

عنوان طرح:

بررسی تعامل flash lag effect با sound-induced flash illusion و
apparent motion برای مطالعه مکانیزم های مغز برای پردازش اطلاعات بینایی و
شنوایی

پژوهشگر:

محمد مهدی کورانی فر

دبیرستان علامه حلی (1) تهران

استاد راهنما:

جناب آقای مهندس پویا پاکاریان

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست

4.....	چکیده طرح
5.....	مقدمه
6.....	مفاهیم اولیه
8.....	بیان مسئله
19.....	آزمایش
22.....	تحلیل داده و نتیجه گیری
32.....	منابع

چکیده طرح

این کار پژوهشی تلاش میکند که برخی مکانیزم های مغز ما برای تحلیل داده هایی که از دنیای اطراف دریافت می کند را روشن کند. در این راه از 3 پدیده (illusion) flash lag effect و sound-induced flash illusion و apparent motion و برهم کنش آن ها بهره میگیریم به این شکل که امتحان می کنیم که آیا flash lag effect در ترکیب با sound induced flash illusion یا در ترکیب با apparent motion چگونه اتفاق می افتد. در مورد sound induced flash illusion از قبل می دانستیم که فعالیت سیستم شنوایی می تواند فعالیت سیستم بینایی را تغییر دهد. ما شرایطی را پیدا کرده ایم که نشان می دهیم این تغییرات به صورت Postdiction (بازنگری گذشته) صورت می گیرد. آن شرایط برهم کنش sound induced flash illusion و flash lag effect است؛ و نتایج همراه با تئوری Postdiction که قبلا برای flash lag effect پیشنهاد شده بود در یک خانواده قرار می گیرد. در یک آزمایش دیگر ما نشان داده ایم که flash lag effect برای apparent motion رخ نمی دهد که می توان آن را با مکانیزم های Differential latency (تاخیر های متفاوت) توضیح داد. در مجموع ما پیشنهاد می کنیم که یک پدیده واحد مثل flash lag effect می تواند توسط چندین مکانیزم در مغز ایجاد شود که بسته به شرایط ممکن است اثر یکی از آن ها بیشتر از دیگری قابل مشاهده باشد.

مقدمه

امروزه بشر در حال تلاش برای به دست آوردن اطلاعات جامع و دقیقی از کارکرد مغز است. بسیاری از توانایی های مغز هنوز کشف نشده اند و بعضی از آن ها هم که قبلا رویشان کار شده است، همچنان ناکافی است و نیاز به پژوهش های بیشتری دارد. علاوه بر این پدیده های دیگری در رابطه با مغز هستند که کشف شده اند اما دانشمندان بر سر توجیه آن پدیده ها هم به هم اختلاف دارند.

ما در تلاش هستیم که با به کار گیری روش مناسب، اطلاعاتی دقیق و صحیح درباره طرز ادراک مغز به دست آوریم. استفاده از Illusion ها از یکی بهترین روش های ممکن متناسب با شرایط ما برای مطالعه درباره مغز است. Illusion ها در واقع درک اشتباه ما از محرک های حسی دنیا اطرافمان اند. هر کدام از آن ها یک سری از حواس ما را به چالش می کشاند. و مطالعه آن ها، به ویژه مطالعه تعاملات آن ها، درک بهتری در مورد کارکرد مغز به ما می دهد.

مزیت Psychophysics؟

استفاده از illusion ها برتری های قاطعی نسبت به سایر روش های کسب اطلاعات از مغز (fMRI, EEG, ...) را دارا هستند:

- 1- هزینه کمتر: تنها ابزار لازم برای ساختن و جمع کردن داده از تست های ما، یک کامپیوتر است.
- 2- بدون عارضه: کسانی که این تست ها را می دهند، عوارضی پیدا نمی کنند و از این رو، داوطلب ها هم راحت تر یافت می شوند.
- 3- انجام پذیر در هر جا: برای جمع آوری داده، تنها یک کامپیوتر لازم است و بنابراین در هر مکان و زمان این امر میسر است.

Visual pathways

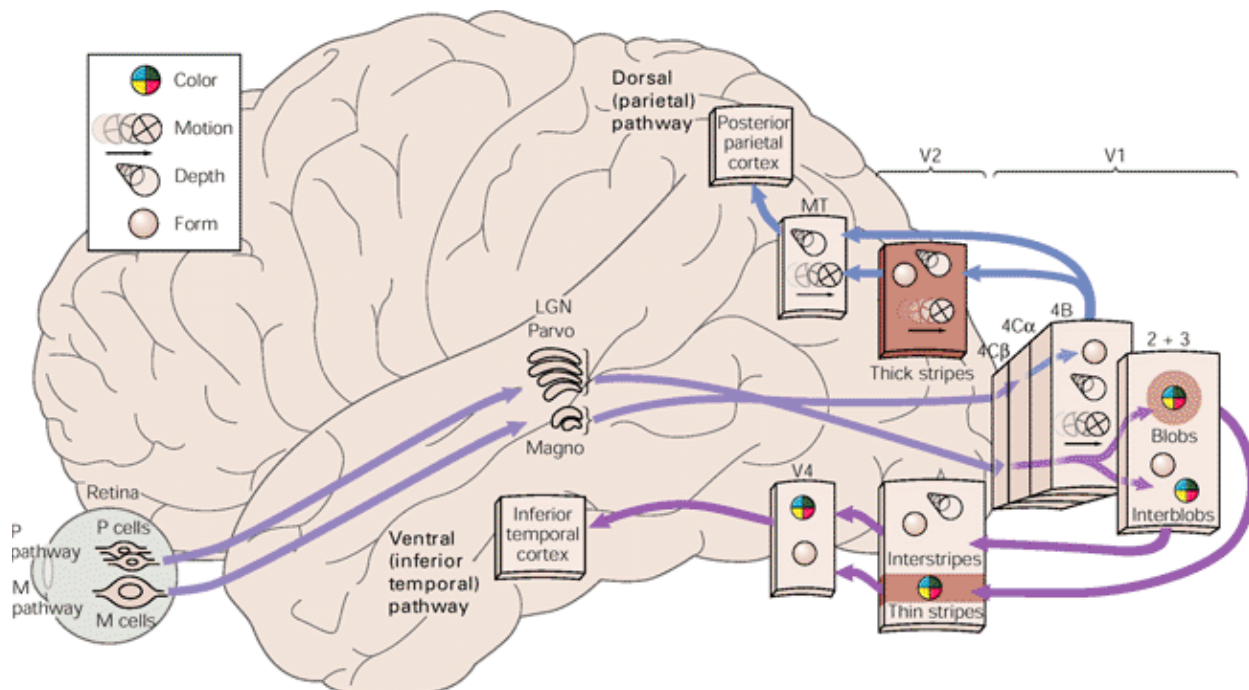
مغز انسان برای درک پدیده های بصری 2 جریان دارد:

1- Dorsal Stream:

این مسیر از لب پس سری مغز آغاز شده، از لب های گیجگاهی میانی (Middle Temporal) عبور کرده و در بخش پسین لب های آهیانه ای پایان می یابد. این مسیر در کل مسئول درک موقعیت و حرکت اجسام می باشد. در واقع خصوصیتی از جمله محل جسم، عمق، نوع حرکت و ... را تحلیل می کند.

2- Ventral Stream:

این بخش از مسیر درک بینایی مسئول تحلیل داده ها درباره شکل ظاهری اجسام است؛ خصوصیتی مانند رنگ، شکل هندسی، ضخامت، حاشیه ها و ... این مسیر از لب پس سری (همان جایی که Dorsal Stream آغاز می شود) شروع می شود و تا بخش پایین لب های گیجگاهی ادامه دارد.



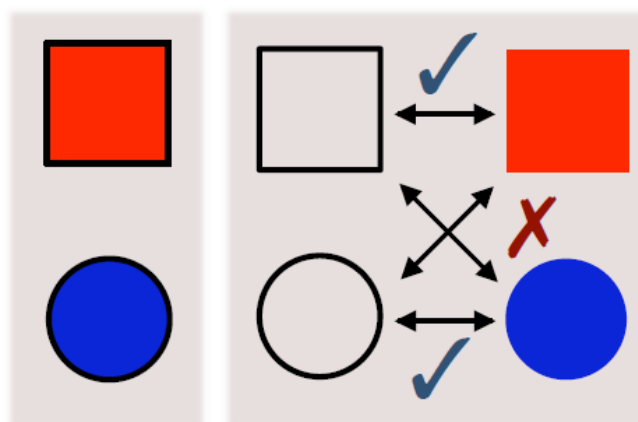
Visual pathways in brain. Image from Martin Paré at Queens University
(brain.phgy.queensu.ca/pare/assets/Higher%20Processing%20handout.pdf)

البته اینکه Dorsal pathway و Ventral pathway از V1 شروع می شوند به این معنی است که آن جا از هم جدا می شوند. همانطور که در شکل می بینید از همان اول مسیر بینایی (شبکیه) فیبر هایی که به این 2 مسیر می روند تحت عنوان Parvocellular و Magnocellular از هم جدا هستند.

Binding Problem

این موضوع یکی از مباحث مهم در علم نوروساینس می باشد. این مبحث به روش Bind کردن اطلاعات پردازش شده توسط مغز می پردازد.

