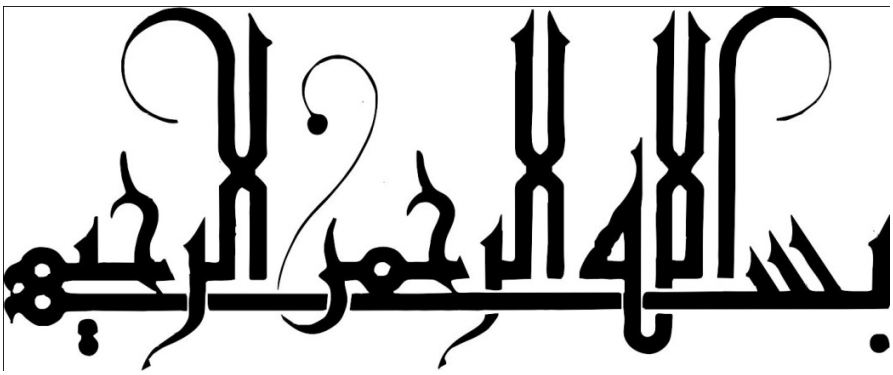
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه الزهرا (س)

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی

عنوان

بازیابی تصاویر پزشکی با بهره‌گیری از رویکرد یادگیری نیمه نظارتی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا کیوان پور

دانشجو

فهیمه باعثی

مهرماه سال 1391

کلیه دستاوردهای ناشی از این پژوهش متعلق به دانشگاه الزهرا (س) است.

تقدیم به همسر مهربانم که صبوری را به من آموخت.

و تقدیم به پدر و مادرم،

مهربان فرشتگانی که در تمام دوران زندگی بی‌دریغ یار و حامی‌ام بوده‌اند.

و تقدیم به آنان که به ما آموختند چگونه بیاموزیم و چگونه بیاموزانیم.

اینک در پایان این مقطع تحصیلی بر خود واجب می‌دانم از زحمات بی‌دریغ کلیه‌ی اساتیدم که با حمایت‌های دلسوزانه‌ی خود روشنگر راهم بودند و موجبات شکوفایی علمی و اعتلای فرهنگی را برایم مهیا ساختند، کمال تشکر و سپاسگذاری را داشته باشم.

همچنین قدردان زحمات استاد ارجمندم جناب آقای دکتر کیوان پور هستم که با قبول زحمت در کسوت استاد راهنما، با حمایتهای بی‌دریغ و راهنمایی‌های علمی و خردمندانه خود، سختی راه را بر من هموار ساخته و موجبات به ثمر رسیدن این پژوهش را فراهم نمودند.

از اساتید محترم، جناب دکتر مقدم چرکری و جناب دکتر رضا عزمی نیز کمال تشکر را دارم که زحمت داوری این پژوهش را برعهده گرفته و موجب تعالی آن را فراهم نمودند.

از جناب دکتر صبوری که بی‌دریغ مرا در این پژوهش یاری رساندند،

و از تمام کسانی که در طول دوران تحصیل با راهنمایی‌های ارزشمند علمی و معنوی خود مرا یاری نمودند سپاسگزاری نموده و از خداوند برای این عزیزان آرزوی توفیق و سربلندی را دارم.

چکیده

در سال‌های اخیر تولید انبوهی از تصاویر و توزیع آن‌ها در سراسر جهان رشد چشمگیری داشته است. در بسیاری از زمینه-ها مانند کاربردهای تجاری، کتابخانه‌های دیجیتال و بیمارستان‌ها، مجموعه‌های عظیمی از تصاویر دیجیتال ایجاد شده است. این گستره تولید، نیازمند توسعه ابزاری به منظور مدیریت و بازیابی مناسب در زمینه‌های مختلف می‌باشد. بازیابی تصویر مبتنی بر محتوی، به یافتن تصاویر با استخراج خودکار ویژگی‌های بصری سطح پائین مانند رنگ، بافت و شکل می‌پردازد. یکی از چالش اصلی فراروی بازیابی تصویر مبتنی بر محتوی شکاف معنایی است. شکاف معنای میان مفاهیم سطح بالایی که به طور طبیعی کاربران به تصاویر مرتبط می‌کنند و ویژگی‌های بصری سطح پائین که سیستم به آن‌ها تکیه می‌کند، وجود دارد. یک راه حل موفقیت آمیز برای کاهش شکاف معنایی، بکارگیری روش‌های یادگیری ماشین است.

هنگامی که بازیابی تصویر، به عنوان یک مسئله یادگیری مطرح می‌شود، برای استفاده از روش‌های یادگیری نظارت شده، باید تعداد کافی از مثال‌های آموزشی برچسب‌دار فراهم کرد. فراهم کردن تعداد کافی از مثال‌های آموزشی برچسب‌دار عملی بازدارنده است. در مقابل، تصاویر بدون برچسب به کمیت زیادی دردسترس هستند. بنابراین، رویکرد مؤثر و عملی دیگر در یادگیری استفاده از نمونه‌های برچسب‌دار به همراه نمونه‌های بدون برچسب در زمان یادگیری است، این ایده مبنای اصلی رویکرد یادگیری نیمه نظارتی را تشکیل می‌دهد که اغلب منتهی به نتایج دقیقتری می‌شود.

در این پژوهش، سیستم بازیابی تصویر به سه زیرسیستم، برون خطی، درون خطی و پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر تقسیم شده است. در زیرسیستم برون خطی، بازیابی تصاویر کلیه براساس فرآیند پیش‌پردازش و استخراج ویژگی‌های مؤثر تصاویر سونوگرافی کلیه انجام شده است. در این زیرسیستم، روشی مبتنی بر یادگیری تجمیعی برای انجام یادگیری نیمه‌نظارتی در حوزه تصاویر سونوگرافی کلیه پیشنهاد شده است. در زیرسیستم درون‌خطی از یک طبقه‌بند نظارتی به منظور تعیین برچسب تصویر پرس‌وجو و افزایش دقت سیستم بازیابی تصویر؛ و همچنین از رویکرد بیشینه- کمینه بهبودیافته به منظور بهبود نتایج بازیابی استفاده شده است.

