

## مدل رقابت دو چشمی بر اساس مدل نورونی Hodgkin-Huxley

میترا خالقیان<sup>۱</sup>، علیرضا مهری<sup>۲</sup>، رضا راستی<sup>۳</sup>

## مقاله پژوهشی

## چکیده

**مقدمه:** زمانی که دو چشم با دو تصویر به طور کامل متفاوت مواجه شوند، نواحی منطبق با هم در شبکیه‌ی دو چشم، با دو محرک به طور کامل متفاوت تحریک می‌شوند و به جای دریافت یک تصویر ثابت، مغز تناوبی از دو تصویر را درک می‌کند که به آن رقابت دو چشمی می‌گویند. مطالعه‌ی این پدیده، ابزار هوشمندی برای بررسی فرایندهای ادراکی به شمار می‌آید.

**روش‌ها:** با در نظر گرفتن شبکه‌ای از نورون‌های تحریکی و مهاری از نوع Hodgkin-Huxley در معماری شبکه‌ی نورون‌های قشر بینایی مغز، رفتار نورون‌های اسپایکینگ جفت شده در لایه‌ی قشری مغز که در پدید آمدن این پدیده اثر مستقیم دارند، مدل‌سازی می‌شود. برای بررسی عملکرد این مدل، از خطوط جهت‌دار به عنوان دو محرک اعمالی به دو چشم استفاده می‌شود.

**یافته‌ها:** بازسازی زمان غلبه‌ی دید هر چشم در رقابت دو چشمی و عدم وابستگی دو دوره‌ی زمان غلبه‌ی موفق پیاپی، توسط این مدل مطرح می‌شود. همچنین، اثر تغییرات اعمال شده در قدرت محرک اعمالی به هر یک از دو چشم بررسی و مشاهده شد که تغییر قدرت محرک اعمال شده به یک چشم، تنها روی زمان دوره‌ی غلبه چشم طرف مقابل اثر می‌گذارد و افزایش قدرت محرک اعمال شده به هر دو چشم، به طور موازی متوسط زمان دوره‌ی غلبه را کاهش می‌دهد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این مدل، به نتایج تجربی که از این پدیده شناخته شده است، بسیار نزدیک می‌باشد و بسیاری از مشخصه‌های دینامیکی این پدیده را بازسازی می‌کند. همچنین، یافته‌های این مطالعه، نظریه‌هایی را که در مطالعات مربوط به این پدیده مطرح می‌شوند، تأیید می‌کند.

**واژگان کلیدی:** رقابت دو چشمی، نورون Hodgkin-Huxley، زمان غلبه‌ی محرک

**ارجاع:** خالقیان میترا، مهری علیرضا، راستی رضا. مدل رقابت دو چشمی بر اساس مدل نورونی Hodgkin-Huxley. مجله دانشکده پزشکی اصفهان

۱۳۹۵؛ ۳۴ (۴۰۴): ۱۲۶۱-۱۲۵۶

## مقدمه

هر گونه اختلاف در دو محرک (Stimulus) اعمال شده به چشم چپ و راست، از جمله تفاوت‌های ساده مثل تفاوت در جهت خطوط یا اختلاف کامل بین دو محرک مثل تصویر صورت انسان و تصویر یک خانه، می‌تواند موجب تحریک رقابت دو چشمی شود. این اختلاف، می‌تواند شامل مواردی چون رنگ، میزان روشنایی، پلاریته‌ی کتراست، شکل، اندازه یا سرعت دو تصویر باشد. در واقع، زمانی که دو چشم با دو تصویر متفاوت مواجه شوند، تصویری که توسط مغز درک می‌شود، به طور متناوب بین دو تصویری که به طور مجزا به دو چشم اعمال شده است، تغییر می‌کند (۱-۳).

در این پدیده، علاوه بر رقابتی که بین دو چشم اتفاق می‌افتد، دو

تصویری که به عنوان دو محرک به دو چشم اعمال می‌شوند نیز با یکدیگر رقابت می‌کنند. در گذشته، فرض بر این بود که رقابت بین دو چشم اتفاق می‌افتد، اما در عمل نمی‌توان گفت که رقابت تنها بین دو چشم است و با بررسی‌های انجام شده، مشخص شده است که قدرت محرک، روی زمان غلبه و نرخ تناوب تأثیر دارد (۴-۵). در این پدیده، سایت نورونی مؤثر، نحوه‌ی اتصالات نورون‌ها و تأثیر قدرت محرک بر روی این نوسان، از جمله مواردی است که قابل بحث و بررسی است (۶-۷).