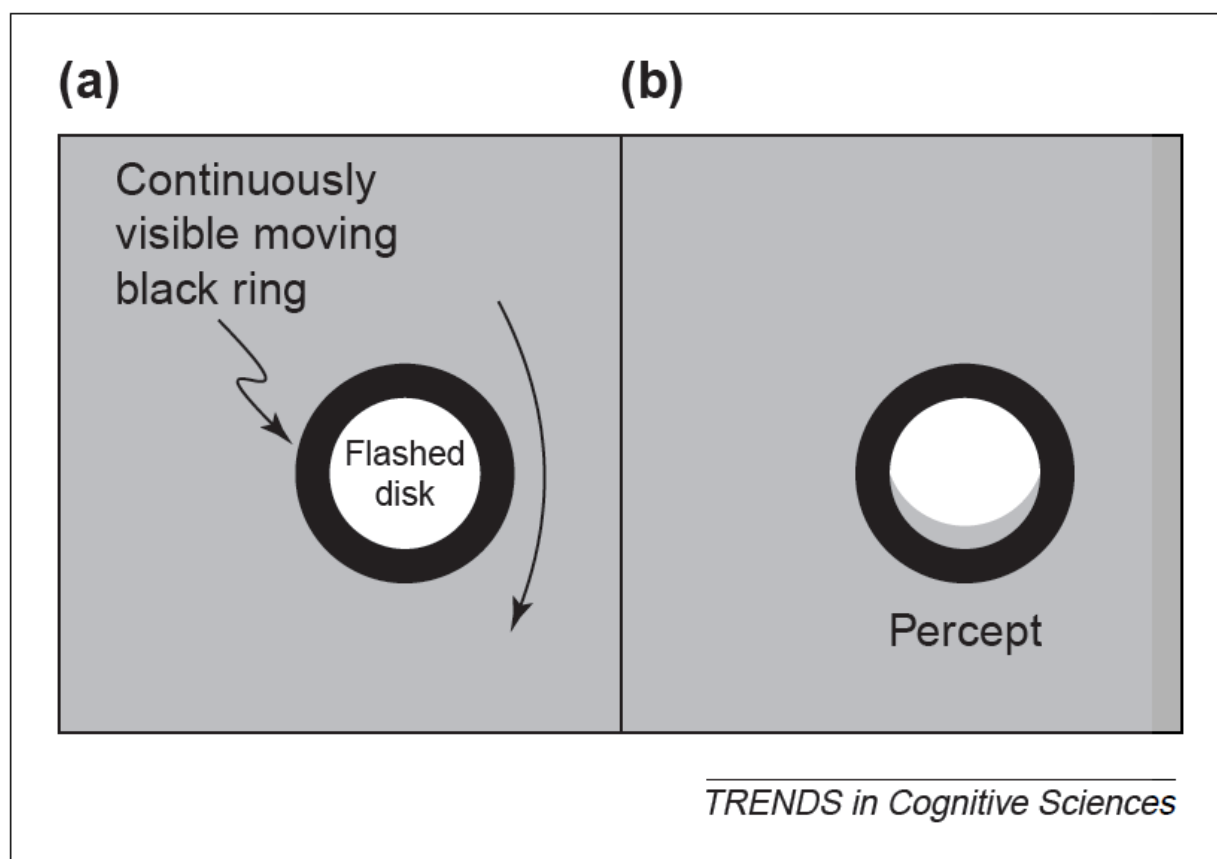
سیستم بینایی مغز انسان دارای دسته سلول هایی است که هر کدام برای پردازش یک خصوصیت مشخص تخصص یافته اند. مثلا داده های مربوط به "رنگ" اجسام را یکسری سلول پردازش می کنند حال آن که داده های مربوط به "شکل" اجسام در سلول هایی دیگر پردازش می شوند و... در نهایت لازم است که این اطلاعات دوباره در کنار هم قرار گیرند تا ما بفهمیم که کدام رنگ متعلق به کدام جسم بود.



تحقیقات ما به بررسی مکانیزم های مغز در Binding Problem مربوط می شود

Flash lag effect

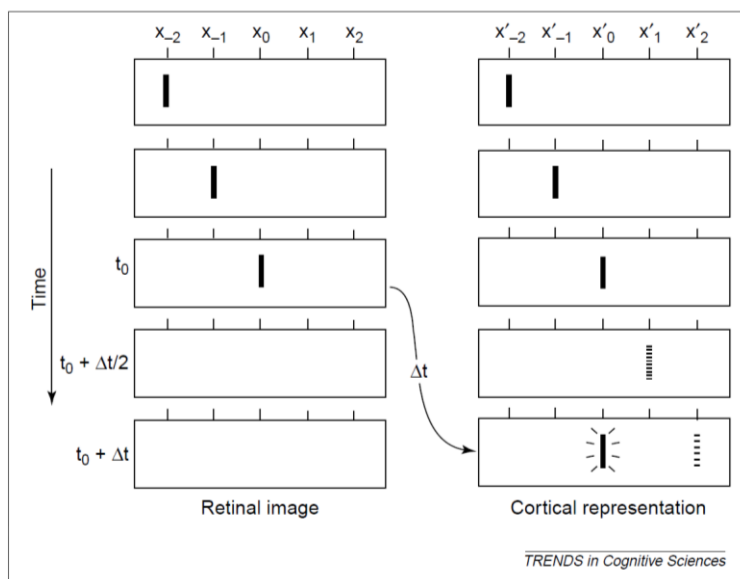
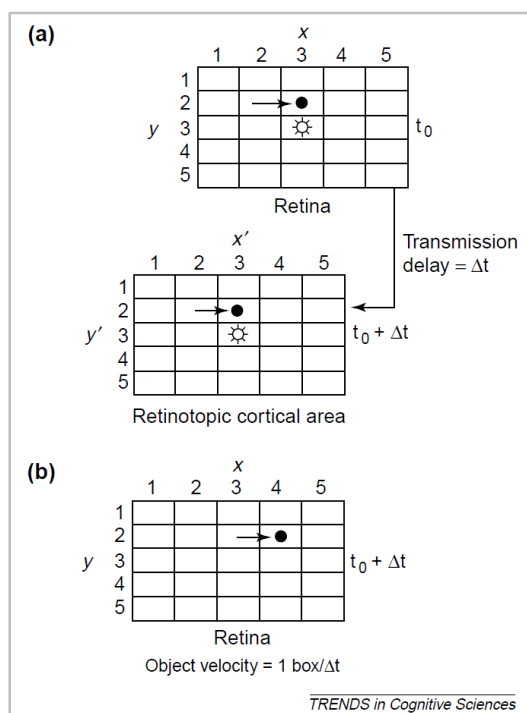
طی این خطای دید، یک حلقه گرد حول یک دایره در حال گردش است و گاهی اوقات رنگ درون حلقه یک دایره سفید رنگ در یک لحظه نمایان شده و بعد ناپدید می شود. این شکل نشان دهنده ی 3 فریم متوالی از این Illusion است که در آن فلش هم مشاهده می شود.



و اما تئوری های مطرح درباره ی این خطای دید:

1- Prediction (Romi Nijhawan, Professor at Duke University in USA):

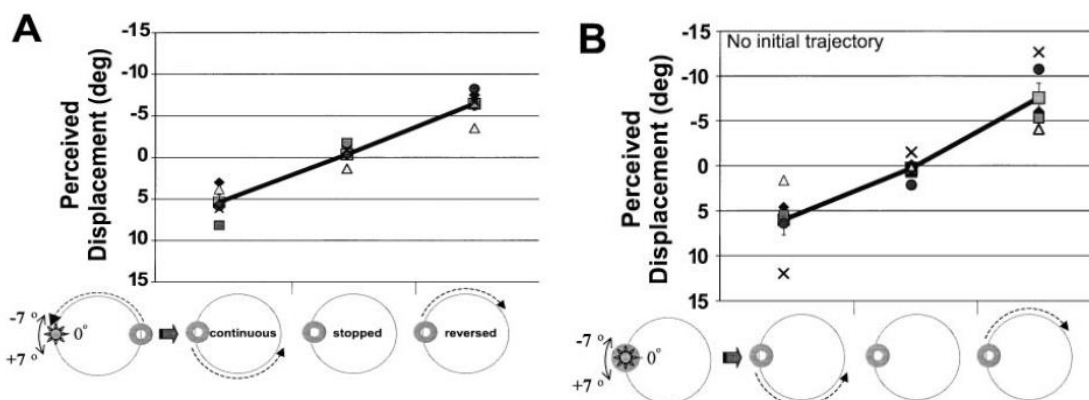
"زمان حال" و "درک ما از زمان حال" لزوماً با هم یکی نیستند؛ زیرا مدت زمان کوتاهی طول می کشد تا پیام عصبی مربوط به آنچه که در زمان حال جلوی چشم ما قرار دارد، در مغز ما پردازش شود و توسط ما درک شود. از این رو ما همواره مدت زمان کوتاهی، "حال" را دیرتر درک می کنیم. اما در پدیده هایی که دارای الگو مشخصی هستند، مغز سعی می کند که اتفاقاتی که می خواهند رخ بدهند را پیش بینی (Prediction) کند و با این ترفند مغز، ما می توانیم این پدیده ها را در زمان حال واقعی درک کنیم. در این Illusion حرکت دیسک یک الگو قابل پیش بینی دارد. بنابراین مغز آن را در مکانش در زمان حال درک می کند اما فلش ما که الگو قابل پیش بینی ندارد به همان مقدار تأخیری درک می شود که مربوط به انتقال و پردازش پیام در مغز ماست؛ و این پدیده باعث می شود که فلش را عقب تر از دیسک ببینیم.



