دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق– الکترونیک

طراحی یک کنترل کننده با کاربرد خاص برای استفاده در یک پروتز بینایی

نگارش:

هانیه صالحی

استاد راهنما:

دکتر امیر مسعود سوداگر

تابستان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحیم

بنی آدم اعضای یک پیکرند

که در آفرینش ز یک گوهرند

چو عضوی به درد آورد روزگار

دگر عضوها را نماند قرار

تقدیم به آنان که با سر انگشتانشان جهان را می کاوند. آنان که اگرچه نگاهشان از شکوفایی تهی است، در وجودشان شعله های زندگی می خروشد.

با سپاس ازسه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا من به توانایی برسم ...

موهایشان سپید شد تا من روسفید شوم...

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجودم و روشنگر راهم باشند...

مادرم

پدرم

استادم

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	شماره: تاریخ:

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

طراحی یک کنترل کننده با کاربرد خاص برای استفاده در یک پروتز بینایی

توسط آقای / خانم **هانیه صالحی** ، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته **برق** گرایش **الکترونیک** در تاریخ / / ۱۳ مورد تأیید قرار می‌هتد.

۱- استاد راهنمای اول	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	**امیر مسعود سوداگر**	امضاء
۲- استاد راهنمای دوم	جناب آقای / سرکار خانم دکتر		امضاء
۳- استاد مشاور	جناب آقای / سرکار خانم دکتر		امضاء
۴- ممتحن داخلی	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	**سعدان زکائی**	امضاء
۵- ممتحن خارجی	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	**ستار میرزا کوچکی**	امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	شماره: تاریخ:

اینجانب **هانیه صالحی** دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته **برق** گرایش **الکترونیک** دانشکده **مهندسی برق و کامپیوتر** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

طراحی یک کنترل کننده با کاربرد خاص برای استفاده در یک پروتز بینایی

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم دکتر **امیر مسعود سوداگر** ، توسط شخص ایجانب انجام شده و صحت واصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب متدرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط ایجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**حق طبع و نشر و مالکیت نتایج**	شماره: تاریخ:

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

در این پایان نامه یک کنترل کننده برای مدیریت تحریک الکتریکی و تولید سیگنال های دیجیتال لازم در یک پروتز بینایی[1] قابل کاشت در بدن به منظور بازیابی بینایی در افراد نابینا طراحی و پیاده سازی شده است. این کنترل کننده داده تصویر[2] و پالس ساعت سیستم را به صورت غیر همزمان[3] توسط ارتباط بی سیم[4] از واحد ناظر[5] در خارج از بدن دریافت می کند. کنترل کننده پیشنهادی قادر است اطلاعات تصویر و دامنه تحریک را به صورت سریال به پایانه تحریک انتقال دهد. همچنین عملکرد این کنترل کننده امکان ایجاد طیف وسیعی از زمانبندی های تحریک[6] بمنظور ایجاد پالس های دوفازه[7]، را فراهم می سازد. بعلاوه، این امکان وجود دارد که یکی از انواع تحریک تک پالس[8] یا قطاری از پالس های تحریک[9] انتخاب شود. این قابلیت این امکان را می دهد که با انتخاب نوع تحریک متفاوت، اثر تحریک اعمالی در فرد مورد آزمایش به منظور گزینش بهترین نوع پالس تحریک، تحقیق شود. همچنین می توان با انتخاب نوع تحریک (تک پالس یا قطار پالس) و نیز شکل پالس تحریک از طریق واحد ناظر، کنترل کننده را مقداردهی اولیه[10] نمود. این کنترل کننده قادر است تحریک مناسب و متناظر با یک تصویر ۲۵۶ پیکسلی (۱۶×۱۶) سیاه و سفید، ثابت یا متحرک، را تولید نماید. در کنترل کننده پیشنهادی دامنه فاز آندی[11] و دامنه فاز کاتدی[12] با دقت ۸ بیت قابل انتخاب است. این انتخاب در تلفیق با

[1] Visual prosthesis
[2] Image Data
[3] Asynchronous
[4] Wireless Link
[5] Supervising Unit
[6] Stimulation timing
[7] Biphasic
[8] Single Pulse
[9] Pulse Train
[10] Initialize
[11] Anodic Amplitude
[12] Cathodic Amplitude