برای مدل‌سازی این پدیده، رویکردهای مختلفی مطرح است. یک رویکرد برای مدل‌سازی این پدیده بر اساس مهار متقابل بین مسیرهای تک چشمی بنا شده است. رویکردهای دیگری که برای

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه بیوالکترونیک و مهندسی پزشکی و کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی، دانشکده‌ی فن‌آوری‌های نوین، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استاد، گروه بیوالکترونیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی فن‌آوری‌های نوین و مرکز تحقیقات پردازش سیگنال و تصاویر پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه بیوالکترونیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی فن‌آوری‌های نوین، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

فرایند، یعنی ۸۰ میلی ثانیه ایجاد می‌کند. فرایند پس‌رانش سیناپتیک، تنها در اتصالات نورون‌های تحریکی به هم، وجود دارد و نسبت به فرایند تطبیق فرکانس ضربه، ثابت زمانی بزرگ‌تری دارد.

علاوه بر این دو فرایند، محرک خارجی که به هر یک از دو چشم اعمال می‌شود نیز در ایجاد این سوئیچینگ تأثیر دارد و دوره‌ی زمان غلبه‌ی هر محرک علاوه بر مقیاس زمانی این دو فرایند، به قدرت ورودی نیز بستگی دارد. در واقع، ثابت زمانی این دو فرایند ثابت است و با تغییر قدرت محرک، می‌توان زمان غلبه را تغییر داد. اعمال محرک خارجی، توسط تزریق جریان در دو محل از شبکه به عنوان دو تحریک ورودی به دو چشم اعمال می‌شود.

معادلات ولتاژ نورون‌های تحریکی مهاری با کمک معادلات مربوط به نورون Hodgkin-Huxley به دست می‌آید و علاوه بر جریان غشای نورون و جریانی که به صورت خارجی در شبکه تزریق می‌شود، جریان سیناپتیک که به هر نورون وارد می‌شود نیز در این معادلات وارد شده است که منجر به سوئیچینگ می‌شود. برای حل عددی این معادلات، روش‌های مختلف عددی برای یک تک نورون Hodgkin-Huxley مورد بررسی قرار گرفت و روش Runge-Kutta به دلیل دقت بالاتر استفاده شد.

شکل ۱، روش‌های عددی مختلف برای حل یک تک نورون Hodgkin-Huxley را در وضعیت‌ی که کانال سدیم و پتاسیم در نورون صفر فرض شده است، نشان می‌دهد.

$$C \left( \frac{dV_e}{dt} \right) = \quad (1)$$

$$I_{syn} + I_{ext}(t) - I_{mem}(V_e, n_e, h_e) - I_{AHP}(V_e, [Ca])$$

$$\frac{dn_e}{dt} = \Psi[\alpha n(V_e)(1 - n_e) - \beta n(V_e)n_e] \quad (2)$$

$$\frac{dh_e}{dt} = \Psi[\alpha h(V_e)(1 - h_e) - \beta h(V_e)h_e] \quad (3)$$

$$C \left( \frac{dV_i}{dt} \right) = I_{syn} + I_{ext}(t) - I_{mem}(V_i, n_i, h_i) \quad (4)$$

$$\frac{dn_i}{dt} = \Psi[\alpha n(V_i)(1 - n_i) - \beta n(V_i)n_i] \quad (5)$$

$$\frac{dh_i}{dt} = \Psi[\alpha h(V_i)(1 - h_i) - \beta h(V_i)h_i] \quad (6)$$

معادلات ۱ و ۴، معادلات اصلی حل نورون Hodgkin-Huxley برای نورون‌های تحریکی و مهاری هستند که در آن، ولتاژ دو سر غشای نورون، بر اساس جریان غشا، جریان سیناپتیک نورون و جریان تحریک خارجی به دست می‌آید. جریان  $I_{AHP}$  [Ca<sup>2+</sup>]-activated K<sup>+</sup> current] جریان فرایند بیولوژیک بر اساس کلسیم در نورون می‌باشد که در نوسان بین دو دریافت تأثیر دارد. این جریان، تنها در نورون‌های تحریکی اثر دارد و در معادله‌ی مربوط به نورون‌های مهاری دیده نمی‌شود. معادلات ۲، ۳، ۵ و ۶، معادلات کمکی برای حل معادلات اصلی هستند.