2- Postdiction (David Eagleman, Terrence Sejnowski, Professor at the University of Texas):

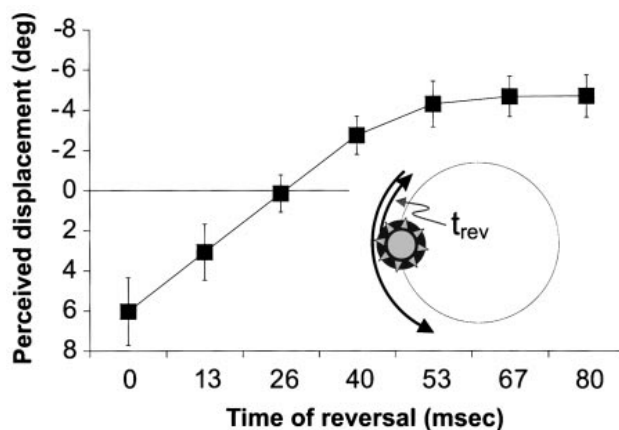
آن‌ها نشان دادند که دیده شدن Flash lag effect به اتفاقات بعد از فلش بستگی دارد. آن‌ها ابتدا برای رد کردن تئوری Prediction تستی طراحی کردند که در آن حرکت جسم متحرک را تا قبل از وقوع فلش برداشتند به این معنی که وقوع فلش و شروع حرکت متحرک را همزمان کردند. آن‌ها Flash lag effect کلاسیک (که حرکت متحرک به وضوح قبل از فلش شروع می‌شود) را در 3 حالت بررسی کردند:

- 1- حرکت بعد از وقوع فلش ادامه پیدا کند
- 2- حرکت در لحظه‌ی وقوع فلش پایان یابد
- 3- حرکت در لحظه‌ی وقوع فلش برعکس شود



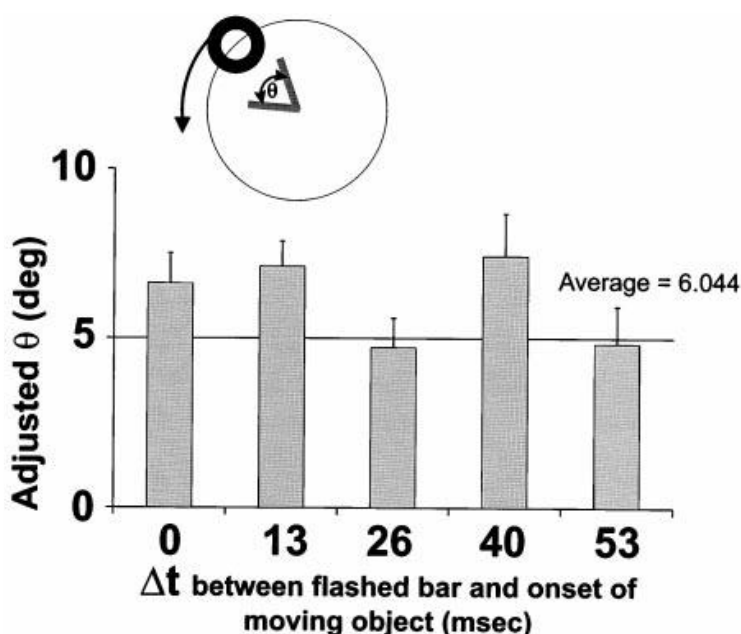
نتایج به دست آمده در شکل بالا و در شکل A آمده اند. سپس همین 3 حالت را برای تست خود (Flash initiated cycle) بررسی کردند؛ نتایج این تست‌ها در شکل B نشان داده شده. ستون‌های داده‌ها از چپ به راست به ترتیب متعلق به حالت‌های 1 تا 3 هستند. هر علامت (ضربدر، مثلث، دایره و ...) بیانگر یک داده است که نشان دهنده‌ی زاویه انحراف فلش از متحرک است که توسط افراد مورد آزمایش گزارش شده. نتایج به دست آمده با تقریب خوبی یکسان هستند و نشان دادند که حرکت جسم متحرک تا قبل از وقوع فلش بر نتایج تأثیری ندارد.

پس از تمام این تستها، پرفسور Eagleman و همکاران آن تستی را که در آن متحرک جهت حرکتش عوض می شد را پیچیده تر کردند. تا پیش از آن، جهت حرکت متحرک فقط در همان لحظه فلش ممکن بود عوض شود. اما در این تست جدید یک متغیر جدید به تست اضافه شد: معکوس شدن جهت حرکت متحرک میتوانست چندین لحظه (تا 80 هزارم ثانیه) بعد از وقوع فلش نیز به وقوع بپیوندد



نتایج این تست به ما نشان می دهد که حرکت جسم متحرک تا 80 میلی ثانیه بعد از وقوع فلش برای درک Flash lag effect لازم است.

همچنین آن‌ها آزمایش FIC (Flash initiated cycle) خود که در آن، حرکت متحرک همزمان با فلش شروع می‌شد را نیز پیچیده‌تر کردند به این صورت که بعد از وقوع فلش، حرکت با مدت زمانی تاخیر که از صفر الی 53 هزارم ثانیه متغیر بود شروع می‌شد.



نتایج نشان داد که صرف نظر از میزان تاخیری که به جسم داده شده است، میزان عقب دیده شدن فلش، تقریباً میزان یکسان و معینی (6.044 درجه) عقب دیده می‌شود.

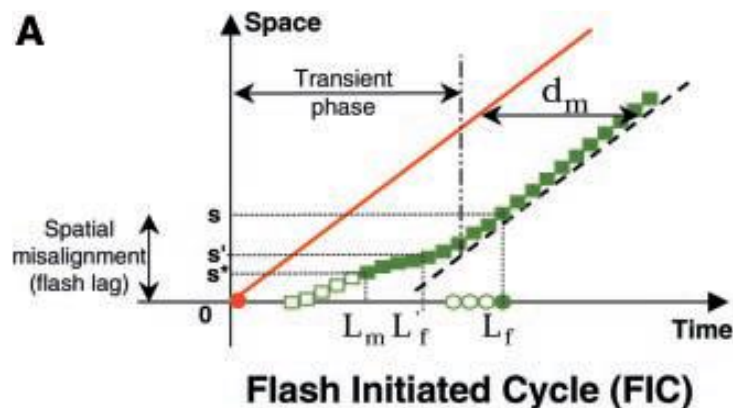
آن‌ها با استفاده از تست اخیر نشان دادند که تئوری Differential latency نمی‌تواند Flash lag effect را توضیح دهد چون هر میزان تفاوتی که در وقوع فلش و شروع حرکت ایجاد کردیم، در نتایج ما تغییری ایجاد نشد.

همچنین از FIC خود استفاده کردند و گفتند که تئوری Differential latency نمی‌تواند آن را توجیه کند چون در FIC وقوع فلش و شروع حرکت متحرک همزمان هستند و بنابراین باید به یک اندازه در درکشان تاخیر باشد در حالی که در FIC هم Flash lag effect دیده می‌شود.

3- Differential Latency (Saumil S. Patel, Haluk Ogmen, Harold E. Bedell, ... Department of Electrical & Computer Engineering College of Engineering University of Houston):

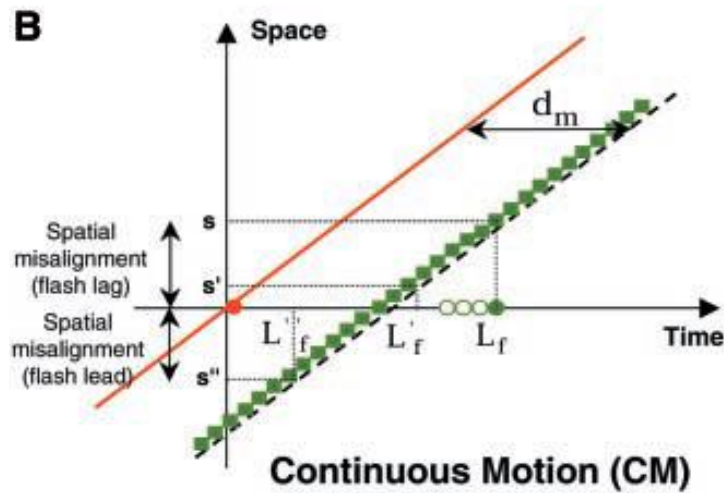
آن‌ها معتقدند که مدت زمانی که صرف انتقال اطلاعات از اعصاب محیطی به مغز می‌شود، تاخیری قابل توجه در درک تصاویری که بر شبکه می‌افتند ایجاد می‌کند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که Flash lag effect ناشی از اختلاف تاخیر در درک میان فلش و عقربه است تا اینکه به دلیل پیش‌بینی محل عقربه باشد.

