

# شمارش و طبقه‌بندی سلول‌های گلبول سفید خون با استفاده از شبکه عصبی پیچشی

محمد زارع مهرجردی  
محمد رضا یزدچی



سازمان پژوهش‌های علمی و فناوری  
دانشگاه گیلان  
گشت ۱۳۹۷





سرشناسه	: زارع مهرجردی، محمد، ۱۳۷۰-
عنوان و نام پدیدآور	: شمارش و طبقه‌بندی سلول‌های گلبول خون با استفاده از شبکه عصبی پیچشی / مولفان محمد زارع مهرجردی، محمدرضا یزدچی.
مشخصات نشر	: اصفهان: موسسه آموزش عالی غیر دولتی- غیر انتفاعی راغب اصفهانی، انتشارات راغب اصفهانی، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۱۰۸ ص.
شابک	: 978-622-9946-92-3
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: خون -- گلبول‌ها -- شمارش
موضوع	: Blood cell count
موضوع	: شبکه‌های عصبی (کامپیوتر) -- کاربردهای علمی
موضوع	: Neural networks (Computer science) -- Scientific applications
شناسه افزوده	: یزدچی، محمدرضا، ۱۳۵۴ -
رده بندی کنگره	: RB۴۵/ز۱۷ش۸ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی	: ۶۱۶/۰۷۵۶۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۴۵۱۶۵۰

شکرشایان ثار ایزدمنان که توفیق را رفیق را بهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم

از استاد فاضل و اندیشمند، جناب آقای دکتر محمد رضا یزدچی به عنوان استاد راهنما که همواره

مخارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، کمال تشکر را دارم.

ماحصل آموختہ ہائیم را تقدیم می کنم بہ آمان کہ مہر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

بہ استوارترین تکیہ گاہم، دستان پر مہر پدرم

بہ سبزترین نگاہ زندگی ام، چشمان سبز مادرم

و بہ زیبایی حضور خواہر مہربانم

کہ ہرچہ آموختم در کتب عشق ثنا آموختم و ہرچہ بگو شتم قطرہ ای از دریای بی کران مہربانی تان را سپاس توانم بگویم