مدل‌سازی این پدیده استفاده می‌شوند، بر اساس مدل محاسباتی و یا بر اساس شبکه‌های عصبی می‌باشند (۸-۱۱).

بررسی و مدل‌سازی این پدیده، علاوه بر آن که شناخت مؤثری در سیستم پردازش بینایی در مغز ایجاد می‌کند، به منظور درک فرایند شناختی در مغز نیز مؤثر است. در این مطالعه، عملکرد سوئیچینگ (Switching) بین دریافت چشم چپ و راست تحت تأثیر فرایندهای بیولوژیکی که در سیناپس بین نورون‌ها اتفاق می‌افتد، مدل‌سازی شد و جنبه‌ی تجربی و روان‌شناختی این پدیده بازسازی گردید.

## روش‌ها

در این مدل، یک شبکه از نورون‌های نوع Hodgkin-Huxley ارائه می‌شود. این شبکه، شامل نورون‌های Hodgkin-Huxley از نوع تحریکی و مهاری است که در یک معماری مشابه معماری قشری مغز در نظر گرفته شده‌اند (۱۲). برای هر یک از نورون‌ها، یک جهت پیش‌فرض در نظر گرفته شده است و اتصالات بین نورون‌ها به این ترتیب است که با یک تابع گوسی که توانش اختلاف جهت‌های پیش‌فرض دو نورون است، سلول‌های تحریکی به هم و سلول‌های مهاری به هم وصل شده‌اند (۱۳) و همچنین، بین سلول‌های تحریکی به مهاری و مهاری به تحریکی نیز یک اتصال با چنین تابع گوسی برقرار است. این نورون‌ها، از هر دو چشم ورودی دریافت می‌کنند و از آن جایی که به صورت انتخاب جهت هستند و به گونه‌ای تنظیم شده‌اند که یک جهت پیش‌فرض برایشان در نظر گرفته شده است، زمانی که جهت پیش‌فرض به ورودی نورون‌ها برسد، در شرایط بیشینه تحریک می‌شوند.

در یک مدل ساده از این شبکه، دو محرک اعمال شده به دو چشم را خطوط جهت‌دار در نظر می‌گیریم. زمانی که خطوط با یک جهت مشخص اعمال می‌شود، شبکه، ورودی را با این جهت مشخص دریافت می‌کند و آن نورون‌هایی که با آن هم‌جهت هستند و با یکدیگر اتصال محلی دارند، در وضعیت بیشینه تحریک می‌شوند و توزیع تأثیر آن‌ها برای نورون‌های با جهت پیش‌فرض متفاوت به صورت توزیع گوسی کاهش می‌یابد. زمانی که دو محرک با دو جهت متفاوت ارائه می‌شود، شبکه قادر نیست که نورون‌های هر دو جهت را به صورت بیشینه فعال کند و در نتیجه، فعالیت دو مجموعه‌ی نورونی به صورت رقابتی در می‌آید و شکل تناوبی به خود می‌گیرد.

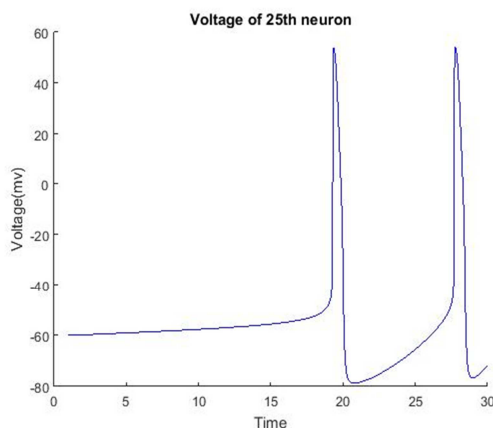
دو فرایند فیزیولوژی در نورون‌ها که موجب ایجاد سوئیچینگ در این پدیده می‌شوند، عبارت از پدیده‌ی تطبیق فرکانس ضربه (Spike frequency adaptation) و پس‌رانش سیناپتیک (Synaptic depression) (۱۴) می‌باشند. فرایند تطبیق فرکانس ضربه، این سوئیچینگ را در مقیاس زمانی جریان ایجاد کننده‌ی