آن‌ها به ادعای Eagleman و Sejnowski درباره FIC، اینگونه جواب دادند:



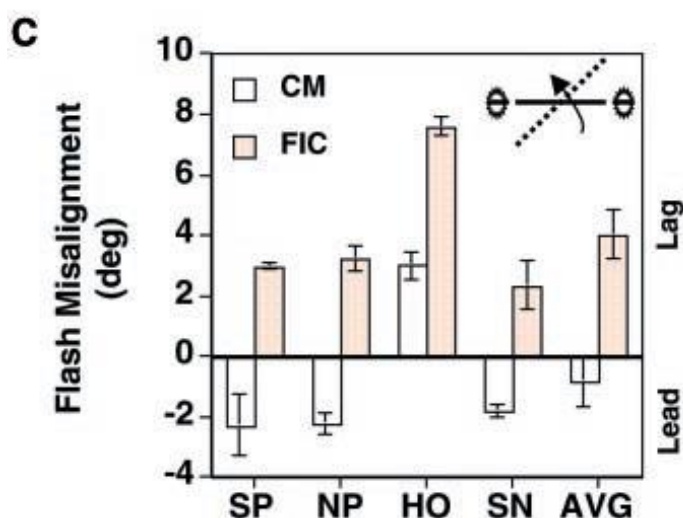
خط قرمز نشان دهنده ی تست است و نقطه ی ابتدای نشان دهنده ی لحظه ی وقوع فلش است. مربع ها و دایره ها به ترتیب نشان دهنده ی ادراک ما از جسم متحرک و فلش هستند. پس از مدتی بعد از وقوع فلش، میزان تاخیر در درک جسم متحرک به شرایط پایدار می رسد و این مرحله Transient phase نام دارد. زمانی که فلش درک می شود L_f است که در آن زمان متحرک ما در مکان S قرار دارد پس flash lag effect رخ می دهد.

در تست Flash lag effect کلاسیک نمودار به این شکل خواهد بود:



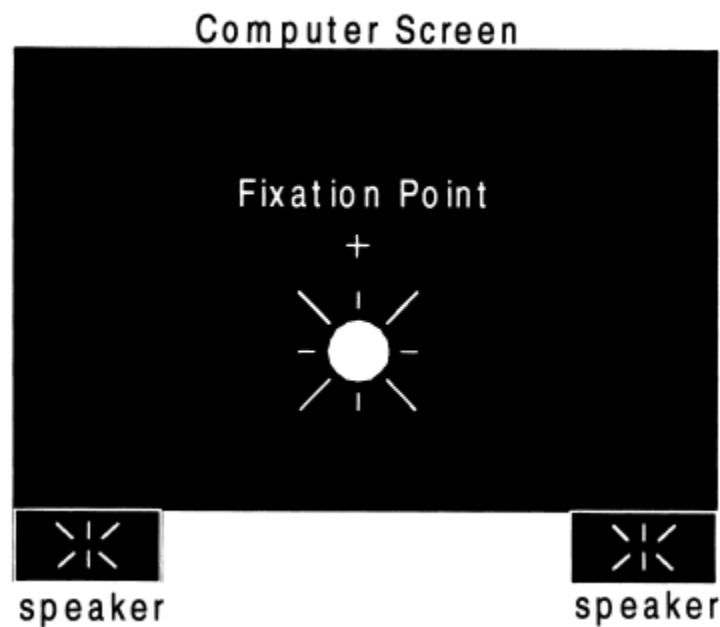
از قدیم، در مطالعاتی که هیچ ربطی به Flash lag effect نداشتند و بدون اینکه پیش بینی بشود که یافته هایشان برای توجیه Flash lag effect استفاده خواهد شد، دانشمندان دریافتند که تاخیر نوروئی به ویژگی متحرک بستگی دارد. مثلاً پیام عصبی مربوط به رنگی که در تصویر می بینیم، میزان تاخیر متفاوتی با حرکتی که در تصویر می بینیم دارد چون حرکت و رنگ در 2 مسیر جدا از هم درک می شوند. مثال دیگر این است که پیام یک فلش پرنور و یک فلش کم نور، با اینکه هردو از یک مسیر واحد به مغز می روند و پردازش می شوند، با سرعت های متفاوتی این مسیر مشترک را می پیمایند.

طرفداران نظریه Differential latency در Flash lag effect ، با استفاده از این نکته ی اخیر، با تغییر دادن شدت نور (لومینانس) فلش، میزان تاخیر در درک را تغییر دادند و دریافتند که با چنین کاری حتی می توان Flash lag effect را به Flash lead effect تبدیل کرد. در اینجا تست قبلا Transient phase خود را پشت سر گذاشته و وارد حالت پایدار شده است. در اینجا اگر ما تست مان را به گونه ای تغییر دهیم که فلش زود تر از جسم متحرک درک شود (با همان ایجاد تفاوت در لومینانس)، آن وقت زمان درک فلش جایی مانند L^*f قرار دارد و در این حالت Flash lead effect رخ داده است؛ چیزی که با توجه با تئوری Postdiction قابل توجیه نیست. آن ها نتایج خود را برای اثبات این حرف در نمودار زیر آورده اند.



Sound-induced Flash Illusion (Ladan Shams, Yukiyasu Kamitani and Shinsuke Shimojo at UCLA)

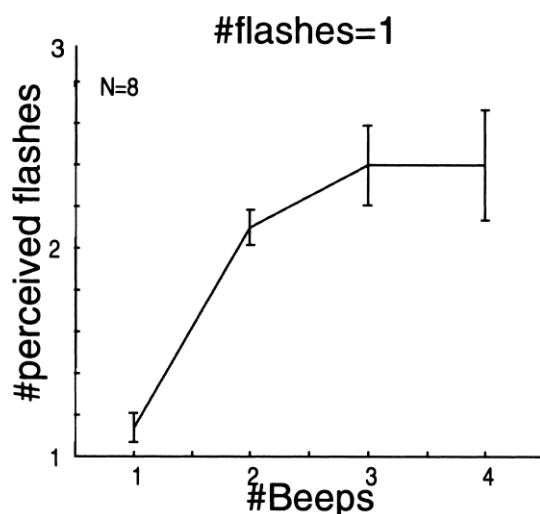
یک دیسک سفید بر روی یک پس زمینه ی سیاه رنگ برای یک لحظه نمایش داده می شود و سپس ناپدید می شود. تقریباً در همان زمان تعدادی صدای بیپ از بلندگو های زیر صفحه مانیتور پخش می شود.



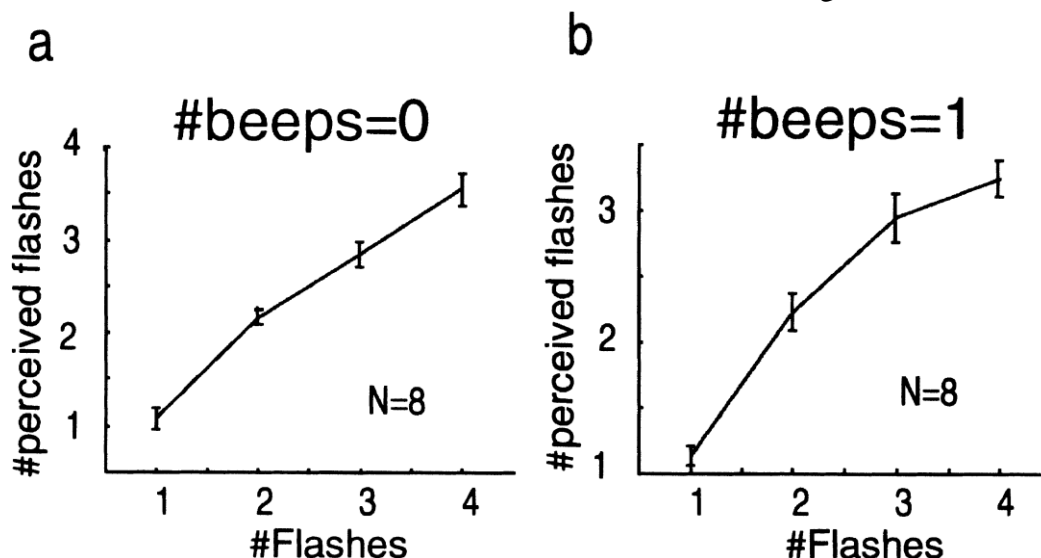
وقتی شما شاهد این پدیده هستید، احساس می کنید که دیسک را چند بار دیده اید.

پروفسور لادن شمس و همکارانش نشان دادند که وقوع این Illusion به دلیل تعامل های مستقیم میان حسی حس های شنوایی و بینایی است و از فرآیندهای عالی تر مغز (فرآیندهای مربوط به شناخت و توجه) ناشی نمی شود.

نتایج آن‌ها نشان داده است که وقتی یک فلش با چند صدای بپ همراه می‌شود، ادراک اما از تعداد فلش‌ها عوض می‌شود. با 2 بار صدای بپ ما 2 فلش می‌بینیم حتی اگر فقط یک فلش روی مانیتور ظاهر شده باشد



آن‌ها برای اینکه مطمئن شوند که تست شان آن قدر سخت نبوده که خود سیستم بینایی دچار اشتباه در شمارش فلش‌ها شود، این تست A را طراحی کردند:

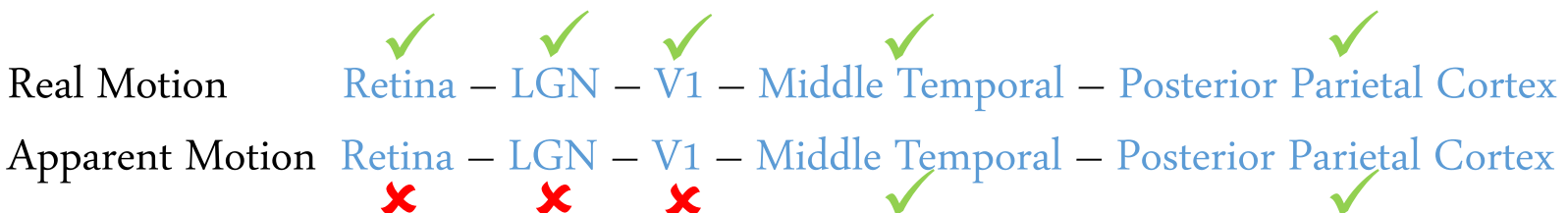


افراد در عدم حضور بپ به خوبی از پس شمارش فلش‌ها برآمده اند پس تست به اندازه کافی ساده است. همینطور برای اینکه مطمئن شوند که مغز ما تعداد بپ‌ها را نشمرده است و تعداد فلش‌ها شمرده شده است، تست B را طراحی کردند که در آن یک صدای بپ با چند فلش همراه شده و باز هم افراد تعداد درست فلش‌ها را گزارش کردند. بنابراین این یک Illusion است که در آن اطلاعات شنوایی اطلاعات بینایی را کنترل می‌کند.