یک مبدل دیجیتال به آنالوگ[13] مناسب امکان تولید دقت قابل قبولی از دامنه تحریک[14] را فراهم می سازد. به منظور ایجاد زمانبندی های متفاوت برای فاز آندی[15] و فاز کاتدی[16] محدوده زمانی ۲۰۱۸-۳۴ µs، تأخیر بین فازی[17] ۹۹۴µs- صفر و تأخیر بین پالسی (در تحریک بوسیله قطار پالس) ۲۰۱۸ µs- ۳۴ قابل انتخاب است. امکان تکرار پالس ها در قطار پالس تا ۳۱ بار در نظر گرفته شده است. کنترل کننده با پالس ساعت ۱MHz کار می کند. بمنظور اطمینان از صحت عملکرد، کنترل کننده پیشنهادی بر روی یک تراشه اِف پی جی اِی[18] پیاده سازی و آزمایش شده است.

کلید واژه: پروتز بینایی، ریز سیستم قابل کاشت در بدن، کنترل کننده، پالس تحریک دو فازه، تاخیر بین فازی

[13] Digital-to-Analog Converter(DAC)
[14] Stimulation Amplitude
[15] Anodic Phase
[16] Cathodic Phase
[17] Interphasic Delay
[18] Field Programmable Gate Array(FPGA)

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست جدول‌ها ..... ث

فهرست شکل‌ها ..... ج

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱ پیشگفتار ۱

۱-۱-۱ چشم ۱

۱-۲ ساختار پروتز بینایی ۴

۱-۳ انواع پروتز بینایی ۱۰

۱-۳-۱ تاریخچه پروتزهای مبتنی بر تحریک شبکیه ۱۴

۱-۳-۲ تاریخچه پروتزهای مبتنی بر تحریک عصب بینایی ۱۶

۱-۳-۳ تاریخچه پروتزهای مبتنی بر تحریک قشر بینایی ۱۸

۱-۴ هدف از انجام پژوهش ۱۹

۱-۵ ساختار گزارش ۲۰

فصل ۲: مقدمه ای بر واحدهای سخت افزاری کنترل کننده ها ۲۱

۲-۱ مقدمه ۲۱

۲-۲ انواع پردازنده ها ۲۵

۲-۲-۱ مشخصه های پردازنده های پردستور(CISC) ۲۵

۲-۲-۲ مشخصه های پردازنده های کم دستور(RISC) ۲۷

۲-۳ طراحی سخت افزاری ۲۹
۲-۳-۱ واحدهای پردازش داده و کنترل ۲۹
۲-۳-۱-۱ واحد کنترل سیم بندی شده ۳۰
۲-۳-۱-۲ واحد کنترل ریزبرنامه سازی شده ۳۱
۲-۴ نتیجه گیری ۳۳
فصل ۳: کنترل کننده پیشنهادی ۳۴
۳-۱ مقدمه ۳۴
۳-۲ مفاهیم تعیین کننده در طراحی کنترل کننده پیشنهادی ۳۶
۳-۲-۱ توانمندی های کنترل کننده ۳۸
۳-۲-۲ تبادل داده با دنیای خارج ۴۱
۳-۲-۳ محدودیت های کنترل کننده ۴۶
۳-۳ کنترل کننده طراحی شده ۴۸
۳-۳-۱ واحد دریافت داده ۴۹
۳-۳-۲ واحد بررسی نوع داده دریافتی ۴۹
۳-۳-۳ واحد گزارش خطا ۵۰
۳-۳-۴ حافظه داده های تصویر و پیکربندی ۵۰
۳-۳-۵ واحد تولید کننده شکل پالس تحریک ۵۰
۳-۳-۶ واحد انتخاب و ارسال داده های کنترلی ۵۱
۳-۴ عملکرد کنترل کننده پیشنهادی ۵۲
۳-۴-۱ عملکرد واحد دریافت و بررسی اطلاعات ۵۴