بوسہ بردستان پر مہربان



## چکیده

برای تشخیص بیماری‌های عفونی و غیر عفونی، از بیمار تست کامل خون می‌گیرند. از بین سلول‌های موجود در خون که شامل گلبول‌های قرمز، پلاکت‌ها و گلبول‌های سفید است، شناسایی و شمارش گلبول‌های سفید خون، اهمیت زیادی دارد. غلظت گلبول‌های سفید در جریان خون هر شخص، نشان‌دهنده اطلاعات کلی از وضعیت سیستم ایمنی بدن و بیماری‌هایی است که شخص را تهدید می‌کند. برای شمارش و دسته‌بندی این سلول‌ها از روش خودکار و روش دستی استفاده می‌شود. در روش خودکار از شمارنده کولتر و سیتومتر جریان لیزر استفاده می‌شود و از معایب اصلی آن‌ها می‌توان به هزینه ساخت و نگهداری بسیار بالا اشاره کرد. در روش دستی که توسط انسان و با استفاده از میکروسکوپ انجام می‌شود، تعداد سلول‌ها به روش افتراقی شمارش می‌شود و در نتیجه احتمال خطا بسیار زیاد است. بنابراین برای شمارش و دسته‌بندی این سلول‌ها، نیاز به روشی است که علاوه بر خطای کم و سرعت بالا، در دسترس تمامی مراکز پزشکی باشد. برای دستیابی به این اهداف، می‌توانیم از سیستم بینایی کامپیوتر کمک بگیریم. این سیستم بینایی توسط شبکه عصبی پیچشی در کنار تکنیک‌های پردازش تصویر پیاده‌سازی می‌شود. این شبکه‌ها از سیستم بینایی حیوانات و روش پردازش اطلاعات در مغز انسان الهام گرفته است و قابلیت آموزش و یادگیری دارند. برای استفاده از این شبکه‌ها، نیاز به بانک تصویری با تعداد نمونه‌های زیاد و متنوع داریم. این بانک تصویری در آزمایشگاه با رنگ آمیزی سلول‌های گلبول سفید خون توسط متخصصین جمع‌آوری می‌شود. در این تحقیق برای شناسایی و دسته‌بندی این سلول‌ها، از شبکه عصبی پیچشی "آلکس‌نت" استفاده شد. با استفاده از ماسک گذاری رنگ آبی، سلول‌های تصاویر مجموعه آموزشی و آزمایشی از پس‌زمینه‌ای شامل گلبول‌های قرمز و پلاسما جدا شد. پس از تصحیح تصاویر بانک اطلاعات، تعداد نمونه‌های بانک آموزشی به بیست هزار نمونه رسید و شبکه با استفاده از روش انتقال یادگیری آموزش داده شد. پس از دو بار آموزش، دقت شبکه به ۹۹/۶۸ درصد رسید و خطای کل ۱/۳ درصد محاسبه شد. آموزش این شبکه‌ها به دلیل حجم محاسبات، زمان‌بر است و توسط پردازنده گرافیکی و مدل پردازش اطلاعات کودا انجام می‌شود. شبکه آموزش دیده، می‌تواند با دقت و سرعت مورد انتظار، شمارش و دسته‌بندی سلول‌ها را انجام دهد. در نتیجه، استفاده از این شبکه‌ها خطای فرایند شمارش و دسته‌بندی سلول‌ها را کاهش می‌دهد، به راحتی در دسترس تمامی مراکز پزشکی قرار می‌گیرد و حتی در برخی از موارد عدم حضور افراد متخصص را جبران می‌کند.

**کلیدواژه‌ها:** تست کامل خون، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی پیچشی، گلبول سفید خون

## فهرست نوشتار

۱۴	۱. مقدمه
۱۴	۱-۱. شرح و بیان مسئله پژوهشی
۱۵	۲-۱. تاریخچه
۱۸	۳-۱. معماری شبکه‌های عصبی پیچشی
۲۰	۴-۱. اهمیت و ارزش تحقیق
۲۱	۵-۱. اهداف تحقیق
۲۱	۶-۱. کاربرد نتایج تحقیق
۲۲	۷-۱. روش تحقیق
۲۲	۸-۱. نتایج تحقیق
۲۴	۲. تاریخچه
۲۴	۱-۲. شبکه‌های عصبی مصنوعی
۲۶	۱-۱-۲. پس انتشار خطا
۲۸	۲-۲. شبکه‌های عصبی پیچشی
۳۱	۳. شبکه‌های عصبی مصنوعی و شبکه عصبی پیچشی
۳۱	۱-۳. شبکه‌های عصبی بیولوژیکی (طبیعی)
۳۱	۱-۱-۳. دندریت
۳۲	۲-۱-۳. بدنه سلول (سوما)
۳۲	۳-۱-۳. آکسون
۳۳	۴-۱-۳. فاصله سیناپسی
۳۴	۵-۱-۳. نحوه عملکرد شبکه عصبی طبیعی
۳۵	۲-۳. شبکه عصبی مصنوعی
۳۵	۱-۲-۳. مدل‌سازی نورون مصنوعی
۳۷	۲-۲-۳. مدل‌سازی ریاضی نورون مصنوعی
۳۸	۳-۲-۳. ساختار شبکه عصبی مصنوعی
۴۰	۴-۲-۳. شبکه‌های عصبی عمیق