Apparent motion

وقتی که چند تصویر ثابت را پشت سر هم نمایش دهیم، احساس می‌کنیم که تصاویر در حال حرکت هستند حال آن‌که حرکتی وجود ندارد. Apparent motion در مقابل Real motion قرار دارد و مکانیزم درک آن‌ها در مغز انسان با هم متفاوت است.

برای درک یک Real motion مغز انسان تمام مراحل Dorsal pathway را طی می‌کند. اما وقتی که یک Long-range Apparent motion درک می‌شود، نورون‌های استوانه‌ای حرکت یاب چشم (که سیستم Magnocellular را آغاز می‌کنند) حرکتی را حس نمی‌کنند؛ بنابراین وقتی که یک Real motion را می‌بینیم، سلول‌های حساس به حرکت در LGN و V1 فعال می‌شوند؛ اما در مورد Long-range Apparent motion اینطور نیست. به عبارت دیگر وقتی که تصویر یک جسم در حال Real motion است هم مسیر Magnocellular فعال می‌شود (برای کد کردن حرکت آن جسم) و هم مسیر Parvocellular برای کد کردن شکل آن جسم. اما وقتی که جسمی را در حالت LRAM (توالی چند تصویر ثابتش با زمانبندی مثلاً حدود نیم ثانیه برای هر تصویر) می‌بینیم، تنها مسیر Parvocellular که شکل جسم را کد می‌کند فعال می‌شود ولی مسیر Magnocellular (که به حرکت حساس است) فعال نمی‌شود. با اینحال هم Real motion و هم Apparent motion ناحیه V5 را فعال می‌کنند. ناحیه V5 (معادل ناحیه middle MT temporal) مسؤل اصلی درک حرکت در مغز است و آسیب به آن به طور اختصاصی درک حرکت را مختل می‌کند بدون اینکه درک چیزهای دیگر دچار اختلال شوند. ناحیه V5 در dorsal pathway قرار دارد و مستقیماً در ادامه مسیر Magnocellular است پس تعجبی ندارد که Real motion آن را فعال می‌کند. ولی سوال اینجاست که LRAM چگونه میتواند V5 را فعال کند در حالیکه مسیر Magnocellular در LRAM اصلاً تحریک نمی‌شود؟ جواب این است که: ناحیه V5 مغز از Ventral pathway نیز یک سری شاخه جانبی دریافت می‌کند که کمی از اطلاعات ventral pathway را به درون Dorsal pathway نشت می‌دهد و V5 از همان اطلاعات استفاده می‌کند و خود به خود پیام دیده شدن حرکت را تولید می‌کند و از این مرحله به بعد، فعالیت‌های نورونی مربوط به درک LRAM بیشتر شبیه درک Real motion می‌باشد.

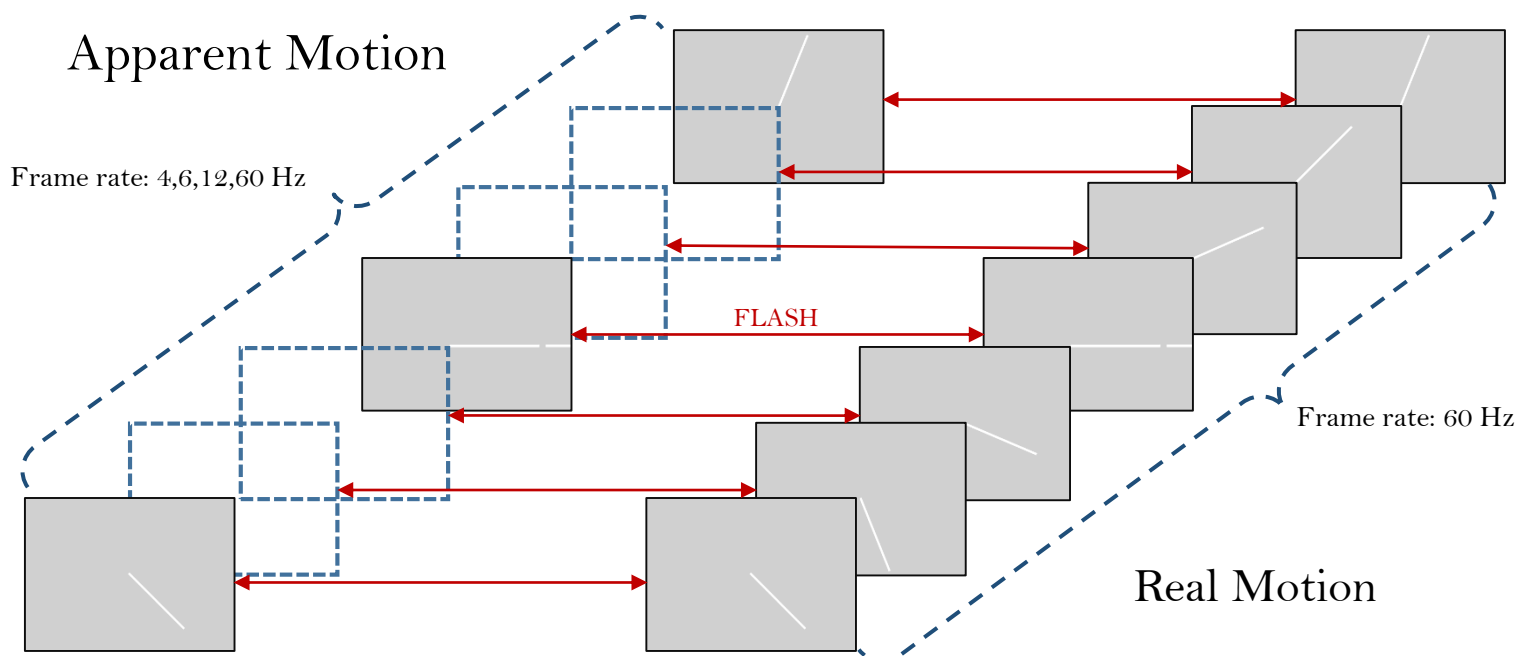


آزمایش

Flash lag effect & Apparent motion

به طور خلاصه اهمیت آزمایش اول ما این است که به مه مک می کند که بفهمیم کدام مکانیسم های سیستم "حرکت بین" مغز ما روی سیستم "مکان یاب" مغز ما طوری تاثیر دارد که سبب Flash lag effect شود؟ مکانیسم هایی که بین real motion و apparent motion مشترکند یا آن مکانیسم هایی که نامشترک هستند؟ مکانیسم های High level یا Low level؟

از 5 نفر درخواست شد تا روبروی مانیتور بنشینند. در ابتدا به آن ها یک تست Flash lag effect کلاسیک نشان دادیم. افراد فلش را به میزان خاصی عقب می دیدند. از آن ها خواسته شد که به این میزان مشخص مقدار نسبی 3 را اختصاص بدهند. بعد از آن به افراد 20 تست دیگر شبیه Flash lag effect نشان دادیم و گفتیم با توجه به اینکه قدرت Flash lag effect را برای تست اول 3 گرفتید، به قدرت flash lag effect در این تست ها مقداری نسبی از 1 تا 5 بدهید (تنها مقادیر 1 و 2 و 3 و 4 و 5 مقذور هستند)؛ هرچه میزان تاخیر فلش زیاد تر بود افراد باید اعداد بزرگتری را گزارش کنند. این طرز از داده گیری به پیروی از پروتکل Likert scale است. اشتراک همه این تست ها در این بود که سرعت عقربه در آن ها یکسان بود. اختلافشان فقط در میزان "روان بودن" حرکت عقربه در آن ها بود. حرکت کاملاً روان عقربه روی مانیتور Real motion است ولی حرکت جهشی عقربه Apparent motion است. هدف ما این است که ببینیم آیا Flash lag effect با Long range apparent motion رخ می دهد یا خیر. در این هدف ما Long range apparent motion هایی با شدت های متفاوت را به آزمون می گذاریم. نکته ی آخر درباره متد این آزمایش این است که محرک Real motion ما در حقیقت Short range apparent motion است. یعنی یک توالی از تصاویر ثابت که آن قدر اختلاف زمانی و مکانی شان کم است که به اندازه Real motion روان است و همان مکانیسم های مغزی را فعال می کند. اما بحث بیشتر در این زمینه از حیطه مقاله خارج است.