در زیرسیستم پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر، برای توصیف ارتباطات معنایی بین تصاویر، کم‌کردن شکاف معنایی، لحاظ نمودن نظرات متخصص و افزایش دقت سیستم از بازخورد ربط کاربر استفاده شده است. در این پژوهش هدف از رویکردهای جدید ذکر شده افزایش دقت بازیابی تصاویر کلیه بدون تاکید بر جنبه سرعت می‌باشد. براساس آزمایشات صورت گرفته، رویکردهای پیشنهادی قادر به افزایش قابل قبول دقت در بازیابی تصاویر سونوگرافی کلیه در مقایسه با سیستم‌های مشابه می‌باشد.

کلمات کلیدی: بازیابی تصویر، یادگیری نیمه‌نظارتی، انتخاب ویژگی، کاهش نویز، بازخورد ربط کاربر، تصاویر پزشکی، سونوگرافی کلیه.

فهرست مطالب

فصل اول:مقدمه..... 1

1-1- یادگیری ماشین..... 3

2-1- طرح مسئله..... 3

3-1- اهداف و نوآوری‌ها..... 5

4-1- ساختار پایان نامه..... 7

فصل دوم: پیشینه تحقیق..... 8

1-2- تعریف بازیابی تصویر..... 9

2-2- تاریخچه بازیابی تصویر..... 9

3-2- کاربردهای بازیابی تصویر..... 10

4-2- چالش‌های فراروی بازیابی تصویر..... 12

5-2- سیستم های بازیابی تصویر در حوزه پزشکی..... 15

2-5-1- بازیابی تصویر در حوزه تصاویر سونوگرافی کلیه..... 17

6-2- معماری کلی بازیابی تصویر..... 20

2-6-1-اجزای سیستم بازیابی تصویرمبتنی بر محتوا..... 22

2-6-1-1- ویژگی‌ها در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا..... 23

2-6-1-2- نویز تصویر..... 25

2-6-1-3- روش‌های کاهش نویز- فیلترهای برفک تطبیقی..... 25

2-6-1-4- معیارهای شباهت..... 27

2-6-1-5- شاخص گذاری چند بعدی..... 29

2-6-1-6- بازخورد ربط..... 30

7-2-بکارگیری روش های یادگیری ماشین در بازیابی تصویر..... 34

2-7-1-یادگیری نظارتی 35

2-7-2-یادگیری بدون نظارت..... 36

2-7-3-یادگیری نیمه نظارتی..... 37

8-2-نتیجه‌گیری..... 40

فصل سوم: رویکرد پیشنهادی..... 41

1-3- زیرسیستم برون خطی..... 43

3-1-1- پیش پردازش و استخراج ناحیه کلیدی تصویر..... 44

3-1-1-1- قالب‌گیری تصویر..... 45

3-1-1-2- رویکرد دو گامی کاهش نویز در تصاویر سونوگرافی کلیه..... 46

3-1-1-3- تجزیه و تحلیل بافت و آستانه‌گیری..... 48

3-1-1-4- پردازش شکل شناسی..... 49

3-1-1-5- تعیین نقاط حیاتی و انتخاب ناحیه کلیدی.....50
3-1-2- تقطیع ROI و چرخش.....52
3-1-3- استخراج ویژگی ازSI 53
3-1-4- رویکرد یادگیری نیمه‌نظارتی.....55
3-1-4-1- یادگیری تجمیعی.....59
3-1-4-2- رویکردهای ترکیب الگوریتم‌های یادگیری.....60
3-1-4-3- انتخاب ویژگی جهت بهبود رویکرد پیشنهادی.....62
3-1-4-4- الگوریتم‌های یادگیری نظارتی بکار رفته در سیستم پیشنهادی.....67
3-1-4-5- روش وزن‌دهی پویا و نرمال‌سازی در الگوریتم پیشنهادی نیمه‌نظارتی.....70
3-2- زیر سیستم درون خطی.....71
3-2-1- پیش‌پردازش و استخراج ویژگی. 72
3-2-2- طبقه‌بندی نظارتی.....72
3-2-3- رویکرد دو گانه تطبیق شباهت.....72
3-2-3-1- فاصله City_Block.....74
3-2-3-2- رویکرد بیشینه- کمینه.....74
3-3- زیرسیستم پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر.....76
3-4- نتیجه گیری.....79
فصل چهارم: پیاده‌سازی و ارزیابی.....80
4-1- پیاده سازی زیرسیستم برون خطی.....81
4-1-1- استخراج ناحیه کلیدی تصویر.....81
4-1-1-1- رویکرد دوگامی کاهش نویز.....82
4-1-2- پیاده‌سازی مرحله‌ی استخراج ویژگی.....83
4-1-3- پیاده‌سازی رویکرد نیمه نظارتی پیشنهادی.....83
4-1-3-1- پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی IG-Th برای انتخاب ویژگی.....85
4-1-3-2- پیاده‌سازی الگوریتم انتخاب ویژگی مبتنی بر bootstrapping تغییریافته.....86
4-2- زیرسیستم درون خطی.....88
4-2-1- پیاده‌سازی رویکرد بیشینه- کمینه بهبود یافته.....88
4-3- زیرسیستم پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر 89
4-4- آزمون و تحلیل نتایج.....90
4-4-1- مجموعه داده تصویری.....90
4-4-2- معیارهای ارزیابی.....91
4-4-2-1- معیارهای ارزیابی کیفیت تصویر.....91
4-4-2-2- معیارهای ارزیابی کارایی الگوریتم‌های طبقه‌بندی و سیستم های بازیابی تصویر.....92
4-4-3- آزمون‌ها.....94

