایج نشان داد که این روش در تست اعتیاد به میزان 73 درصد و در تست دیابت به میزان 67 درصد صحیح عمل کرده است.

2-4 پیشنهادات

مطمئناً نوع سنسور استفاده شده و کیفیت تصاویر در دقت آزمایشات موثر است. در این پایان‌نامه از سنسور FS88 استفاده شده است. استفاده از ابزارهای پیشرفته‌تر و دقیق‌تر، نتایج بهتری را در بر خواهد داشت. تحقیقات وسیع‌تر و ساخت مجموعه‌های بزرگ‌تر اثر انگشت، بر دقت آزمایشات تاثیرگذار خواهد بود. در این پروژه دو بیماری سیستماتیک اعتیاد و دیابت بررسی شده است، پیشنهاد می‌شود که بیماری‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرند.

References

- [1] Sandstrom M., (2004), PhD. Thesis, “Liveness Detection in Fingerprint Recognition Systems”, Department of Electrical Engineering, Linkoping University.
- [2] Tidu A., (2009), PhD. Thesis, “Fingerprint Vitality Assessment by Pores Detection”, Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Cagliari.
- [3] Drahansky M., (2005), PhD. Thesis, “Biometric Security Systems Fingerprint Recognition Technology”, Faculty of Information Technology, Department of Intelligent Systems, Brno University of Technology.
- [4] Meghdadi M., Jalilzadeh S., (2005), “Vilidity and Acceptability of Results in Fingerprint Scanners”, 7th WSEAS International Conference on Mathematical Methods and Computationl Techniques in Electrical Engineering, pp259-266, Sofia, Bulgaria.
- [5] Nikam S. B., Agarwal S., (2008), “Gabor Filter- Based Fingerprint Anti-Spoofing”, 10th International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision System, ACIVS 2008, Vol. 5259, pp. 1103–1114, France.
- [6] Jea T. Y., (2005), Master Thesis, “Minutiae Based Partial Fingerprint Recognition”, Department of Computer Science & Engineering, University at Buffalo, The state university of New York.
- [7] Mukherjee R., (2007), Master Thesis, “Indexing Techniques for Fingerprint and Iris Databases”, College of Engineering and Mineral Resources, West Virginia University, Morgantown.
- [8] Du Preez J., (2006), Master Thesis, “Liveness assurance in Biometric Systems”, Faculty of Science, University of Johannesburg, Gauteng.
- [9] Miron R. F., (2011), PhD. Thesis, “Distributed Fingerprint Identification System”, Faculty of Automation and Computer Science, University of Romania.
- [10] Zhili W., (2002), Thesis of the degree of Bachelor of Technology, “Fingerprint Recognition”, Department of Computer Science, Hong Kong Baptist University.

- [11] Coli P., (2007), PhD. Thesis, “Vitality Detection in Personal Authentication Systems Using fingerprints”, Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Cagliari.
- [12] Mali K., Bhattacharya S., (2011), “Fingerprint Recognition Using Global and Local Structures”, IJCSE, International Journal on Computer Science and Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 161-172.
- [13] Sepasian M., Mares C., Balachandran W., (2010), “Liveness and Spoofing in Fingerprint Identification: Issues and Challenges”, Proceedings of the 3rd WSEAS International Conference on Computer Engineering and applications, pp. 150–158, Ningbo, China.
- [14] Alonso F., Roli F., Marcialis G.L., Fierrez J., Ortega J., (2007), “Comparison of Fingerprint Quality measures using an Optical and a capacitive sensor”, First IEEE Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems BTAS07, pp. 1-6, Washington DC (USA).
- [15] Schuckers S. A. C., (2002), “Spoofing and Antispoofing Measures”, ISTR, Information Security Technical Report, Vol. 7, No. 4, pp. 56 – 62.
- [16] Drahansky M., Notzel R., Funk W., (2006), “ Liveness Detection based on Fine Movements of the Fingertip Surface”, WIA, IEEE Information Assurance Workshop, pp. 42–47, West Point, New York, USA.
- [17] Derakhshani R., Schuckers S., Hornak L., O’Gorman L., (2003), “Determination of vitality from a non invasive biomedical measurement for use in fingerprint scanners”, The Journal of the Pattern Recognition Society, Vol. 36, No. 2, pp. 383–396.
- [18] Choi H., Kang R., Choi K., Kim J., (2007), “Aliveness Detection of Fingerprints Using Multiple Static Features”, IJBLS, International Journal of Biological and Life Sciences, Vol. 2, No. 3, pp. 200–205.
- [19] Yau W. Y., Tran H. T., Teoh E. K., (2007), “Fake Finger Detection By Finger Color Change analysis”, ICB, International Conference on Advances in Biometrics, pp. 888–896, Seoul, Korea.
- [20] Antonelli A., Cappelli R., Mario D., Maltoni D., (2006), “Fake Finger Detection by Skin Distortion Analysis”, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol. 1, No. 3, pp. 360-373.