۳-۴-۲ تولید و ارسال داده های تحریک..... ۵۸
۳-۴-۳ عملکرد واحد کنترل ۶۱
۳-۴-۴ محاسبات زمانی کنترل کننده پیشنهادی..... ۶۵
۳-۵ جمع بندی ویژگی های کنترل کننده ۶۸
۳-۶ برتری های ایده ارائه شده..... ۷۰
۳-۷ نتیجه گیری..... ۷۶

فصل ۴: نتایج شبیه سازی و پیاده سازی عملی..... ۷۷
۴-۱ مقدمه..... ۷۷
۴-۲ شبیه سازی..... ۷۸
۴-۲-۱ شبیه سازی کنترل کننده طراحی شده..... ۷۹
۴-۳ پیاده سازی کنترل کننده پیشنهادی..... ۸۳

فصل ۵: جمع بندی و پیشنهادها..... ۸۸
۵-۱ جمع بندی..... ۸۸
۵-۲ پیشنهادها..... ۹۰
ضمیمه أ-گزارش نرم افزار شبیه ساز(Synthesis Report)..... ۹۱

فهرست مراجع ۱۰۱
واژه نامه فارسی به انگلیسی..... ۱۰۵
واژه نامه انگلیسی به فارسی..... ۱۰۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱: فرمان های ارسالی برای پایانه تحریک ۵۱

جدول ۳-۲: جدول حالت مالتی پلکسر خروجی (AMUX) ۶۳

جدول ۳-۳: ویژگی های تصویر دریافتی ۶۹

جدول ۳-۴: ویژگی های کنترل کننده پیشنهادی ۶۹

جدول ۳-۵: ویژگی های تبادل داده با پایانه تحریک ۷۰

جدول ۳-۶: ویژگی های کنترل کننده های طراحی شده تاکنون برای کاربرد پروتز بینایی .. ۷۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: مقطع عرضی چشم انسان..... ۲

شکل ۱-۲: لایه های شبکیه..... ۴

شکل ۱-۳: بخش های درون و بیرون چشم در پروتز بینایی ۶

شکل ۱-۴: شکل موج تحریک دوفازه با موازنه بار مختلف..... ۷

شکل ۱-۵: اولین مدل پروتز بینایی. ۱۰

شکل ۱-۶: شبکیه سیلیکون مصنوعی ساخته شده توسط Optobionics..... ۱۱

شکل ۱-۷: پروتز بالا-شبکیه ای در مقابل پروتز بین- شبکیه ای..... ۱۲

شکل ۱-۸: تصویر کلی پروتز شبکیه ای..... ۱۵

شکل ۱-۹: نمایی از یک پروتز بینایی مبتنی بر تحریک عصب بینایی با استفاده از الکترود نفوذی..... ۱۷

شکل ۱-۱۰: نمایی از یک پروتز بینایی برای تحریک قشر بینایی..... ۱۸

شکل ۲-۱: بخش های سخت افزاری سیستم دیجیتال. ۲۳

شکل ۲-۲: نمایش سیگنال های کنترلی و داده. ۳۰

شکل ۳-۱: مقادیر قابل تنظیم در پالس تحریک. ۳۹

شکل ۳-۲: (الف). قاب های تصویر (ب). تحریک تک پالس تولید شده متناظر با قاب های تصویر در (الف) برای کانال kاُم. (ج). تحریک قطار پالس تولید شده متناظر با قاب های تصویر در (الف) برای کانال kاُم..... ۴۰

شکل ۳-۳: رشته داده های ارسالی از طرف سیستم خارجی به کنترل کننده. (الف). رشته داده های پیکربندی (ب). رشته داده های اطلاعات تصویر (ج). رشته داده های فرمان زمین شدن سایت ها. ۴۱

شکل ۳-۴: جزئیات بسته های داده پیکربندی. (الف). S/T (ب). Timing0 (ج). Timing1 (د). Timing2 (ه). Ap (و) An. ۴۳

شکل ۳-۵: بسته داده های ایجاد شده از یک قاب تصویر مبتنی بر مرجع ۲. .....۴۴

شکل ۳-۶: رشته داده های ارسالی از طرف کنترل کننده به پایانه تحریک. (الف) رشته داده های تحریک (ب) رشته داده دامنه های تحریک. ۴۶