4-4-3-1-نتایج حاصل از اعمال الگوریتم حذف نویز بر روی تصاویر.....94
4-4-3-2-نتایج حاصل از الگوریتم استخراج ناحیه کلیدی تصویر 96
4-4-3-3- نتایج روش‌های انتخاب ویژگی.....99
4-4-3-4- نتایج روش پیشنهادی مرحله یادگیری.....100
4-4-3-5- نتایج سیستم بازیابی تصویر و بازخورد ربط.....103
4-5-نتیجه گیری.....110
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و توسعه‌های آتی.....111
5-1- نتیجه‌گیری.....112
5-2- ویژگی روش‌های پیشنهادی.....113
5-3-توسعه‌های آتی.....114
مراجع.....115
پیوست الف.....ذ

فهرست جدول ها

جدول 2-1: دسته بندی سطوح پرس وجو در بازیابی تصویر 12
جدول 3-1: اختصارات شکل 2.3 43
جدول3-2: اختصارات شکل 3.3 44
جدول3-3: اختصارات شکل 4.3 45
جدول3-4: اختصارات شکل 5.3 46
جدول 3-5: مزایا و معایب الگوریتم‌های رایج طبقه‌بندی 68
جدول3-6: اختصارات شکل 18.3 71
جدول3-7: اختصارات شکل 19.3 73
جدول3-8: اختصارات شکل 20.3 78
جدول4-1: ماتریس احتمال وقوع خروجی‌های ممکن فرایند طبقه‌بندی 92
جدول4-2:مقایسه عملکرد فیلترها با استفاده از معیارهای RMSE،SNR،PSNR ،EPF ،SSI وQI 95
جدول 4-3: بررسی مقادیر آستانه مختلف به منظور کسب حداکثر نتیجه در استخراج ناحیه کلیدی تصویر 97
جدول 4-4: نتایج تست رویکرد IG-Th بر روی طبقه‌بند بیزین ساده 99
جدول 4-5: نتایج تست رویکرد Bootstrapping بهبود یافته بر روی طبقه‌بندی بیزین ساده 99
جدول 4-6: نتایج تست رویکرد GA&SA بر روی طبقه‌بند بیزین ساده 99
جدول4-7: نتایج معیار فراخوانی برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 102
جدول 4-8: نتایج معیار دقت برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 102
جدول4-9: نتایج معیار F1 برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 103
جدول4-10: نتایج نرخ خطا برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 103
جدول 4-11: مقایسه عملکرد سه سیستم بازیابی تصویر سونوگرافی کلیه با معیار "دقت-هدف" 104
جدول4-12: نتایج بازخورد ربط کاربر بر پارامترهای M_cوM_m 109

فهرست شکل ها

شکل 1.2: نتایج احتمالی بدست آمده از جستجوی پرس و جو بوسیله مثال 13
شکل 2.2: معماری سیستم بازیابی تصویر 21
شکل3.2: نمودار جریان داده یک سیستم بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا 22
شکل4.2: اجزای تحلیلی اولیه یک سیستم بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا 22
شکل 5.2: آرایش مد، میانه و میانگین 27
شکل 1.3: دورنمای "سیستم بازیابی تصویر نیمه نظارتی" 42
شکل2.3: چهارچوب کلی "سیستم بازیابی تصویر نیمه نظارتی" 43
شکل 3.3: چهارچوب کلی "زیرسیستم برون خطی" 44
شکل4.3: ساختار الگوریتم پیشنهادی "استخراج ناحیه کلیدی تصویر" 45
شکل5.3: ساختار رویکرد دوگامی کاهش نویز در الگوریتم استخراج ناحیه کلیدی تصویر 46
شکل 6.3: طرح پیکسل‌های همسایه مورد استفاده در فیلتر میانه ترکیبی 47
شکل7.3: عملکرد فیلتر میانه ترکیبی برای n=5 47
شکل8.3: عضو ساختاری مورد استفاده در پردازش شکل شناسی 49
شکل9.3: فلوچارت تعیین نقاط حیاتی و استخراج ناحیه کلیدی تصویر 51
شکل 10.3: جهت کلیه قبل و بعد از عمل چرخش 52
شکل11.3: استخراج ویژگی از SI 53
شکل12.3: معماری کلی رویکرد یادگیری نیمه‌نظارتی پیشنهادی 58
شکل13.3: شمای کلی یادگیری تجمیعی با روش ائتلاف طبقه‌بندها 60
شکل 14.3: ساختار رویکرد پیشنهادی IG-Th برای انتخاب ویژگی‌ها 64
شکل 15.3: نمایش گام‌های روش انتخاب ویژگی مبتنی بر bootstrapping بهبودیافته 65
شکل16.3: نمایش فرآیند الگوریتم بیزین ساده ویرایش شده 69
شکل 17.3: وزن‌دهی پویا برای الگوریتم یادگیری نیمه نظارتی به روش تجمیعی 70
شکل 18.3: چهارچوب "زیرسیستم درون خطی" 71
شکل19.3: رویکرد دوگانه تطبیق شباهت 73
شکل20.3: زیرسیستم "پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر" 77
شکل1.4: شبه کد استخراج ناحیه کلیدی از تصویر 82
شکل 2.4: شبه کد رویکرد دوگامی حذف نویز 82
شکل3.4: شبه کد فیلتر میانه ترکیبی تغییریافته 83
شکل 4.4: شبه کد استخراج ویژگی از ناحیهٔ کلیدی تصویر 83
شکل5.4: شبه کد رویکرد نیمه نظارتی پیشنهادی 85
شکل6.4: شبه کد الگوریتم IG-Th 86
شکل 7.4: شبه کد الگوریتم مبتنی بر bootstrappingتغییر یافته جهت انتخاب ویژگی 88
شکل8.4: شبه کد زیرسیستم درون خطی 88