۴۱	..... یادگیری عمیق.....	۳-۲-۵
۴۴	..... ویژگی های مشترک شبکه عصبی مصنوعی و طبیعی.....	۳-۳
۴۴	..... تحمل پذیری در برابر خطا.....	۳-۳-۱
۴۴	..... مقاومت بالا در برابر نویز.....	۳-۳-۲
۴۵	..... تعمیم پذیری.....	۳-۳-۳
۴۵	..... قدرت و سرعت پردازش بالا.....	۳-۳-۴
۴۵	..... کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی.....	۳-۴
۴۷	..... ساختار شبکه عصبی پیچشی.....	۳-۵
۴۸	..... لایه کانولوشن.....	۳-۵-۱
۵۰	..... اتصال لایه کانولوشن به ورودی.....	۳-۵-۱-۱
۵۰	..... خروجی لایه کانولوشن.....	۳-۵-۱-۲
۵۱	..... لایه ادغام.....	۳-۵-۲
۵۲	..... لایه تماما متصل.....	۳-۵-۳
۵۳	..... نحوه عملکرد لایه های مختلف.....	۳-۶
۵۳	..... لایه کانولوشن.....	۳-۶-۱
۵۴	..... لایه گذاری صفر.....	۳-۶-۱-۱
۵۶	..... کاهش پارامترهای لایه.....	۳-۶-۱-۲
۵۶	..... لایه ورودی.....	۳-۶-۲
۵۷	..... لایه ادغام.....	۳-۶-۳
۵۸	..... آموزش شبکه.....	۳-۷
۵۸	..... بیش برآزش.....	۳-۷-۱
۶۱	..... <b>نتایج</b> .....	۴
۶۱	..... شبکه عصبی پیچشی.....	۴-۱
۶۵	..... بانک تصویر.....	۴-۲
۶۸	..... جداسازی سلول ها از پس زمینه.....	۴-۳
۷۳	..... آماده سازی بانک تصویر برای آموزش شبکه.....	۴-۴

۷۸	۵-۴ آموزش شبکه
۷۹	۶-۴ خروجی لایه‌های شبکه
۸۲	۷-۴ عملکرد شبکه
۸۷	۸-۴ پیاده‌سازی در متلب
<b>۸۸</b>	<b>۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد</b>
۸۸	۱-۵ گلبول سفید و اهمیت آن
۸۹	۲-۵ روش‌های کنونی مورد استفاده در شمارش
۸۹	۱-۲-۵ روش خودکار
۹۰	۲-۲-۵ روش دستی (شناسایی توسط میکروسکپ)
۹۱	۳-۵ مدل پردازش موازی کودا
۹۱	۴-۵ محدودیت‌های استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی
۹۲	۱-۴-۵ جداسازی سلول‌ها از پس‌زمینه
۹۲	۲-۴-۵ تشابه در نمونه‌های آزمایشی
۹۳	۳-۴-۵ آموزش شبکه
۹۳	۵-۵ مزایای استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی
۹۴	۶-۵ جمع‌بندی
۹۴	۷-۵ پیشنهادها
۹۵	<b>۶. فهرست منابع</b>

## فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۴) دقت و خطای شبکه با بانک‌های اطلاعاتی متفاوت.....	۸۲
جدول (۲-۴) خطای شبکه.....	۸۴
جدول (۳-۴) مقایسه شبکه عصبی پیچشی با شبکه عصبی MLP.....	۸۴
جدول (۴-۴) مقایسه مدل ارائه‌شده با مرجع ۴۱.....	۸۵