- [21] Drahansky M., (2008), "Experiments with Skin Resistance and Temperature for Liveness Detection", IIHMSP, International Conference in Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp. 1075–1079, Harbin.
- [22] Baldisserra D., Franco A., Maio D., Maltoni D., (2006), "Fake Fingerprint Detection by Odor Analysis", In Proceedings International Conference on Biometric Authentication, pp 265–272, Hong Kong.
- [23] Tan B., Schuckers S., (2006), "Liveness Detection for Fingerprint Scanners Based on the Statistics of Wavelet Signal Processing", CVPRW, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, pp. 26, Washington, USA.
- [24] Y. Chen, A. Jain, S. Dass, (2005), "Fingerprint Deformation for Spoof Detection", BSYM, In: Proceedings of Biometrics Symposium, pp. 27–28, Cristal City, VA.
- [25] Coli P., Marcialis G. L., Rpli F., (2006), "Analysis and selection of features for the fingerprint vitality detection", IAPR, Workshop on Structural and Syntactical Pattern Recognition and Statistical Techniques in Pattern Recognition, No. 4109, pp.907-915.
- [26] Reddy P.V., Kumar A., Rahman S. M. K., Mundra T. S., (2007), "A New Method for Fingerprint Antispoofing using Pulse Oxiometry", BTAS, First IEEE International Conference on Biometrics: Theory, Applications, and Systems, pp. 1-6, Washington.
- [27] Parthasaradhi S. T. V., (2003), Master Thesis, "Comparison of Classification Methods for Perspiration-Based Liveness Algorithm", the College of Engineering and Mineral Resources, West Virginia University.
- [28] Parthasaradhi S., Derakhshani R., Hornak L. A., Schuckers S. A. C., (2005), "Time-Series Detection of Perspiration as a Liveness Test in Fingerprint Devices", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C, Vol.35, No.3, pp. 335-343.
- [29] Drahansky M., Notzel R., Funk W., (2006), "Liveness Detection Based on Fine Movements of the Fingertip Surface", IAW, In Information Assurance Workshop, pp. 42–47, West Point, New York.

- [30] Moon Y. S., Chen J. S., Chan K. C., So K., Woo K. C., (2005), "Wavelet Based Fingerprint Liveness Detection", *Electronics Letters*, Vol. 41, No. 20, pp. 1112–1113.
- [31] Abhyankar A., Schuckers S., (2003), PhD. Thesis, "A Wavelet Based Approach To Detecting Liveness In Fingerprint Scanners", West Virginia University, Morgantown.
- [32] Jia J., Cai L., Zhang K., Chen D., (2007), "A New Approach to Fake Finger Detection Based on Skin Elasticity Analysis", *ICB, 2nd International Conference on Biometrics*, Vol. 4642, pp. 309–318, Seoul, Korea.
- [33] Coli P., Marcialis G. L., Roli F., (2007), "Vitality Detection from Fingerprint Images: A Critical Survey", *ICB, 2nd International Conference on Biometrics*, pp. 722-731, Seoul, Korea.
- [34] Matsumoto T., Matsumoto H., Yamada K., Hoshino S., (2002), "Impact of artificial gummy Fingers on Fingerprint systems", *Proceedings of SPIE Conference Optical Security and Counterfeit Deference Techniques IV*, Vol. 4677, pp. 275–289, Yokohama ,Japan.
- [35] Jin C., Kim H., Elliott S., (2007), "Liveness Detection of Fingerprint Based on Band-Selective Fourier Spectrum", *ICISC, Proceedings Of The 10th International Conference on Information Security and Cryptology*, Vol 4817, pp. 168–179, Seoul, Korea.
- [36] Lee H., Maeng H., Bae Y., (2009), "Fake Finger Detection Using the Fractional Fourier Transform", *Lecture Notes in Computer Science, Heidelberg*, Vol. 5707 1, pp. 318–324.
- [37] Tan B., Schuckers S., (2006), "Liveness Detection for Fingerprint Scanners Based on the Statistics of Wavelet Signal Processing", *CVPRW, Conference on Computer Vision Pattern Recognition Workshop*, pp. 26, New York.
- [38] Prabhakar S., (2001), PhD. Thesis, "Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank", Department of Computer Sciences, University of Michigan State.
- [39] Maltoni D., Maio D., Anil K., Prabhakar S., (2003), *Handbook of Fingerprint Recognition*, SpringerVerlag, NewYork, pp. 203-231.