شکل9.4: شبه کد رویکرد بیشینه- کمینه بهبودیافته 89
شکل10.4: شبه کد زیرسیستم پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر 90
شکل 11.4: نمایش نمونه‌ای از پایگاه داده تصاویر سونوگرافی کلیه 91
شکل 12.4: ارزیابی کارایی فیلترهای مختلف برای کاهش نویز موجود در تصاویر سونوگرافی کلیه با استفاده از معیارهای PSNR، SNR،RMSE 95
شکل13.4: ارزیابی کارایی فیلترهای مختلف برای کاهش نویز موجود در تصاویر سونوگرافی کلیه با استفاده از معیارهای EPF، QIوSSI 96
شکل14.4: نتیجه الگوریتم پیشنهادی برای تعیین ناحیه کلیدی در تصاویر سونوگرافی کلیه 96
شکل 15.4: مقایسه نتایج الگوریتم‌های استخراج ناحیه کلیدی 97
شکل16.4: نتایج حاصل از الگوریتم تعیین ناحیه کلیدی بر روی یک تصویر سونوگرافی کلیه 98
شکل17.4: مقایسه دقت سه الگوریتم نیمه نظارتی بر روی ویژگی‌های مستخرج از تصاویر سونوگرافی کلیه 101
شکل18.4: مقایسه دقت الگوریتم های نیمه نظارتی بر روی Pima Indians Diabetes 101
شکل19.4: مقایسه دقت الگوریتم های نیمه نظارتی بر روی Monk 101
شکل20.4: مقایسه دقت الگوریتم های نیمه نظارتی بر روی Wine 101
شکل21.4: مقایسه دقت الگوریتم های نیمه نظارتی بر روی Abalone 101
شکل22.4: نتایج معیار دقت برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 102
شکل23.4: نتایج معیار فراخوانی برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 102
شکل24.4: نتایج F1 برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 103
شکل25.4: نتایج نرخ خطا برای سه طبقه بند نیمه نظارتی در سه کلاس مجزا 103
شکل26.4: نتایج سه سیستم بازیابی تصویر با SC=100 105
شکل27.4: نتایج سه سیستم بازیابی تصویر با SC=200 105
شکل28.4: نتایج سه سیستم بازیابی تصویر با SC=300 106
شکل 29.4: نتایج بازخورد ربط برای سه کلاس NR, MRD وCC برای Sc=100 106
شکل 30.4: نتایج بازخورد ربط برای سه کلاس NR, MRD وCC برای Sc=200 107
شکل 31.4: نتایج بازخورد ربط برای سه کلاس NR, MRD وCC برای Sc=300 107
شکل 32.4: نمودار دقت- فراخوانی دو سیستم مرجع و سیستم پیشنهادی بدون استفاده از RF 108
شکل 33.4: نمودار دقت- فراخوانی سیستم پیشنهادی برای حالات مختلف RF 108

فصل اول

مقدمه

افزایش روز افزون توسعه تکنولوژی‌های کامپیوتری و ارتباطات، مجموعه‌های عظیمی از تصاویر دیجیتال در زمینه‌های مختلف مانند کتابخانه دیجیتال، پزشکی، گالری‌های هنری، آموزش و سرگرمی را دربرمی‌گیرد. بدین صورت یکی از عمومی‌ترین مشکلات این دوره حجم عظیم اطلاعات می‌باشد. میزان اطلاعاتی که بسادگی در هر لحظه در دسترس ما قرار می‌گیرند بسیار فراتر از تواناییمان برای فیلترکردن و پردازش آنها است [1]. پیشرفت‌های موجود در تکنولوژی‌های تصویر و ذخیره‌سازی باعث ایجاد پایگاه داده‌های عظیمی از تصاویر شده است [2]. گسترش استفاده از دوربین‌های دیجیتال و رایج شدن سرویس‌هایی برای به اشتراک‌گذاری عکس‌های شخصی نمونه‌های خوبی برای درک این مسئله هستند. بنابراین، اطلاعات غالبا به فرمی متفاوت از محیط طبیعی‌ای که مغزمان استنتاج می‌کند نمایش داده می‌شود. با عمومی‌تر شدن کاربرد شبکه و توسعه تکنولوژی‌های چندرسانه‌ای، دیگر روش‌های بازیابی اطلاعات قدیمی رضایت کاربران را جلب نمی-کند. اگر روند کنونی ادامه یابد، توسعه ابزارهای کاراتری برای جستجو [3] و همچنین سیستم‌های اطلاعاتی مناسب برای مدیریت کارآمد این مجموعه‌ها مورد نیاز است [2]. با توجه به توضیحات بالا، تصاویر دیجیتال به عنوان یکی از مهم‌ترین حوزه‌های تحقیقاتی از 40سال پیش شده‌اند و امروزه بیشتر پژوهش‌ها، ابتدا روی کاهش حجم اطلاعات، و سپس روی بازیابی تصاویر مورد نظر با سرعت و دقت قابل قبول متمرکز شده است. بازیابی تصویر از دهه1970، با تلاش‌هایی که توسط دو انجمن تحقیقاتی اصلی مدیریت پایگاه داده و بینایی کامپیوتر در این حوزه صورت گرفته است، تبدیل به حوزه‌ی تحقیقاتی بسیار فعالی گشته است. این دو انجمن بازیابی تصویر را از زوایای متفاوتی مورد مطالعه و تحقیق قرار می‌دهند [4]. در ابتدا بازیابی تنها براساس متن مطرح بود. اما با توجه به محتوای غنی تصاویر، تفسیر دستی آنها بسیار مشکل بود. مشکل دیگر این بود که برای یک تصویر افراد مختلف ممکن است دریافت‌های متفاوتی داشته باشند. بنابراین در اوایل دهه 1990 روش‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا مطرح شدند. سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا ویژگی‌های سطح پایین و نحوی تصاویر را در بازیابی در نظر می‌گیرند. اما تصاویر مفاهیم سطح بالا و مهم‌تری از اشیاء و صحنه‌هایی که توسط انسان درک می‌شوند را نمایش می‌دهند که این جنبه‌های ادراکی به ذهنیت و اولویت‌های کاربران نزدیک‌تر می باشند. مفاهیم در تصاویر می‌توانند در شرایط مختلف معانی متفاوتی داشته باشند. مسلماً استخراج و اداره مفاهیم معنادار برای داشتن یک بازیابی کاربرپسند و هوشمند بسیار چالش برانگیز است. بنابراین مشکل عمده در سیستم های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا شکافی است که مابین مفاهیم سطح بالا در ذهن بشر و ویژگی های سطح پایین استخراج شونده از تصاویر وجود دارد. علاوه بر بهره‌وری در سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا مسئله کارایی از جهت زمان بازیابی باید مورد توجه قرار بگیرد. معمولاً استراتژی‌های جستجوی سریع بر اساس استفاده شمای شاخص‌گذاری موثر می باشد.