## فهرست شکل ها

- شکل (۱-۳) ساختار نورون بیولوژیکی ..... ۳۲
- شکل (۲-۳) فاصله سیناپسی ..... ۳۳
- شکل (۳-۳) سطح ولتاژ نورون از لحظه استراحت تا تولید پالس الکتریکی ..... ۳۴
- شکل (۴-۳) ساختار نورون مصنوعی ..... ۳۶
- شکل (۵-۳) لایه‌های شبکه عصبی مصنوعی ..... ۳۹
- شکل (۶-۳) شبکه عصبی تک لایه و چندلایه ..... ۴۰
- شکل (۷-۳) شبکه عصبی عمیق ..... ۴۰
- شکل (۸-۳) تأثیر حجم نمونه آموزشی بر دقت شبکه ..... ۴۲
- شکل (۹-۳) نحوه استخراج ویژگی در روش‌های مختلف یادگیری ..... ۴۳
- شکل (۱۰-۳) ساختار کلی شبکه عصبی پیچشی ..... ۴۷
- شکل (۱۱-۳) لایه‌های شبکه عصبی پیچشی ..... ۴۸
- شکل (۱۲-۳) فیلتر کانولوشن ..... ۴۹
- شکل (۱۳-۳) نحوه عملکرد فیلتر کانولوشن ..... ۴۹
- شکل (۱۴-۳) عملکرد لایه ادغام ..... ۴۲
- شکل (۱۵-۳) اعمال فیلتر کانولوشن روی ماتریس ورودی ..... ۵۳
- شکل (۱۶-۳) نحوه تشکیل ماتریس خروجی ..... ۵۴
- شکل (۱۷-۳) محل حرکت فیلتر قبل و بعد از اعمال ردیف صفر ..... ۵۵
- شکل (۱۸-۳) ادغام به صورت ماکزیمم و میانگین ..... ۵۷
- شکل (۱۹-۳) عملکرد شبکه در بیش برآزش ..... ۵۹
- شکل (۱-۴) نمونه تصاویر موجود در بانک اطلاعات ..... ۵۹
- شکل (۲-۴) تنوع تصاویر بانک اطلاعات ..... ۵۹
- شکل (۳-۴) تصاویر بانک اطلاعات در جهت‌ها مختلف ..... ۶۸
- شکل (۴-۴) تصویر ورودی جهت جداسازی سلول ..... ۶۹

- شکل (۴-۵) تصویر خروجی فیلتر رنگ آبی ..... ۶۹
- شکل (۴-۶) خروجی فیلتر آستانه ..... ۷۰
- شکل (۴-۷) خروجی فیلتر نرم‌کنندگی ..... ۷۰
- شکل (۴-۸) سلول تشخیص داده‌شده ..... ۷۱
- شکل (۴-۹) سلول جداشده از پس‌زمینه ..... ۷۱
- شکل (۴-۱۰) تصویر رنگ‌آمیزی شده با دو سلول متفاوت ..... ۷۲
- شکل (۴-۱۱) تصویر باینری از محل قرارگیری سلول‌ها ..... ۷۲
- شکل (۴-۱۲) سلول‌های استخراج‌شده از تصویر اصلی ..... ۷۳
- شکل (۴-۱۳) نمونه‌های مجموعه آموزشی پس از حذف قسمت‌های اضافی (سیاه) ..... ۷۴
- شکل (۴-۱۴) نمونه‌های مجموعه آموزشی پس از حذف قسمت‌های اضافی (رنگی) ..... ۷۵
- شکل (۴-۱۵) جزئیات دومین مرحله آموزش شبکه ..... ۷۶
- شکل (۴-۱۶) خروجی لایه کانولوشن اول ..... ۷۹
- شکل (۴-۱۷) خروجی لایه کانولوشن دوم ..... ۸۰
- شکل (۴-۱۸) خروجی لایه کانولوشن سوم ..... ۸۰
- شکل (۴-۱۹) خروجی لایه تماماً متصل اول ..... ۸۱
- شکل (۴-۲۰) خروجی شبکه ..... ۸۶
- شکل (۵-۱) نمونه خون طبیعی و غیرطبیعی ..... ۸۹
- شکل (۵-۲) ساختار شمارنده کوئلتر ..... ۹۰

### فهرست نمودارها

- نمودار (۱-۴) تعداد تصاویر سلول‌ها در بانک اطلاعات ..... ۶۶
- نمودار (۲-۴) نمودار آموزش شبکه ..... ۷۳
- نمودار (۳-۴) نمودار آموزش شبکه ..... ۷۷

## فهرست پیوست‌ها

پیوست الف: کُد برنامه‌ی نوشته‌شده در متلب ..... ۹۹