شکل ۳-۷: طرح کلی کنترل کننده ارائه شده.....۴۹

شکل ۳-۸: کنترل کننده پیشنهادی برای تولید سیگنال های کنترلی مورد نیاز بمنظور تحریک شبکیه. ۵۲

شکل ۳-۹: نمودار حالت واحد دریافت و بررسی نوع داده دریافتی..... ۵۶

شکل ۳-۱۰: نمودار گردش کار واحد دریافت اطلاعات در کنترل کننده پیشنهادی..... ۵۷

شکل ۳-۱۱: نحوه تولید داده های تحریک و ارسال آن ها..... ۵۹

شکل ۳-۱۲: نحوه اعمال تحریک در ۲۵۶ کانال روی شبکیه..... ۶۰

شکل ۳-۱۳: نمودار حالت واحد کنترل.....۶۲

شکل ۳-۱۴: گردش کار واحد کنترل. ۶۴

شکل ۳-۱۵: نرخ تحریک (الف). نرخ تحریک در تحریک تک پالس. (ب). نرخ تحریک در تحریک قطار پالس..... ۶۷

شکل ۳-۱۶: ورودی ها و خروجی های کنترل کننده..... ۶۸

شکل ۴-۱: شکل موج های شبیه سازی. (الف). شکل موج سیگنال های کنترلی و خروجی کنترل کننده. (ب). چگونگی تغییر وضعیت کنترل کننده هنگام دریافت بسته های داده. ۸۰

شکل ۴-۲: وضعیت ارسال دامنه های تحریک به پایانه تحریک. ۸۱

شکل ۴-۳: نحوه تولید داده های تحریک (SSB) از روی داده های تصویر و ارسال آن ها. ۸۲

شکل ۴-۴: تغییر SSB بمنظور ایجاد پالس دو فازه برای داده تصویر. ۸۲

شکل ۴-۵: تصویر ۱۶×۱۶ اعمالی به منظور بررسی عملکرد کنترل کننده. ۸۳

شکل ۴-۶: بردار تولید شده متناظر با تصویر موجود در شکل ۴-۵. ..... ۸۳

شکل ۴-۷: خروجی کنترل کننده پس از شبیه سازی. ۸۴

شکل ۴-۸: پالس ساعت خروجی (۱۶MHz) و داده تحریک. ۸۵

شکل ۴-۹: کلمه های خطای ارسالی به واحد ناظر. (الف). عدم دریافت کامل بسته های داده پیکربندی. (ب). عدم دریافت کلمه پایان بعد از ارسال داده های تصویر. (ج). خطا در بیت توازن. ۸۵

شکل ۴-۱۰: نمایی از کنترل کننده به همراه پایانه تحریک (مدار کنترل الکترودها در شکل نیامده است.). ۸۶

شکل ۴-۱۱: شبیه سازی عملکرد پایانه تحریک با استفاده از نرم افزار متلب. ۸۷

فصل اول: مقدمه

۱-۱ پیش گفتار

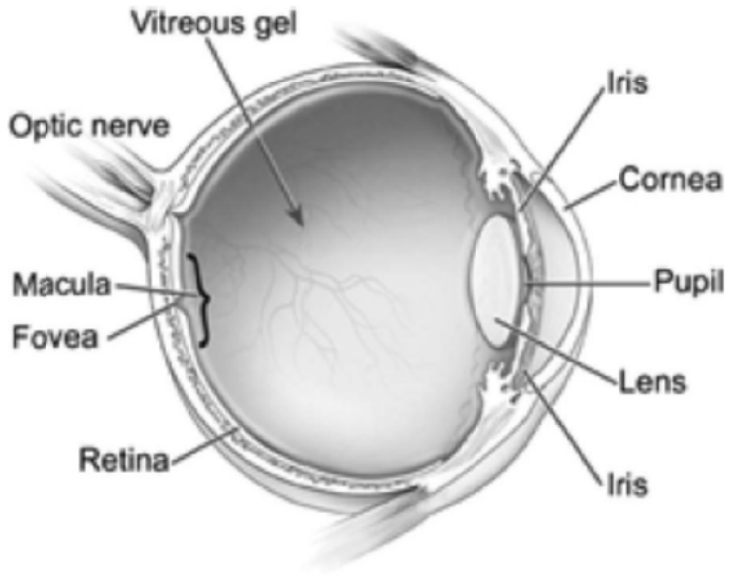
شناخت سیستم بینایی انسان اولین مرحله در طراحی پروتزهای بینایی[1] است. بدین منظور و با حرکت در مسیر بینایی به تشریح اجزاء مهم در مبحث پروتز بینایی می پردازیم. شناخت دقیق سیستم بینایی کمک می کند تا بتوان در طراحی دقیق و مفید یک پروتز بینایی بیشترین تطابق را با آن سیستم برقرار نمود و بهترین مدل را پیشنهاد نمود.