در ادامه این فصل به مفاهیم مرتبط با بازیابی تصویر و مسائلی که سیستم‌های مختلف بازیابی تصویر با آن‌ها مواجه هستند و همچنین روش‌های بکارگرفته شده در این پژوهش به منظور بهبود دقت نتایج بازیابی تصاویر پزشکی خواهیم پرداخت.

1-1- یادگیری ماشین

در انسان‌ها، یادگیری از طریق فرآیندهای مشخص و تغییرات در سیستم عصبی اتفاق می‌افتد. فعالیت یادگیری معمولا شامل مجموعه‌ای از مشاهدات در رابطه با پدیده‌های طبیعی و فرایندی برای تبدیل آن اطلاعات به دانش می‌باشد. سیستم‌های مصنوعی از طریق تغییراتی که آن‌ها به نمایش‌های داخلی خودشان، داده‌ها، مدل‌ها و یا ساختارها می‌دهند،

یادگیری می‌کنند. این ماشین‌ها برای حل وظایف معینی ساخته می‌شوند و هدف از یادگیری آن‌ها، بهبود کارایی‌شان در آن وظایف توسط یادگیری از محیط، آموزگاران و تجربیات خودشان در دستیابی به اهداف مشخص می‌باشد. روش‌های یادگیری ماشین برای وظایفی که پیچیدگی مسئله از لحاظ ورودی‌ها و خروجی‌های متفاوت بسیار زیاد است که برنامه-نویس نمی‌تواند آنها را به صورت صریح کد کند، می‌تواند بسیار مفید باشد.

- ✓ **یادگیری نظارتی**[1]: این گونه از الگوریتم‌ها همیشه به یک نوع مربی[2] برای آشکارکردن برچسب داده‌ها نیاز دارند. هدف این الگوریتم‌ها یادگیری نگاشتی از داده‌های ورودی به خروجی مشخص شده توسط مربی می‌باشد.
- ✓ **یادگیری بدون نظارت**[3]: این الگوریتم‌ها فقط با داده‌های آموزشی و بدون نیاز به مربی کار می کنند، هدف این دسته از الگوریتم‌ها یافتن الگوی شباهت میان داده‌ها و دسته بندی آنها درون خوشه‌هاست.
- ✓ **یادگیری نیمه نظارتی**[4]: یادگیری در این دسته از الگوریتم‌ها با استفاده از تعدادکمی داده‌های برچسب‌دار و تعداد بسیار زیادی داده‌های بدون برچسب انجام می‌شود. در بسیاری از حوزه‌ها مانند: طبقه‌بندی تصویر و متن و زیست‌فناوری[5] که داده‌های برچسب‌دار محدودی به همراه داده بدون برچسب زیادی وجود دارد و تولید داده‌های برچسب‌دار هزینه زیادی را در بر دارد، می‌تواند مفید باشد.
- ✓ **روش‌های فرایادگیری**[6] **و تجمیعی**[7]: الگوریتم‌های فرا یادگیری نوع خاصی از روش‌های یادگیری هستند که می‌توانند از همکاری دیگر یادگیرنده‌ها به عنوان توابع پایه استفاده کنند و مدلی از ترکیب آن‌ها تولید می‌کنند. این مدل معمولا کارایی بهتری نسبت به هر یک از یادگیرنده‌های پایه‌ی سازنده دارند. به دلیل اینکه این الگوریتم‌ها در رأس دیگر روش‌های یادگیری کار می‌کنند، به آن‌ها تحت عنوان فرایادگیرنده‌ها و همچنین روش‌های تجمیعی اشاره می‌شود.

1-2- طرح مسئله

ما هم‌اکنون در عصر تکنولوژی اطلاعات چندرسانه‌ای زندگی می‌کنیم. افت قیمت ذخیره‌سازی، توانایی گسترده وسایل دیجیتال، و شبکه ارتباط جهانی موجب رشد سریع تولید محتویات چندرسانه‌ای و توزیع آن‌ها در سراسر دنیا شده است. در بین مضامین چندرسانه‌ای گوناگون، تصاویر بخش عمده‌ای از اطلاعات را تشکیل داده و هم اکنون به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیمارستان‌ها و مراکز تحقیقات پزشکی روزانه تعداد بیشماری تصاویر دیجیتال به منظور تشخیص و درمان یا اهداف تحقیقاتی تولید می‌کنند. تکنولوژی‌های مورد نیاز، مانند دوربین‌های دیجیتال، تلفن‌های همراه چندرسانه-ای، و کامپیوترهای شخصی با قیمت مناسبی در دسترس عموم است. در نتیجه، تولید و ذخیره تصاویر دیجیتال شخصی، مانند تصاویر تعطیلات و تصاویر دوستان و خانواده به راحتی صورت می‌گیرد.