- [40] Ansari A., (2011), Master Thesis, “Generation and Storage of Large Synthetic Fingerprint Database”, Department of Computer Science, Indian Institute of Science, Bangalore.
- [41] Cappelli R., Maio M., Maltoni D., (2002), “Synthetic Fingerprint Database generation”, ICPR, 16th International Conference on Pattern Recognition, Vol. 3, pp. 744-747.
- [42] Maltoni D., Cappelli R., (2009), “Advances in Fingerprint Modeling”, Elsevier, Journal of Image and Vision Computing, Vol. 27, No. 3, pp. 258–268.
- [43] Dam P.K., Joshi V., Purohit A., Singh H., (2009), “Dermatoglyphic Patterns in Diabetes Mellitus Patients and Non-Diabetics: A Preliminary Study”, National Cancer Centre, pp. 66-76, Singapore.
- [44] Drahansky M., Brezinova E., Hejtmankovaa D., Orsag F., (2010), “Fingerprint Recognition Influenced by Skin Diseases”, IJBSBT, International Journal of Bio-Science and Bio-Technology, Vol. 2, No. 4, pp. 11-22.
- [45] Kasper D., Braunwald E., Fauci A., Hauser S., Longo D., Jameson J., Loscalzo J., (2008), “Harrison's principles of internal medicine”, (17th ed.), McGraw-Hill Medical Publishing Division, New York.
- [46] Drahansky M., Dolezel M., Urbanek J., Brezinova E., Kim T., (2012), “Influence of Skin Diseases on Fingerprint Recognition”, JBB, Journal of Biomedicine and Biotechnology, Vol. 2012, 14 pages.
- [47] Habif T. P., Chapman M. S., Dinulos J. G. H., Zug K. A., James L., Campbell J., (2011), “Skin disease, Diagnosis and treatment”, Edition 3, pp 609-608.
- [48] William D. J., Berger T., Elston D., (2011), “clinical dermatology, Andrew’s disease of skin”, Edition 11, pp. 495-494.
- [49] Kahn S., Ravindranath R., Valdez R., Narayan K. M., (2001), “Fingerprint Ridge-Count Difference between Adjacent Fingertips (dR45) Predicts Upper-Body Tissue Distribution: Evidence for Early Gestational Programming”, AJE, American Journal of Epidemiology, Vol.153, No.4, pp. 338-344.
- [50] Chun-Lin, Liu, (2010), “A tutorial of the Wavelet Transform”.
- [51] Goswami J. C., Chan A. K., (2011), “Fundamentals of Wavelets Theory, Algorithms and Application”, Second edition, First published by John Wiley and Sons in 1999, New York.

- [52] Wu C., Tulyakov S., Govindaraju V., (2006), "Image Quality Measures for Fingerprint Image Enhancement", MRCS, Proceedings of the 2006 international conference on Multimedia Content Representation, Classification and Security, Vol. 4105, pp. 215-222, Istanbul, Turkey.
- [53] Vetterli M., Kovacevic J., (2007), "Wavelets and subband coding", First published in 1995, Published by Prentice Hall PTR 1995.
- [54] Storey B. D., (2002), "Computing Fourier Series and power Spectrum with MATLAB", Lecture notes.
- [55] Gonzalez R. C., Woods R. E., (2002), "Digital Image Processing", (2ndEdition), Prentice Hall.
- [56] Zou W., Li Y., (2007), "Image Classification using Wavelet Coefficients in Low pass bands", IJCNN, Proceedings of International joint Conference on Neural Networks, pp. 114-118, Orlando, Florida, USA.
- [57] Aguilar J. F., Chen Y., ortega-Garcia, Jjain A. K., (2006), "Incorporating Image Quality in Multi-Algorithm Fingerprint Verification", ICB, International Conference on Biometrics, pp. 213-220, Hong Kong, China.
- [58] Georg-Stark H., (2005), "Wavelets and Signal Processing", Springer Berlin Heidelberg New York, FH Aschaffenburg – University of Applied Sciences, pp. 116-122.
- [59] Ballard D., Brown C., (1982), "Computer Vision", Prentice-Hall, pp. 24-30.
- [60] Pittner S., Kamarthi S. V., (1999), "Feature Extraction from Wavelet Coefficients for Pattern Recognition Tasks", TPAMI, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, No. 1, pp. 83-88.
- [61] Tico M., Immonen E., Ramo P., Kuosmanen P., Saarinen J., (2001), "Fingerprint Recognition Using Wavelet Features", ISCAS, International Symposium on Circuits and Systems, Vol. 2, pp. 21-24, Sydney, NSW.
- [62] Materka A., Strzelecki M., (1998), "Texture Analysis Methods, A Review", Technical Report, Technical University of Lodz, Institute of Electronics, Brussels.
- [63] Abhyankar A., Schuckers S., (2006), "Fingerprint Liveness detection using local Ridge Frequencies and Multi resolution Texture Analysis Techniques", ICIP, International Conference on Image Processing, pp. 321-324, Atlanta, Georgia, USA.