۱-۱-۱ چشم

به طور کلی حواس از مسیرهای فیزیولوژیکی درک هستند. یاخته های عصبی[2] گیرنده در هر سیستم حسی با انواع مختلفی از انرژی مانند انرژی حرارتی، نوری، مکانیکی یا شیمیایی سر و کار دارند، اما وظیفه مشترک همه آنها تبدیل یک تحریک محیطی به پالس های عصبی

[1] Visual Prosthesis
[2] Neuron

الکتروشیمیایی می باشد. شکل ۱-۱ مقطع اصلی از چشم انسان و سه لایه اصلی آن را نشان می دهد.



شکل ۱-۱: مقطع عرضی چشم انسان[۱]

۱. **لایه خارجی که شامل صلبیه[۱] و قرنیه[۲] است.**
۲. **لایه میانی که به دو بخش تقسیم شده است: پیشین[۳] (عنبیه[۴] و جسم مژگانی[۵]) و پسین[۶] (مشیمیه[۷]).**
۳. **بخش حساس به نور به نام شبکیه[۸].**

مسیر بینایی شامل شبکیه، عصب بینایی و قشر بینایی می باشد. شبکیه در حقیقت قسمتی از بافت مغز است که تحریک مستقیمی از نورها و تصاویر دنیای بیرون را دریافت می کند. در

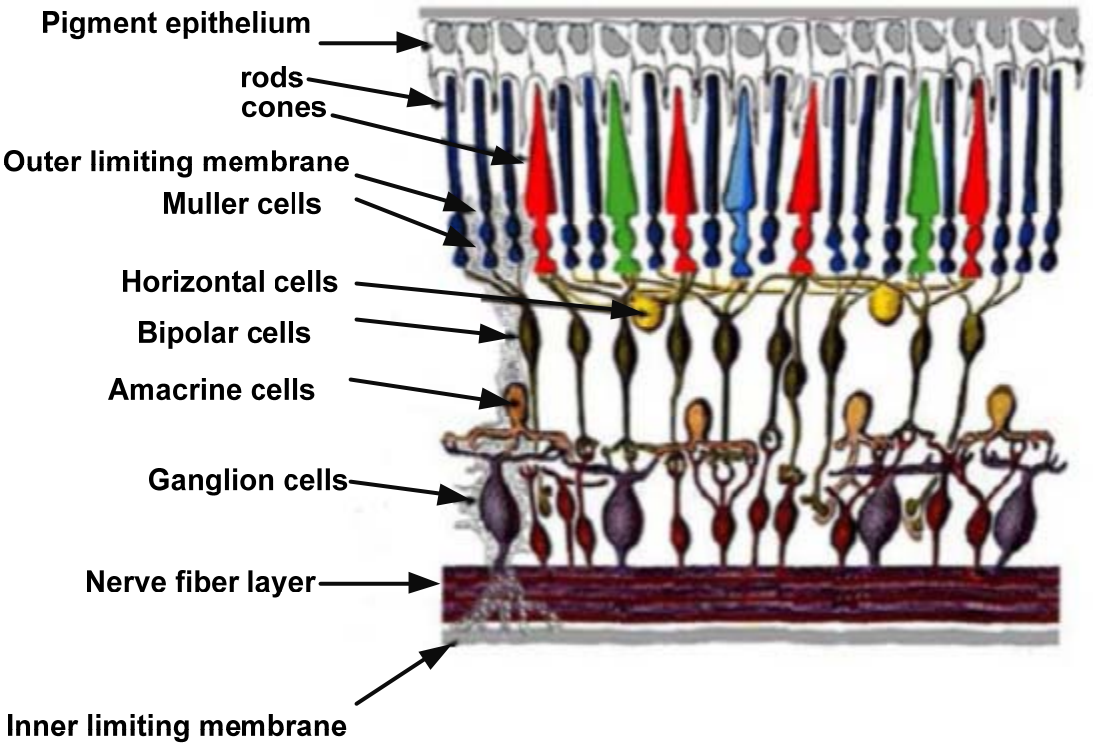
[1] Sclera
[2] Cornea
[3] Anterior
[4] Iris
[5] Corpus Ciliare
[6] Posterior
[7] Choroid
[8] Retina