رشد نمایی تصاویر نیازمند ابزاری به منظور مدیریت، بازیابی و نمایش آن‌ها در کاربردهای مختلف مانند کتابخانه‌های دیجیتال، سیستم‌های پیشتیبانی تصمیم پزشکی و کاربردهای تدریس، موتورهای جستجوی تصاویر وب، پیشگیری از جرم

---

[1] Supervised
[2] Teacher
[3] Unsupervised
[4] Semi-supervised
[5] Bioinformatic
[6] Meta-Learning
[7] Ensemble method

می‌باشد. این کاربردها محققان را به این نتیجه مشترک رساند که شاخص‌گذاری و مدیریت برای داده‌های تصویری، که در مدت طولانی تهیه شده و ارزشمند هستند، امری ضروری است [5].

همانگونه که ذکر شد، یکی از حوزه‌های فعال در زمینه تولید تصاویر، حوزه پزشکی است. روش‌های پردازش تصویر به منظور افزایش کیفیت تصاویر پزشکی و فهم بهتر اطلاعات پنهان برای تشخیص و درمان بهتر بکار برده می‌شوند. هنوز بیشتر سیستم‌های ارتباط و ذخیره تصویر[1] (PCAS) تنها از اطلاعات متنی برای دسترسی به داده‌های تصویریِ بیمار استفاده می‌کنند. این داده‌ها عموما به صورت دستی وارد می‌شود. مشکلات موجود در سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر متن محققان را به سمت بازیابی تصویر مبتنی بر محتوی سوق داده است. بازیابی تصویر مبتنی بر محتوی (CBIR) به توصیف‌کننده‌های محتوی‌ای (ویژگی‌های عددی) که به صورت خودکار استخراج شده‌اند بستگی دارد. این ویژگی‌ها برای هر تصویر ذخیره شده و با تصویر پرس و جو مقایسه می‌شود [5].

یکی از مشکلات اصلی CBIR، شکاف معنایی است، که به معنای عدم تطبیق بین نیازهای جستجوی کاربر و توانایی-های سیستم‌های نمایش تصاویر است [6]. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که کاربران خواهان استفاده از پرس‌وجوهای معنایی در مجموعه تصاویر به منظور جستجوی تصاویری از نوع خاص، فعالیت‌ها، محل یا حوادث هستند [7] .اگرچه روش‌های استخراج ویژگی پیشرفته زیادی در دهه پیش برای نمایش ویژگی‌های سطح پائین تصویر معرفی شده‌اند، اما آن-ها نمی‌توانند به طور کامل تصاویری با یک سطح معنایی را نمایش دهند.

تولید روزافزون تصاویر دیجیتال در زمینه‌های مختلف موجب ایجاد پایگاه داده‌های عظیمی از تصاویر بدون برچسب یا با تعداد برچسب‌های محدود گشته است. همچنین عمل برچسب‌زدن تصاویر با توجه به حجم عظیم آن‌ها عملی پرهزینه و طاقت فرسا بوده و نیاز به تخصص در حوزه‌های مختلف دارد. ارائه راهکارهایی به منظور بکارگیری این تصاویر در فرآیند بازیابی تصویر و مدیریت آن‌ها یکی از اهداف محققان در این حوزه مطالعاتی می‌باشد.

همواره پیچیدگی محاسباتی فرایند بازشناسی از جمله مشکلات اصلی مباحث مربوط به تشخیص الگو، مانند بازیابی تصویر، خوشه‌بندی و داده‌کاوی بوده است. یکی از راه‌های رسیدن به کارایی مناسب، استخراج و انتخاب مجموعه‌ی تاثیرگذار و مناسبی از ویژگی‌ها می‌باشد. به همین دلیل استفاده از روش‌های کارا، جهت حل مشکل پیچیدگی ابعاد مجموعه ویژگی‌ها، حائز اهمیت است. قطعا انتخاب تمامی ویژگی‌های استخراج شده، نه تنها همیشه نتیجه‌ی مطلوب را در بر ندارد، بلکه میزان پیچیدگی محاسبات فرایند بازشناسی را نیز افزایش می‌دهد. ارائه راهکارهای مناسب در این زمینه یکی از زمینه‌های تحقیقاتی فعال می‌باشد.

همانگونه که ذکر شد، یکی از حوزه‌های فعال در زمینه تولید تصاویر دیجیتال حوزه پزشکی است. متاسفانه بازیابی تصویر در حوزه پزشکی یکی از چالش‌برانگیزترین حوزه‌های تحقیقاتی است. در این حوزه از روش‌های تصویربرداری مختلفی جهت تشخیص و درمان بیماری‌ها استفاده می‌شود. یکی از روش‌های تصویربرداری پرطرفدار در این حوزه ، تصویربرداری فراصوت[2] (US) است که به دلیل خاصیت‌هایی مانند، بلادرنگی[3]، غیرتهاجمی بودن[4]، غیرپرتوزایی[5] و قیمت مناسب این روش تصویربرداری طرفداران زیادی در حوزه تشخیص ارگان‌ها بافتی نرم دارد [8]. یکی از مشکلات موجود در تصاویر سونوگرافی وجود نویز برفک می‌باشد که موجب کاهش

[1] Picture archiving and communication systems
[2] Ultrasound
[3] Real-time
[4] Non-invasive
[5] Non-radioactive

کیفیت تصویر شده، کسب اطلاعات تصویر و تفسیر داده‌ها را با مشکل مواجه کرده و زمان بیشتری را جهت پردازش می‌طلبد [9]. بکارگیری روش‌هایی به منظور کاهش نویزهای ناخواسته و افزایش کیفیت تصاویر از جمله فعالیت‌های محققان در این حوزه می‌باشد. علاوه براین، وجود بافت‌های مختلف در اطراف کلیه در زمان تصویربرداری موجب کاهش دقت سیستم بازیابی تصویر می‌شود. بدین منظور روش‌های مختلفی جهت حذف بافت‌های اضافه موجود به منظور افزایش دقت سیستم بازیابی تصویر مورد نیاز می‌باشد.