Flash lag effect & Sound induced flash illusion

به 5 نفر یک مجموعه تست 30 تایی نشان دادیم. در هر کدام از این تست ها متحرکی از نقطه صفر درجه دایره مثلثاتی کمان 0 حرکت را شروع می کند و تا قبل از اینکه به نقطه 90 درجه برسد، در مکانی رندم تعدادی فلش و تعدادی صدای بیپ پخش می شود. در حین پخش شدن فلش ها و بیپ ها و همچنین بعد از پخش شدن آن ها متحرک به حرکتش ادامه می دهد تا به 120 درجه برسد و تست پایان می یابد. بر اساس تعداد فلش ها و تعداد بیپ ها در این 30 تست 3 نوع تست متفاوت (از هر کدام 10 تا) وجود دارد که به ترتیب تصادفی چیده شده اند. این 3 نوع عبارتند از:

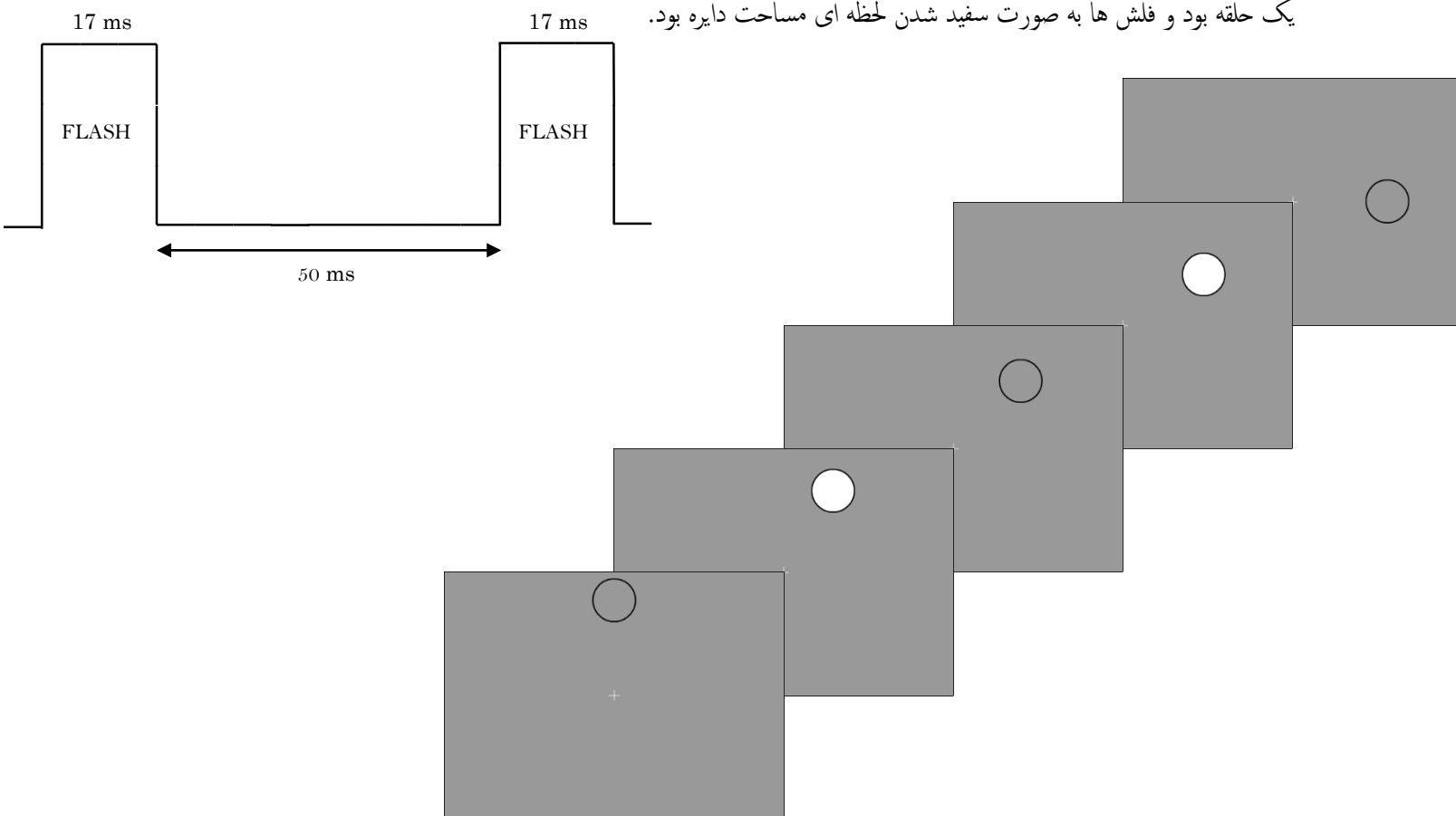
1- 2 فلش و 0 بیپ

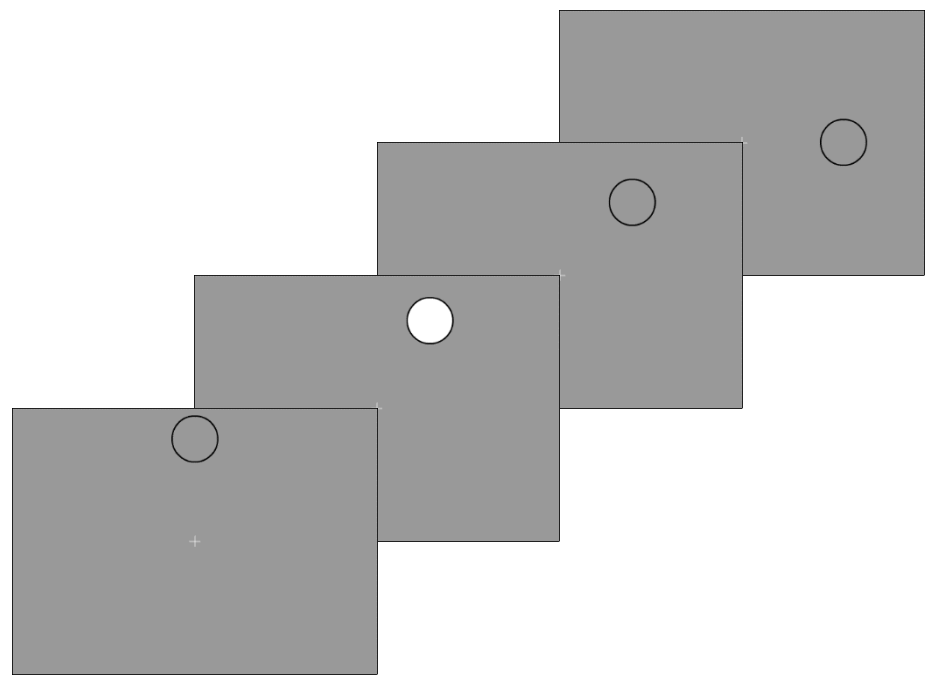
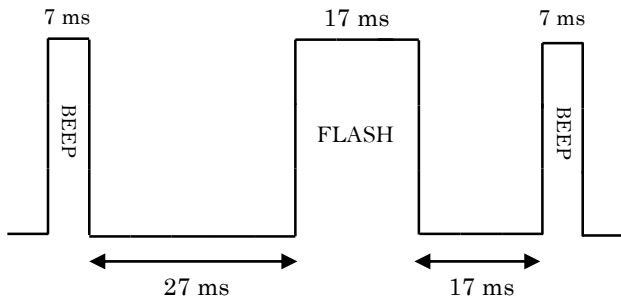
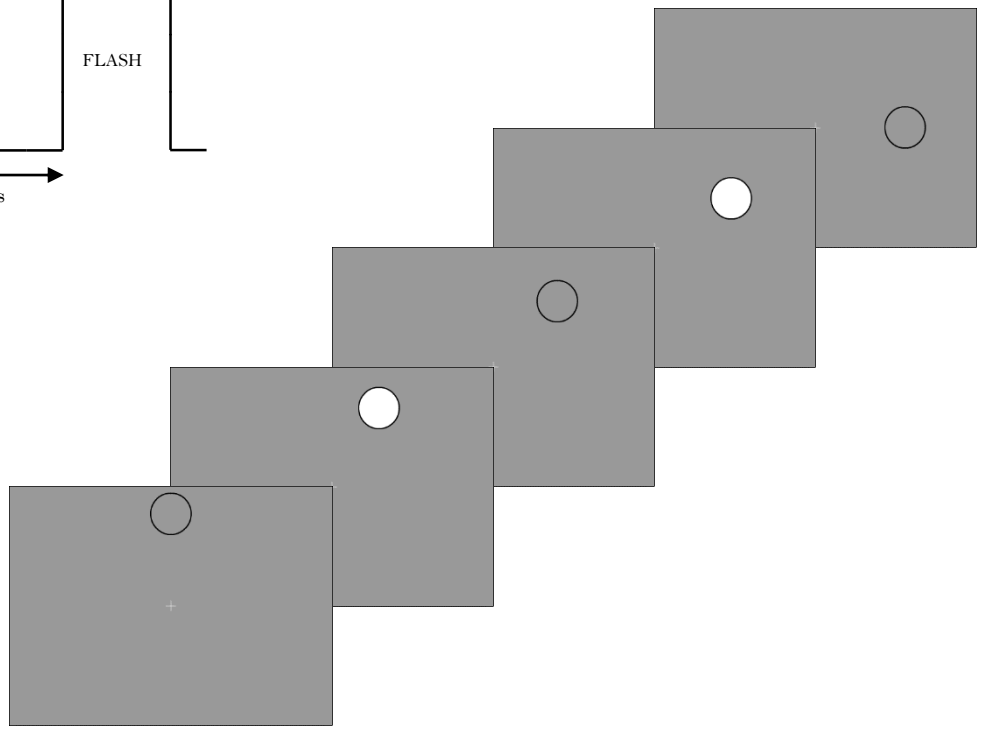
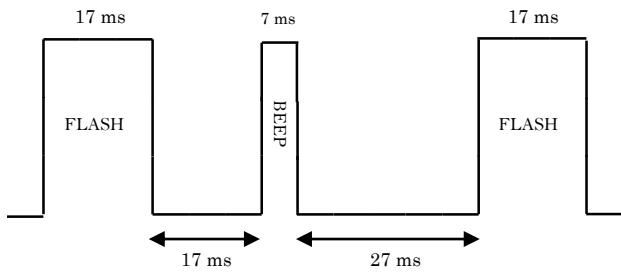
2- 2 فلش و 1 بیپ

3- 1 فلش و 2 بیپ

زمان بندی دقیق این فلش ها و بیپ ها را شکل های زیر می توانید مشاهده کنید. هر سه این حالت ها در مقاله ی پروفیسور لادن شمس و همکارانش در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا مورد آزمایش قرار گرفته اند و نشان داده اند که در هر 3 حالت انسان ها 2 فلش مشاهده می کنند.