مرکز چشم عصب بینایی قرار دارد که به صورت ناحیه سفید رنگی با ابعاد ۲ × ۱/۵ میلی متر دیده می شود. از مرکز عصب بینایی رگ های خونی اصلی شبکیه جهت تغذیه بافت به صورت شعاعی خارج می شوند. در حدود ۱۷ درجه به چپ، لکه زرد که تهی از رگ های خونی است در مرکز ناحیه ای به نام ماکولا[1] قرار دارد. یک ناحیه دایروی به قطر حدود ۶ میلی متر در اطراف لکه زرد به عنوان شبکیه مرکزی و بقیه به عنوان شبکیه محیطی نامیده می شوند[۱و۲].

شبکیه با حدود ۰/۵ میلی متر ضخامت در پشت چشم قرار دارد. شبکیه از لایه های سلولی متعددی تشکیل شده است که هریک نقش خاصی را بر عهده دارند. غده های عصبی[2] (یاخته های عصبی خروجی شبکیه) در داخلی ترین بخش شبکیه و نزدیک به عدسی و جلو چشم و گیرنده های نوری[3] (استوانه ای ها و مخروطی ها) در خارجی ترین بخش شبکیه در مقابل لایه رنگدانه ای قرار دارند(شکل ۱-۲).

نور باید قبل از برخورد با استوانه ای ها و مخروطی ها و فعال کردن آن ها از ضخامت شبکیه عبور کند. بنابراین جذب فوتون ها توسط رنگدانه بینایی گیرنده های نوری، ابتدا به یک پیام بیوشیمیایی و سپس به یک پیام الکتریکی، که می تواند سایر سلول های عصبی شبکیه که در پی آن قرار دارند را تحریک کند، ترجمه می شود. اسپایک[4] های عصبی در واقع نوعی سیگنال عصبی دیجیتال است که برای انتقال اطلاعات در سیستم عصبی در فاصله های طولانی، در اینجا از عصب بینایی به مرکز بینایی مغز به کار می رود.

[1] Macula
[2] Retina Ganglion Cells(RGC)
[3] Photoreceptors
[4] Spike



شکل ۱-۲: لایه های شبکیه[۳]

همانطور که در شکل ۱-۲ دیده می شود، غده های عصبی در داخلی ترین بخش شبکیه و نزدیک به غشای داخلی چشم قرار دارند. ورودی های یک غده عصبی از گیرنده های نوری در یک ناحیه محدود از شبکیه، یعنی میدان گیرنده[1]، آن سلول نشأت می گیرند. میدان گیرنده یک غده عصبی ناحیه ای از شبکیه است که سلول مورد نظر آن را می بیند. میدان های گیرنده غده های عصبی تقریباً دایروی هستند[۳و۴].

۱-۲ ساختار پروتز بینایی

بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی، در سال ۲۰۰۲، بیش از ۱۶۱ میلیون نفر از اختلال در بینایی رنج می برند. از میان آن ها ۱۲۴ میلیون کم بینا و ۳۷ میلیون نفر نابینا بودند. به ازای هر فرد نابینا ۳/۴ نفر کم بینا وجود دارد که این میزان بسته به کشور و تفاوت های ناحیه ای از ۲/۴ تا ۵/۵ متغیر می باشد. توزیع اختلال در بینایی از سه منظر سن و جنس و مناطق جغرافیایی

[1] Receptive field