به طور کلی سیستم‌های بازیابی تصویر در یک چارچوب چهار مرحله‌ای قابل بیان هستند [5]: 1) پیش پردازش و استخراج ویژگی، 2) شاخص‌گذاری و ذخیره در پایگاه داده 3) موتور تطبیق شباهت و 4)پردازنده پرس‌وجو با یک واسط در سمت کاربر.

در مرحله استخراج ویژگی، ویژگی‌های محلی مبتنی برناحیه و ویژگی‌های سراسری سطح پائین، مانند رنگ، بافت و شکل استخراج می‌شوند. عموما، فرآیند استخراج ویژگی برای پایگاه داده تصاویر به صورت برون خطی انجام می‌شود زیرا پیچیدگی زمانی بالایی دارد. در مرحله شاخص‌گذاری، بردارهای ویژگی در یک فایل ذخیره شده و با استفاده از ساختار شاخص‌گذاری چندبعدی در یک پایگاه داده منطقی سازماندهی می‌شوند. مکانیسم شاخص‌گذاری کمک می‌کند تا با استفاده از مکانیسم جستجوی نزدیکترین همسایه تصاویر نامرتبط به تصویر پرس‌وجو فیلتر شوند. موتور تطبیق شباهت، بردار پرس‌وجو را با بردارهای ویژگی تصاویر پایگاه داده مقایسه نموده و با استفاده از معیار فاصله، بازیابی مبتنی بر رتبه-بندی را بازمی‌گرداند. یک پردازشگر پرس‌وجو با یک واسط در سمت کاربر به کاربران اجازه می‌دهد که پرس‌وجوها را تنظیم نموده و نتایج پرس‌وجو را به صورت بصری درآورد [5].

در این پژوهش، معماری پیشنهادی سعی در بهبود دقت سیستم‌های بازیابی تصاویر سونوگرافی کلیه دارد. هدف اصلی از این پژوهش ایجاد ارتباطی بین روش‌های یادگیری ماشین و حوزه بازیابی تصویر به منظور افزایش کارایی سیستم بازیابی تصاویر در حوزه پزشکی می‌باشد. برای دستیابی به این هدف، از روش‌های یادگیری تجمیعی، نیمه نظارتی و نظارتی استفاده شده است. پایگاه داده مورد استفاده تصاویر سونوگرافی کلیه بوده و آزمایشات صورت گرفته نشان می‌دهد که ساختار سیستم پیشنهادی و استفاده از روش‌های یادگیری ماشین باعث بهبود دقت نتایج بازیابی تصاویر موجود می‌شود.

1-3- اهداف و نوآوری‌ها

هدف از انجام این پژوهش، ارائه‌ی راه‌حل برای بخشی از چالش‌هایی است که در بخش طرح مسئله ذکر شد. در ادامه این بخش به نوآوری‌های موجود در این پژوهش اشاره می‌شود. در این پژوهش سیستم بازیابی تصویر به سه زیرسیستم؛ برون خطی، درون خطی و پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر تقسیم شده است. در ادامه نوآوری‌های موجود با توجه به این سه زیرسیستم به اختصار توضیح داده شده است.

- ✓ در زیرسیستم برون خطی
  - ارائه ساختاری به منظور استخراج ناحیه کلیدی تصاویر سونوگرافی کلیه: به علت وجود ارگان‌های مختلف در نزدیک محل قرارگیری کلیه و تاثیر منفی آن‌ها بر روش‌های پردازشی مختلف، در این زیرسیستم روشی به منظور مشخص نمودن بافت کلیه معرفی شده است. علاوه براین، ناحیه کلیدی مشخص شده می‌تواند موجب افزایش سرعت و دقت در پردازش‌های بعدی مانند فرآیند تقطیع شود. در ساختار معرفی شده ناحیه کلیدی تصویر با طی مراحل مختلفی مانند

قالب‌گیری تصویر، کاهش نویز، دودویی نمودن تصویر، پردازش‌های شکل‌شناسی و تعیین نقاط حیاتی تصویر بدست می‌آید. این ساختار جهت بهبود ساختارهای مشابه در زمینه تصاویر سونوگرافی معرفی و مورد استفاده قرار گرفته است.

- ارائه رویکرد دوگامی کاهش نویز برفک: وجود نویز برفک در تصاویر سونوگرافی یکی از چالش‌های عمده برای استخراج اطلاعات می‌باشد. بنابراین هرگونه پردازشی بر روی تصویر به منظور کاهش نویز و بهبود کیفیت تصویر بدون از دست دادن اطلاعات و ویژگی تصاویر گام پردازشی مهمی محسوب می‌شود. در این پژوهش، یک رویکرد دوگامی کاهش نویز به منظور بهبود کیفیت تصویر و آماده‌سازی آن جهت پردازش‌های بعدی معرفی شده است. در این رویکرد از فیلتر میانه ترکیبی تغییر یافته و تبدیل موجک گسسته هاآر به صورت متوالی به منظور دستیابی به تصویر مورد استفاده شده است.
- ارائه الگوریتم پیشنهادی IG-Th و الگوریتم Bootstrapping بهبودیافته به منظور انتخاب ویژگی‌های کلیدی تصاویر: در مباحث مربوط به تشخیص الگو، مانند بازیابی تصویر، خوشه‌بندی و داده‌کاوی، یکی از راه‌های رسیدن به کارایی مناسب، استخراج و انتخاب مجموعه‌ی تاثیرگذار و مناسبی از ویژگی‌ها می‌باشد. به همین دلیل استفاده از روش‌های کارا، جهت حل مشکل پیچیدگی ابعاد مجموعه ویژگی‌ها، حائز اهمیت است. به منظور بهبود دقت بازشناسی، به تصویر کشیدن و درک ساده‌ی داده‌ها، کاهش میزان حافظه‌ی مصرفی مورد نیاز و افزایش سرعت آموزش در سیستم بازیابی تصویر مورد نظر، دو روش انتخاب ویژگی معرفی می‌شود. روش‌های IG-Th و Bootstrapping بهبودیافته به ترتیب با استفاده از ویژگی‌های درخت تصمیم‌گیری ID3 و روش انتخاب زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها در چند مرحله و بررسی آن‌ها در نهایت سعی در انتخاب ویژگی‌های مناسب و حذف ویژگی‌های نامناسب و بی‌اثر دارند.
- ارائه رویکرد پیشنهادی نیمه نظارتی با استفاده از روش‌های یادگیری تجمیعی به منظور برچسب‌گذاری تصاویر پایگاه داده: در این پژوهش از روش‌های یادگیری ماشین به منظور افزایش کارایی سیستم‌های بازیابی تصویر بهره گرفته شده است. با توجه به تولید روزافزون تصاویر در مراکز پزشکی و بیمارستان‌ها، برچسب زدن این تصاویر امری دشوار و زمانبر است و نیاز به تخصص در زمینه‌های گوناگون دارد. یکی از راه‌حل‌های موجود استفاده از روش‌های یادگیری به منظور تعیین برچسب داده‌های بدون برچسب می‌باشد. در این بخش از زیرسیستم برون‌خطی، یک معماری مبتنی بر یادگیری تجمیعی و نیمه نظارتی ارائه شده است. در این معماری سعی شده است تا حد امکان از میزان خطای روش خودآموزی کاسته شده و داده‌هایی با قابلیت اطمینان بالا به داده‌های برچسب‌دار اضافه شود. همچنین با توجه به روش تجمیعی استفاده شده در معماری پیشنهادی، نیاز به بهینه‌نمودن عمل وزن‌دهی می‌باشد. بهبود و بروزرسانی وزن‌دهی در بازه زمانی تعیین‌شده‌ای با استفاده از داده‌های برچسب خورده قابل اطمینان صورت می‌گیرد.