## یافته‌ها

در نوساناتی که بین دریافت دو محرک اتفاق می‌افتد، سطح آستانه برای تغییر وضعیت بین دو دریافت، یک متغیر تصادفی است و برای هر دریافت، یک مقدار ثابت نیست. بنابراین، زمان دو دریافت متوالی یک محرک یکسان نیست. با اجرای مدل در یک مدت زمان طولانی و با در نظر گرفتن زمان دریافت یکی از دو محرک در یک دوره از نوسانات، توزیع زمان غلبه‌ی آن محرک منطبق بر توزیع گاما به دست آمد و هیستوگرام آن بر روی تابع توزیعی با رابطه‌ی ۸ منطبق شد (λ: عامل مقیاس).

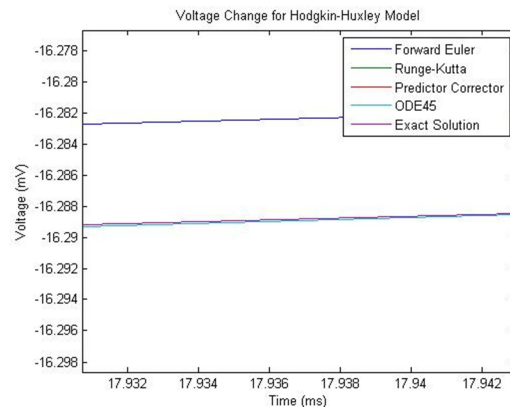
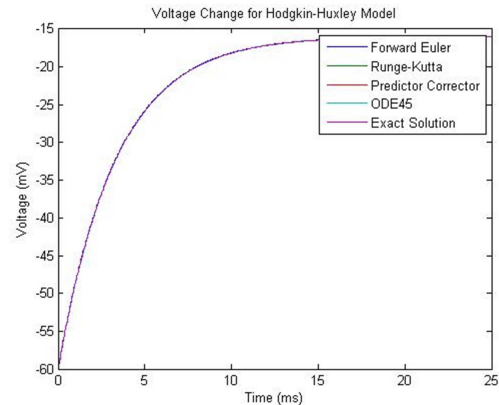
$$f(t) = \frac{\lambda}{3!(\lambda t)^3 e^{-\lambda t}} \quad (8)$$

به دلیل شکل گوسی جریان تزریقی به شبکه و همچنین، توزیع گوسی جریان سیناپتیک نورون‌ها، هر یک از نورون‌های شبکه با نرخ فرکانسی متفاوتی تحریک می‌شوند و شروع به فعالیت می‌کنند. برای نمونه، ولتاژ خروجی نورون ۲۵ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. فعالیت تحریکی نورون ۲۵ به صورت تابعی از زمان

با مدل نوروئی که در این مدل استفاده شده است، فعالیت بین نورون‌های ۲۵ و ۷۵ متمرکز شده است. چنانچه سایت نوروئی ۲۵ فعال شود، این فعالیت مانع می‌شود که سایت نوروئی مربوط به نورون ۷۵ نیز هم‌زمان فعال شود و در چنین حالتی، جریان مؤثر در فرایند تطبیق فرکانس ضربه در محل سایت نوروئی ۲۵ شروع به افزایش می‌کند و در محل سایت نوروئی ۷۵ کاهش پیدا می‌کند تا زمانی که این تطبیق جریان متوقف می‌شود. این بار، سایت نوروئی مربوط به نورون ۷۵ فعال می‌شود و سایت نوروئی مربوط به نورون ۲۵ غیر فعال می‌شود و این چرخه هر بار تکرار می‌گردد و پدیده‌ی سوئیچینگ رخ می‌دهد. شکل ۳، پدیده‌ی سوئیچینگ بین دو نورون را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نمایش تفاوت روش‌های مختلف عددی برای حل یک تک نورون