- [64] Bharati H., Jay Liu J., MacGregor J. F., (2004), "Image Texture Analysis: Methods and Comparisons", Elsevier, Journal of Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, Vol. 72, pp. 57–71.
- [65] Busch A., Boles W., (2002), "Texture Classification Using Multiple Wavelet Analysis", DICTA, Research Concentration in Speech, Audio and Video Technology, Digital Image Computing Techniques and Applications, pp. 21-22, Melbourne, Australia.
- [66] Saini G., (2008), Master Thesis, "Texture Analysis of CT Scan Images", Electrical and Instrumentation Department, Thapar University, Patiala, India.
- [67] Mackley J., (2004), Master Thesis, "Extracting Fingerprint Features using Textures", School of Engineering and Technology, Deakin University, Melbourne, Australia.
- [68] Lemaitre G., Radojevi M., (2006), "Texture segmentation: Co-occurrence matrix And Laws' texture masks methods", Heriot-Watt University, Universitatde Girona, Universit´ede Bourgogne.
- [69] Zhao M., Chai Q., Zhang S., (2009), "A Method of Image Feature Extraction Using Wavelet Transforms", ICIC, International conference on Emerging intelligent computing Technology and Applications, No. 5754, pp. 187–192.
- [70] Wouwer G., Scheunders P., Van Dyck D., (1999), "Statistical Texture Characterization from Discrete Wavelet Representation", IEEE transactions on image processing, A publication of the IEEE Signal Processing Society, Vol. 8, No. 4, pp. 592-598.
- [71] Kara B., Watsuji N., (2003), "Using Wavelets for Textures Classification", IJCI, International Conference on Signal Processing, Vol. 1, No. 2, pp. 159-162.
- [72] Pyka K., Siedlik J., (2008), "The Use of Wavelets for noise detection in the images taken by the analog and digital photogrammetric cameras", ISPRS, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII, Part 1, pp. 77-82.
- [73] Lehri S., Pokhriyal A., (2010), "A New Method of Fingerprint Authentication Using 2d Wavelets", JATIT, Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 13, No. 2, pp. 131-138.
- [74] C. Lu, P. Chung, C. Chen, (1997), "Unsupervised Texture Segmentation via Wavelet Transform", Elsevier, Pattern Recognition, Vol. 30, No. 5, pp. 729-742.

- [75] Juncao L., Yong Z., Wenhai K., Xiamu N., (2006), "Fingerprint Identification based on Frequency texture Analysis", ICICIC, First International Conference on Innovative Computing, Information and Control, pp. 121-125, Beijing, China.
- [76] G. N. Srinivasan, shobha G, (2008), "Statistical Textures Analysis", PWASET, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 36, pp. 1264-1269.
- [77] Coli P., Marcialis G.L., Roli F., (2007), "Power spectrum-based Fingerprint Vitality Detection", IEEE International Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies, pp.169-173, Alghero, Italy.
- [78] Prober M., (2010), PhD. Thesis, "Comparing Performance of Different Fingerprint Matchers by Using Stirmark Distorted Images", Department of Computer Science, University of Salzburg, Austria.
- [79] Arivazhagan S., Ganesan L., (2003), "Texture Classification Using Wavelet Transform", Elsevier, Journal of Pattern Recognition Letters, Vol. 24, pp. 1513–1521.
- [80] Haralick R. M., Shanmugam K., (1973), "Texture Features For Image Classification", SMC, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics , Vol. 3, pp. 610-621.
- [81] Laine A., Fan J., (1993), "Texture Classification by Wavelet Packet Signatures", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 11, pp. 1186-1191.

Abstract

Aliveness Detection of fingerprint is a new topic in the field of security systems. One method for fingerprint vitality detection is power Spectrum which is based on frequency analysis. In this thesis, Power Spectrum is used for comparing the artificial fingerprints of SFinGe with live ones. The results showed that the real and artificial fingerprints vary in terms of the frequency spectrum.

We analyzed the relationship between fingerprints and diseases. We analyzed the fingerprint images of two systematic diseases such as diabetes and addiction. First, we have used the power spectrum method for analysis. The results showed that ought to find other ways to extract the features from fingerprint images.

Wavelet transform and extracted features from wavelet coefficients act stronger than the Fourier transform in image analysis. The combination of textural features extracted from the wavelet coefficients with the statistical features of wavelet, will make stronger feature vector. In this thesis, two methods based on statistical characteristics of wavelet and texture features of images have been used for analysis of fingerprint images in patients. These results are promising in detecting relationship between fingerprints with diseases.



Shahrood University of Technology

**Faculty of Information Technology &
Computer Engineering**

**Comparison of Real and Artificial Fingerprints Using Frequency
Analysis**

Saeideh Yousefzadeh

Supervisor: Dr. Morteza Zahedi

Advisor: Dr. Hadi Gerailu

December 2012