✓ در زیرسیستم درون خطی

- بکارگیری الگوریتم یادگیری نیمه‌نظارتی به منظور تعیین برچسب احتمالی تصویر پرس‌وجو: به منظور بهبود نتیجه بازیابی و افزایش سرعت سیستم، پس از استخراج ویژگی‌های تصویر پرس‌وجو، برچسب احتمالی تعلق تصویر مورد نظر به کلاس‌های مربوطه تعیین می‌شود. این طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم یادگیری نظارتی SVM چندکلاسه که کارایی بالایی داشته و در حوزه بازیابی تصویر بسیار بکاربرده می‌شود، صورت می‌گیرد.

- ارائه یک رویکرد دوگانه تطبیق شباهت: تعیین فاصله تصویر پرس‌وجو و تصاویر پایگاه داده به منظور بازیابی تصاویر مرتبط یکی از مهم‌ترین بخش‌های سیستم‌های بازیابی تصویر است. به منظور بهبود نتیجه بازیابی از رویکرد بیشینه-کمینه بهبودیافته و فاصله City-Block به طور موازی استفاده می‌شود. رویکرد بیشینه- کمینه بهبودیافته با تعیین تصاویری که کمترین فاصله را در ویژگی‌های متناظر با تصویر پرس‌وجو دارند و انتخاب تصاویری با بیشترین تعداد با کمترین فاصله روشی جدید در بازیابی تصاویر ارائه می‌کند.

✓ در زیرسیستم پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر

- بروزرسانی تعداد تصاویر بازگشتی توسط هریک از دو الگوریتم رویکرد تطبیق شباهت: در این زیرسیستم با استفاده از نظر کاربر در مورد نتایج سیستم بازیابی سعی در بهبود عملکرد سیستم می‌شود. بدین صورت که با توجه به نظر کاربر، میزان مشارکت هریک از الگوریتم‌های تطبیق فاصله معرفی شده در زیرسیستم درون‌خطی مشخص شده و به زیرسیستم درون‌خطی داده می‌شود.
- بروزرسانی وزن ویژگی‌ها و وزن تصاویر: در این زیرسیستم پس از جمع‌بندی نظر کاربر سعی در بهبود فرآیند بازیابی می‌شود. بدین صورت که با توجه به نظرکاربر در مورد خروجی سیستم بازیابی، وزن ویژگی‌های تصاویر و وزن تصاویر پایگاه داده موجود در نتیجه بازگشتی از سیستم بروزرسانی شده و از وزن نسبت داده شده به آن‌ها به منظور بهبود عملکرد رویکرد بیشینه- کمینه بهبودیافته و فاصله City_Block در فرآیند بازیابی استفاده می‌شود.

1-4-ساختار پایان‌نامه

ساختار فصول آتی پایان‌نامه بدین شرح است:

در فصل دوم، پیشینه تحقیق بررسی می‌شود و علاوه بر مروری کوتاه بر مفاهیم بازیابی تصویر، مروری بر کارهای پیشین در بازیابی تصویر و بازیابی تصاویر پزشکی صورت می‌گیرد. در این فصل معماری کلی یک سیستم بازیابی تصویر بیان شده و بخش‌های مختلف آن به اختصار شرح داده خواهند شد. در فصل سوم معماری کلی سیستم پیشنهادی در سه زیر سیستم 1) برون خطی، 2) درون خطی و 3) پردازش تکمیلی و اعمال نظر کاربر به طور کامل شرح داده می‌شوند. در این زیرسیستم‌ها روش‌های پیشنهادی در زمینه انتخاب ناحیه کلیدی، کاهش نویز برفک، انتخاب ویژگی‌های کلیدی تصویر، یادگیری نیمه نظارتی، رویکرد تطبیق شباهت تصاویر و یادگیری با استفاده از بازخورد ربط کاربر به تفصیل ارائه خواهد شد. جزئیات مربوط به پیاده‌سازی و نتایج حاصل از آزمایشات در فصل چهارم بیان خواهد شد. فصل پنجم به نتیجه‌گیری و توسعه‌های آتی بر ای بهبود کارایی روش‌های پیشنهادی می‌پردازد.

فصل دوم

پیشینه تحقیق