برای شبیه‌سازی این شبکه، از نرم‌افزار Matlab R2015a استفاده شد و شبکه‌ای شامل ۱۰۰ نورون تحریکی و ۱۰۰ نورون مهارتی در نظر گرفته شد. از آن جایی که هر نورون با جهت پیش فرض خود برچسب گذاری می‌شود، افزایش تعداد نورون‌ها امکان نوسان بین زوایای کمتر را فراهم می‌کند، اما به دلیل حجم محاسبات بالا در حل معادلات ریاضی نورون‌ها، در افزایش این تعداد محدودیت وجود دارد. برای اعمال محرک خارجی، در وضعیتی که در آن دو چشم با خطوط متعامد مواجه می‌شوند، در دو محل در شبکه‌ی اطراف، نورون‌هایی که جهت پیش فرضشان ۹۰ درجه متفاوت است، جریان تزریق گردید و عملکرد شبکه مورد بررسی قرار گرفت. قابل ذکر است که در این مدل، با تزریق جریان در محل نورون‌ها، می‌توان خطوط با زوایای مختلف را مورد بررسی قرار داد. خطوط متعامد تنها به دلیل وضوح بیشتر در نتیجه مورد بررسی قرار گرفته است. ساختار مکانی این جریان به صورت گوسی است.

$$I(i) = 0.4 \left[ \exp \left( - \left( \frac{20(i - \frac{N}{4})}{N} \right) \right) + \exp \left( - \left( \frac{20(i - \frac{3N}{4})}{N} \right) \right) \right] - 0.01 \quad (9)$$

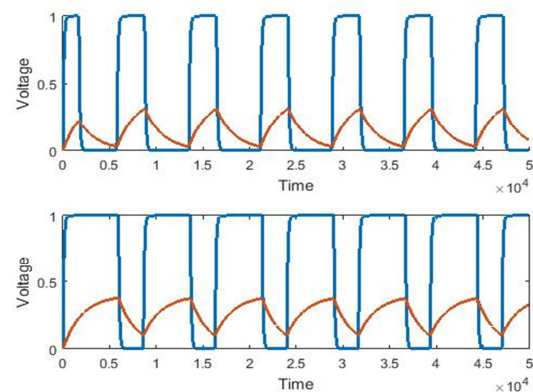
جدول ۱. مقایسه‌ی روش‌های مختلف عددی برای حل یک نورون

Hodgkin- Huxley	
میانگین خطا	روش
۰/۰۳۴۹۸۴	Forward Euler
۰/۰۰۰۰۰۰۱۰۱۵۵	Runge-Kutta
۰/۰۰۰۰۰۰۰۱۲۰۰۴	Predictor Corrector
۰/۰۰۰۳۰۰۳۶	ODE45

### بحث

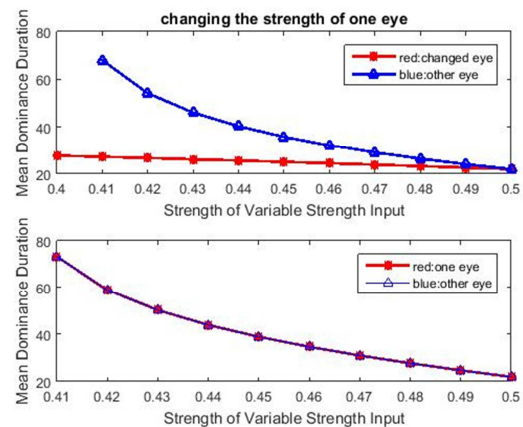
در مدل‌سازی از این پدیده، رویکردهای متفاوتی وجود دارد. برخی روش‌ها، فرایندهای بیولوژیکی را که منجر به این پدیده می‌شوند، در نظر نمی‌گیرند و بر اساس مشخصه‌های آماری نوسانات رقابت، مدل‌سازی را انجام می‌دهند. در رویکردی دیگر، بر اساس دو کانال تک چشمی، مسیر عصبی این پدیده در نظر گرفته می‌شود و با رویکردهای متفاوتی سعی بر مدل‌سازی این کانال‌های تک چشمی می‌شود. از آن جایی که نوسان در این پدیده بر اثر یک اتفاق فیزیولوژیکی صورت می‌گیرد، مدل کردن پدیده بر اساس دینامیک عصبی فرایندهای بیولوژیکی مؤثر در نوسان، به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود و مطالعات اخیر، در زمینه‌ی مدل‌سازی این پدیده، با توجه به این رویکرد صورت می‌گیرد. مدل‌هایی که بر اساس نورون اسپایکینگ و یا بر اساس مدل نرخ تحریک نورون‌ها پایه‌گذاری شده‌اند، سعی در مدل کردن این پدیده با این رویکرد دارند. مدل ارائه شده در این پژوهش، رقابت بین دو چشم و رقابت بین دو محرک، را با هم در نظر می‌گیرد و رقابت دینامیکی پدیده به طور عمومی مدل‌سازی می‌گردد.