پس از نمایش هر تست از فرد خواسته شد که برای هر 2 فلش ای که دیده اند، موقعیتی نسبت به متحرک با یکی از حروف f, a (اول کلمات before و fit و after) بیان کنند. همانگونه که در شکل های زیر می بینید، متحرک ما در این تست به صورت یک حلقه بود و فلش ها به صورت سفید شدن لحظه ای مساحت دایره بود.





تحلیل داده ها و نتیجه گیری

روش آنالیز:

داده های ما Likert Scale هستند. در اولین آزمایش Likert Scale ما پنج رتبه داشت. در دومین آزمایش Likert scale ما سه رتبه داشت؛ هرچند که در دنیا Likert Scale ها معمولاً به صورت 5 یا 7 گزینه ای تهیه می شوند اما نوع 3 گزینه ای آن نیز معتبر است. داده های ما رتبه ای هستند و از این رو پراکندگی نرمال هم ندارد. برای تحلیل چنین داده هایی (بیش از 2 گروه داشته باشیم که پراکندگی نرمال ندارند) را باید با استفاده از روش ناپارامتری Kruskal-Wallis test تحلیل شوند.

حجم نمونه

در جدول زیر نمونه هایی از تعداد حجم نمونه در مطالعات مشابه کار ما آمده است. در مقالات مشابه از حدود 5 نفر برای تست ها استفاده شده است. کسانی که این مقالات را تالیف کرده اند در مهمترین دانشگاه های دنیا عضو هیات علمی هستند. پس ما هم به تبعیت از آن ها از 5 نفر تست گرفته ایم.

Article	Number of subjects used
Saumil S. Patel, Haluk Ogmen, Harold E. Bedell, Vanitha Sampath: Flash-lag effect; Differential Latency not postdiction – Science, AAAS (2000)	4
Gopathy Purushothaman, Saumil S. Patel, Harold E. Bedell & Haluk Ogmen: Moving ahead through differential visual latency – Nature (1998)	3
Daniel Linares, Joan Lopez-Moliner: Perceptual asynchrony between motion and color – Journal of Vision (2006)	3
Semir Zeki, Yu Tung Lo: Perceptual asynchrony for motion and color – Frontiers journal (2014)	4
Haluk Ogmen, Saumil S. Patel, Harold E. Bedell, Kann Camuz: Differential latency and the dynamics of the position computation process for moving targets, assessed with flash-lag effect – Vision Research Volume 44, Issue 18, August 2004, Pages 2109–2128 (2004)	3
Shams, L., Kamitani, Y., Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. Cognitive Brain Research, 14, 147-152. Impact Factor: 3.7	8
Eagleman, D.M. & Sejnowski, T.J. (2000) Motion integration and postdiction in visual awareness. <i>Science</i> . 287(5460): 2036-8	5

Flash lag effect & Apparent motion

جدول فراوانی داده ها:

position			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
testtype						
4 hz	Valid	1	12	48.0	48.0	48.0
		2	7	28.0	28.0	76.0
		3	6	24.0	24.0	100.0
		Total	25	100.0	100.0	
6 hz	Valid	1	13	52.0	52.0	52.0
		2	6	24.0	24.0	76.0
		3	4	16.0	16.0	92.0
		4	2	8.0	8.0	100.0
		Total	25	100.0	100.0	
12 hz	Valid	1	5	20.0	20.0	20.0
		2	10	40.0	40.0	60.0
		3	6	24.0	24.0	84.0
		4	4	16.0	16.0	100.0
		Total	25	100.0	100.0	
60 hz	Valid	1	1	4.0	4.0	4.0
		2	7	28.0	28.0	32.0
		3	13	52.0	52.0	84.0
		4	4	16.0	16.0	100.0
		Total	25	100.0	100.0	

نتایج تست Kruskal-Wallis :

Kruskal-Wallis Test

Ranks

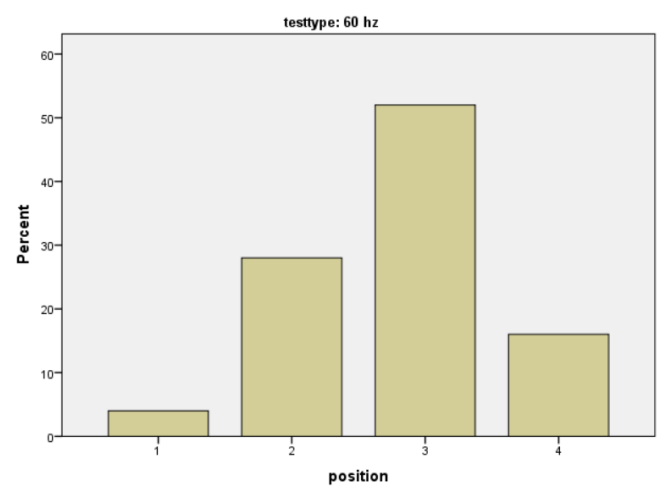
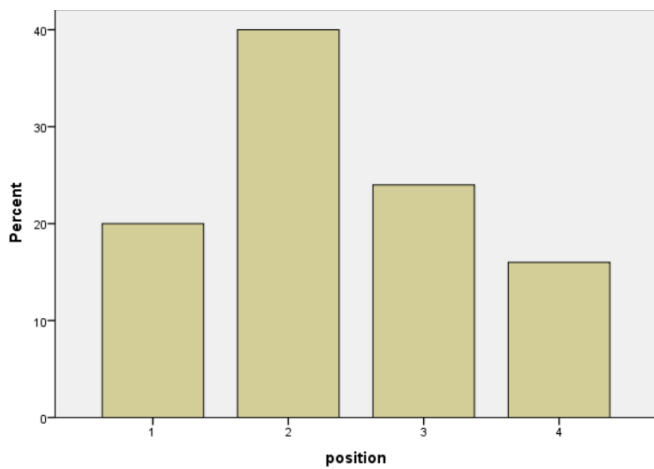
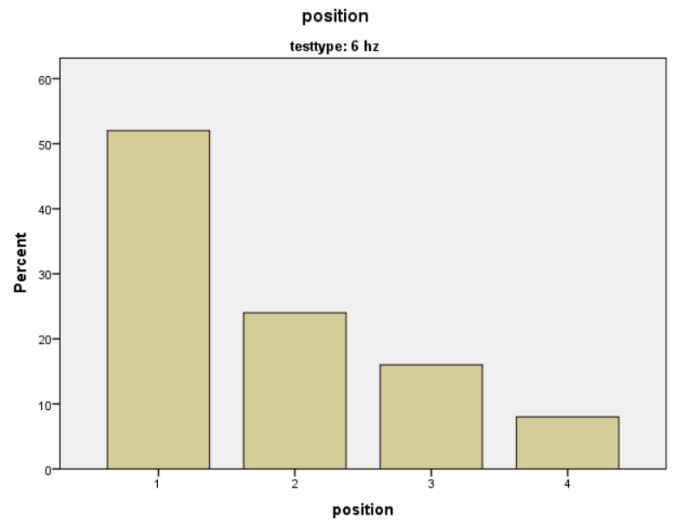
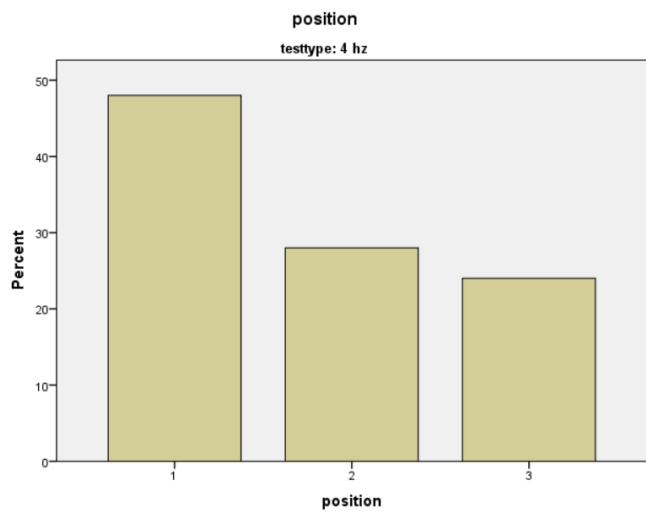
	testtype	N	Mean Rank
position	4 hz	25	38.94
	6 hz	25	39.28
	12 hz	25	55.32
	60 hz	25	68.46
	Total	100	

Test Statistics^{a,b}

	position
Chi-Square	19.588
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable:
testtype



در تحلیل داده های غیر پارامتری، برای بررسی روند تغییرات نمی توان از شاخص هایی مانند میانگین و انحراف معیار استفاده کرد.