نتایج حاصل شده از این مطالعه، با تئوری‌هایی که در زمینه‌ی این پدیده مطرح است، هم‌خوانی بیشتری دارند و از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار می‌باشند. از آن جایی که در ارزیابی مدل‌های ارائه شده برای این پدیده، از نتایج Levelt و این که مدل ارائه شده تا چه حد می‌تواند این نتایج را پوشش دهد، استفاده می‌شود، می‌توان ادعا کرد که این مدل، با توجه به این که تمامی نتایج Levelt را پوشش می‌دهد، مدل کاملی است. مدل‌های دیگری که در زمینه‌ی رقابت دو چشمی مطرح شده‌اند، حساسیت کمتری نسبت به تغییر قدرت محرک ورودی دارند و هر کدام، جنبه‌ی خاصی از پدیده را مدل می‌کنند. این مدل، با توجه به فیزیولوژی قشری مغز، این پدیده را مدل کرده است و نسبت به سایر مدل‌هایی که با این رویکرد مدل‌سازی شده‌اند، تعداد نورون‌های بیشتری را در نظر گرفته است و بسیاری از ویژگی‌های پدیده‌ی رقابت دو چشمی را تبیین می‌کند. تابع توزیع دوره‌ی زمان غلبه، این پدیده را به همان شکلی بازسازی می‌کند که در آزمایش‌های تجربی از شخص مشاهده‌گر به دست



شکل ۳. نوسان بین فعالیت دو نورون

با ثابت نگاه داشتن قدرت محرک اعمال شده به یک چشم و تغییر قدرت محرک دیگر، این نتیجه حاصل شد که تغییر قدرت محرک یک چشم تنها بر روی زمان غلبه‌ی چشم طرف دیگر تأثیر دارد و بر روی زمان غلبه‌ی همان چشم تأثیری ندارد. به عبارتی، افزایش قدرت محرک اعمال شده به یک چشم، زمان دوره‌ی غلبه در چشم دیگر را کاهش می‌دهد و چنانچه قدرت هر دو محرک ورودی به طور موازی افزایش یابد، متوسط زمان غلبه کاهش می‌یابد. نتیجه‌ی تغییر قدرت محرک اعمال شده به یک چشم بر روی زمان دوره‌ی غلبه‌ی هر دو چشم و اثر افزایش قدرت هر دو محرک بر روی متوسط زمان دوره‌ی غلبه در شکل ۴ آمده است.



شکل ۴. اثر تغییر قدرت محرک اعمال شده به یک چشم بر روی زمان دوره‌ی غلبه‌ی هر دو چشم و اثر افزایش قدرت هر دو محرک بر روی متوسط زمان دوره‌ی غلبه

در بررسی مدل تک نورون Hodgkin-Huxley و انتخاب روش Runge-Kutta جدول ۱ نتایج دقت روش‌های مختلف را نشان می‌دهد.

را کاهش می‌دهد.

می‌آید و نشان می‌دهد که بین طول دو دوره‌ی زمان غلبه‌ی متوالی، هیچ وابستگی وجود ندارد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی به شماره‌ی ۳۹۴۲۰۶ می‌باشد که در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شده است.