همانطور که مشاهده می شود، significance ما کمتر از 0.05 می باشد. پس تفاوت در داده ها مهم هستند.

Mean rank که بر خلاف انحراف معیار و میانگین، شاخص مناسبی برای بررسی روند است نشان می دهد که هرچه فرکانس عقربه کاهش می یابد، میزان ادراک تاخیر در فلش هم کم می شود.

وقتی ما یک Real motion که یک حرکت روان است را می بینیم، نورون های حساس به حرکت در شبکه، V1، MT، LGN و در نهایت Posterior parietal cortex تحریک می شوند. این در حالی است که به موازات این تحریکات، نورون های حساس به شکل در شبکه، V1، LGN و Inferior temporal cortex تحریک می شوند و پیام درک می شود. پس در واقع هر 2 مسیر درک بصری ما طی تحلیل بینایی در عمل اند. اما وقتی حرکت ما apparent motion باشد، نورون های حساس به حرکت موجود در V1 و LGN تحریک نمی شوند و فقط نورون های حساس به شکل در این منطقه فعال هستند. پس چگونه ما حس می کنیم که حرکت وجود دارد. علت این است که مغز انسان از اطلاعاتی که به واسطه ی سیستم فرم شناس خود (Ventral stream) به دست آورده است، اطلاعاتی به dorsal stream می دهد و ما احساس می کنیم که حرکتی هست. پس زمانی که ما تکه ای از مسیر درک حرکت را برداشتیم، درک تاخیر فلش دچار اختلال شد پس Differential latency برای درک تاخیر فلش در این تست لازم است.

Flash lag effect & sound induced flash illusion

جدول فراوانی داده ها:

Where was the place of the first flash

Test Type			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
CONTROL	Valid	before	16	40.0	40.0	40.0
		fit	19	47.5	47.5	87.5
		after	5	12.5	12.5	100.0
		Total	40	100.0	100.0	
FLEB	Valid	before	22	40.0	40.0	40.0
		fit	27	49.1	49.1	89.1
		after	6	10.9	10.9	100.0
		Total	55	100.0	100.0	
SIFI	Valid	before	24	43.6	43.6	43.6
		fit	30	54.5	54.5	98.2
		after	1	1.8	1.8	100.0
		Total	55	100.0	100.0	

Where was the place of the second flash

Test Type			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
CONTROL	Valid	before	10	25.0	25.0	25.0
		fit	21	52.5	52.5	77.5
		after	9	22.5	22.5	100.0
		Total	40	100.0	100.0	
FLEB	Valid	before	9	16.4	16.4	16.4
		fit	40	72.7	72.7	89.1
		after	6	10.9	10.9	100.0
		Total	55	100.0	100.0	
SIFI	Valid	before	10	18.2	18.2	18.2
		fit	39	70.9	70.9	89.1
		after	6	10.9	10.9	100.0
		Total	55	100.0	100.0	

نتایج تست Kruskal-Wallis:

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	Test Type	N	Mean Rank
Rank of position1 by testtype	2 flash 1 beep	55	45.67
	1 flash 2 beep	55	65.33
	Total	110	
Rank of position2 by testtype	2 flash 1 beep	55	40.95
	1 flash 2 beep	55	70.05
	Total	110	

Test Statistics^{a,b}

	Rank of position1 by testtype	Rank of position2 by testtype
Chi-Square	11.031	25.310
df	1	1
Asymp. Sig.	.001	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Test Type

Where was the place of the first flash

Test Type: CONTROL

■ before
■ fit
■ after

Where was the place of the first flash

Test Type: FLEB

■ before
■ fit
■ after

Where was the place of the first flash

Test Type: SIFI

■ before
■ fit
■ after

Where was the place of the second flash

Test Type: CONTROL

■ before
■ fit
■ after

Where was the place of the second flash

Test Type: FLEB

■ before
■ fit
■ after

Where was the place of the second flash

Test Type: SIFI

■ before
■ fit
■ after

نتایج نشان می دهند که فلش دوم تست Control که همان Flash lag effect کلاسیک است نسبت به فلش اول همین تست جلوتر دیده شده است چون تعداد Before های گزارش شده کم شده است و تعداد After و Fit افزایش یافته است. این نتیجه دقیقاً مطابق واقعیت است. به طور مشابه می توان استدلال کرد که فلش اول تست Sound induced flash illusion دار از فلش اول Flash lag effect کلاسیک عقب تر دیده شده است. همچنین نتایج فلش دوم تستی که دارای 2 فلش و 1 پیپ بود کاملاً شبیه به فلش دوم تست Sound induced flash illusion دار است.

در Sound induced flash illusion ما 2 فلش میبینیم، اما در واقع 1 فلش وجود دارد. پس 3 حالت Illusion ممکن است رخ داده باشد:

1- فلش اول illusory باشد.

2- فلش دوم illusory باشد.

3- یک فلش وجود دارد که در میان آن تصویر سیاه می شود و انگار که 2 فلش دیده شده است.

از مقایسه دومی که انجام دادیم نتیجه می شود که فلش اول illusory است چون قبل از فلش اول Flash lag effect کلاسیک اصلا فلشی وجود ندارد و با توجه به مقایسه سوم می توان گفت که فلش دوم واقعی بوده است. پس مکانیزم مغز ما برای درک این 2 فلش بدین گونه است که فلش دوم که واقعی است را می بیند و سپس فلش illusory اول را Postdict می کند. و نتایج این تست با تئوری Postdiction در یک دسته قرار می گیرد.

مغز انسان لزوما یک مکانیزم خاص برای تحلیل داده ها ندارد. ممکن است که برای درک Flash lag effect حتی هر 3 مکانیزم دخیل باشند! ما توانستیم با مجموعه آزمایشاتی، اثر مکانیزم های مختلفی که در ادراک ما موثر هستند را به طور جداگانه ای نشان دهیم.

References

1. Robert M Steinman, Zygmunt Pizlo, Filip J. Pizlo: Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution – Elsevier (2000)
2. Saumil S. Patel, Haluk Ogmen, Harold E. Bedell, Vanitha Sampath: Flash-lag effect; Differential Latency not postdiction – Science, AAAS (2000)
3. Barry Dainton: Interpreting Temporal Illusions – Stanford Encyclopedia of Philosophy (2010)
4. Gopathy Purushothaman, Saumil S. Patel, Harold E. Bedell & Haluk Ogmen: Moving ahead through differential visual latency – Nature (1998)
5. Daniel Linares, Joan Lopez-Moliner: Perceptual asynchrony between motion and color – Journal of Vision (2006)
6. Semir Zeki, Yu Tung Lo: Perceptual asynchrony for motion and color – Frontiers journal (2014)
7. Haluk Ogmen, Saumil S. Patel, Harold E. Bedell, Kann Camuz: Differential latency and the dynamics of the position computation process for moving targets, assessed with flash-lag effect – Vision Research Volume 44, Issue 18, August 2004, Pages 2109–2128 (2004)
8. <http://asq.org/quality-progress/2007/07/statistics/likert-scales-and-data-analyses.html>
9. <https://www.st-andrews.ac.uk/media/capod/students/mathssupport/Likert.pdf>
10. Jacoby, J., & Matel, M. (1971). Three-point likert scales are good enough. *Journal of Marketing Research*, 7.

11. Braddick OJ. Low-level and high-level processes in apparent motion. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1980; 290:137–151.
12. Liu T, Slotnick SD, Yantis S. Human MT+ mediates perceptual filling-in during apparent motion. *NeuroImage.* 2004; 21:1772–1780.
13. Yantis S, Nakama T. Visual interactions in the path of apparent motion. *Nat Neurosci.* 1998; 1:508–512.
14. Mikami A. Direction selective neurons respond to short-range and long-range apparent motion stimuli in macaque visual area MT. *Int J Neurosci.* 1991; 61:101–112.
15. Heejin Lim and Yoonsuck Choe Department of Computer Science Texas A&M University Extrapolative Delay Compensation Through Facilitating Synapses and Its Relation to the Flash-lag Effect - IEEE 2008
16. Adam Kane, Alex Wade, Anna Ma-Wyatt; Delays in using chromatic and luminance information to correct rapid reaches – *Journal of vision* 2011
17. Himmelbach M, Karnath HO; Dorsal and ventral stream interaction: contributions from optic ataxia – *J Cogn Neurosci* 2005 apr
18. Shams, L., Kamitani, Y., Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research*, 14, 147-152. Impact Factor: 3.7
19. Peirce, JW (2007) PsychoPy - Psychophysics software in Python. *J Neurosci Methods*, 162(1-2):8-13
20. Peirce JW (2009) Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Front. Neuroinform.* 2:10. doi:10.3389/neuro.11.010.2008
21. Baldo MV, Ranvaud RD, Morya E (2002) Flag errors in soccer games: the flash-lag effect brought to real life. *Perception* 31:1205-1210.

22. Gilis B, Helsen W, Catteeuw P, Wagemans J (2008) Offside decisions by expert assistant referees in association football: Perception and recall of spatial positions in complex dynamic events. *J Exp Psychol Appl* 14:21-35.
23. Eagleman, D.M. & Sejnowski, T.J. (2000) Motion integration and postdiction in visual awareness. *Science*. 287(5460): 2036-8