همچنین، توسط این مدل مشاهده شد که تغییر قدرت محرک یک چشم تنها بر روی دوره‌ی زمان غلبه‌ی چشم دیگر اثر دارد و بر روی دوره‌ی زمان غلبه‌ی همان چشم اثری ندارد و افزایش قدرت هر دو محرک ورودی به طور موازی، متوسط دوره‌ی زمان متوسط غلبه

### References

1. Alais D, Cass J, O'Shea RP, Blake R. Visual sensitivity underlying changes in visual consciousness. *Curr Biol* 2010; 20(15): 1362-7.
2. Blake R. A Primer on binocular rivalry, including current controversies. *Brain and Mind* 2001; 2(1): 5-38.
3. Levelt WJM. The alternation process in binocular rivalry. *Br J Psychol* 1966; 57(3-4): 225-38.
4. Brascamp JW, Klink PC, Levelt WJ. The 'laws' of binocular rivalry: 50 years of Levelt's propositions. *Vision Res* 2015; 109(Pt A): 20-37.
5. Blake R, Logothetis N. Visual competition. *Nat Rev Neurosci* 2002; 3(1): 13-21.
6. Blake R. A neural theory of binocular rivalry. *Psychol Rev* 1989; 96(1): 145-67.
7. Tong F, Meng M, Blake R. Neural bases of binocular rivalry. *Trends Cogn Sci* 2006; 10(11): 502-11.
8. Lehky SR. An astable multivibrator model of binocular rivalry. *Perception* 1988; 17(2): 215-28.
9. Freeman AW. Multistage model for binocular rivalry. *J Neurophysiol* 2005; 94(6): 4412-20.
10. Dayan P. A hierarchical model of binocular rivalry. *Neural Comput* 1998; 10(5): 1119-35.
11. Said CP, Heeger DJ. A model of binocular rivalry and cross-orientation suppression. *PLoS Comput Biol* 2013; 9(3): e1002991.
12. Kilpatrick Z, Bressloff P. Binocular rivalry in a competitive neural network with synaptic depression. *SIAM J Appl Dyn Syst* 2010; 9(4): 1303-47.
13. Wilson HR. Computational evidence for a rivalry hierarchy in vision. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003; 100(24): 14499-503.
14. Laing CR, Chow CC. A spiking neuron model for binocular rivalry. *J Comput Neurosci* 2002; 12(1): 39-53.

## Binocular Rivalry Model Based On Hodgkin-Huxley Neuron

Mitra Khaleghian<sup>1</sup>, Alireza Mehri<sup>2</sup>, Reza Rasti<sup>3</sup>

### Original Article

#### Abstract

**Background:** When two eyes are faced with two completely different sights, corresponding areas of the two eyes retina triggered with entirely two different stimulus and instead of receiving a fixed and stable image of two stimulus, brain perceive the alternation of the two images. This phenomenon is known as an intelligent tool to study cognitive processes.

**Methods:** Taking a network of excitatory and inhibitory Hodgkin-Huxley type neuron in network architecture of visual cortex, the behavior of coupled spiking neuron in cortical brain that have a direct effect on the emergence of this phenomenon was modeled. To evaluate the performance of this model, direction lines as the two stimuli were applied to the eyes.

**Findings:** Rebuilding the predominance time of each eye, and independence between the two successive dominance times were reported by this model. In addition, the effect of changes in the stimulus applied to each of the two eyes was studied and it was figured out that applied changing stimulus strength to one eye was affected only on dominance time of the other eye. Besides, increasing stimulus strength of both eyes decreased mean dominance time.

**Conclusion:** Obtained results of this model were consistent with known experimental result for this phenomenon and many of dynamics features of this phenomenon reconstructed. Discussed theories in this field were also confirmed.

**Keywords:** Binocular rivalry, Hodgkin-Huxley neuron, Stimulus time dominance

**Citation:** Khaleghian M, Mehri A, Rasti R. **Binocular Rivalry Model Based On Hodgkin-Huxley Neuron.** J Isfahan Med Sch 2016; 34(404): 1256-61.

1- MSc Student, Department of Biomedical Engineering AND Student Research Committee, School of Advanced Medical Technology, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Professor, Department of Biomedical Engineering, School of Advanced Medical Technology AND Medical Image and Signal Processing Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- PhD Student, Department of Biomedical Engineering, School of Advanced Medical Technology, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Alireza Mehri, Email: mehri@med.mui.ac.ir