

РЕЦЕНЗИЯ

на

дисертационния труд на Мирослава Димитрова Стефанова, докторант на самостоятелна подготовка в Института по невробиология при БАН озаглавен: “Субективна глобална посока на смес от реално (непрекъснато) и мнимо (дискретно) движение” с научен ръководител: професор Стефан Матеев, д.б.н. от доц. д-р Димитър Лазаров Митов - Институт по невробиология при БАН

Представеният за защита дисертационен труд на на Мирослава Димитрова Стефанова е свързан с важен проблем в областта на зрителното възприятие, отнасящ се до възприятието на смес от реално и мнимо движение. Въпросът е актуален доколкото основната информация за обкръжаващия свят при висшите примати и човека постъпва по зрителен път, а самата обкръжаваща действителност е динамична във времето и възприятието на промените в околния свят е от основно значение. Дисертационният труд се състои от 130 страници разпределени в пет части и предшествани от заглавна страница, съдържание - 4 стр. и “Въведение” – 1 стр. Тези части са както следва: Глава 1 - “Литературен обзор” – 37 стр., Глава 2 - “Цели и хипотези” - 3 стр., Глава 3 - “Методика на изследванията” - 10 стр., Глава 4 - “Експериментални изследвания” - 48 стр., Глава 5 – “Обсъждане и интерпретация на експерименталните резултати. Обща дискусия”, включваща също заключение, общи изводи както и приносите на дисертацията – 13 стр., списък с цитираната литература – 11 стр. и „Приложение“ включващо списък с публикациите на докторанта и списък с изнесените доклади и представени постери на научни мероприятия – 2 стр.

Глава 1 на дисертацията представлява достатъчно пълен и задълбочен обзор на известните досега психофизични и неврофизиологични данни, свързани с възприятието на движение. В началото е направен преглед на някои основни понятия като възможните различни координатни системи в които се извършва движение като т. нар. „егоцентрична“ и „окулоцентрична“ системи и ред феномени свързани с относителното и индуцираното движение. Разгледани са и известните в литературата модели на локални детектори за движение като корелационният, енергийният и градиентният модели.

Това което определено е добра отличителна черта на настоящия обзор е че са включени и данни от неврофизиологични изследвания отнасящи до механизмите за възприятие на движение. Разгледани са данни от изследвания на най-ранно ретинално ниво като е отбелязано, че при по-низши видове още на това ниво се наблюдават неврони специфични към посоката на движение. Показано е също така, че при човека и висшите примати преработката на информацията за движение се осъществява на по-високо ниво - в париеталния дял на мозъка, но определена специализация започва още от ретината където са налице два типа, магно- и парво-ганглийни неврони, първият от които дава проекции към механизмите за преработка на информация за движение в париеталния кортекс. Като определени слабости в тази част на озора бих отбелязал някои неточности, изискващи уточняване. От изложеното в текста (стр. 12) се създава впечатление че специализацията на зрителните пътища на магно- и парво-тип започва от външното коленчато тяло - цит. “На това ниво (външно коленчатата тяло) се формират два различни пътя- Р- имащ отношение към финото разпознаване на пространствения образ, към възприятие на цветове и форма, и втория М- отнасящ се към възприятие на движение в зрителното поле”. А това всъщност става на нивото на ретиналните ганглийни неврони, както правилно е отбелязано няколко реда по-нагоре – цит. “На ниво ретина, ганглийните клетки се разделят на парвоцелуларни (Р-дребноклетъчни), магноцелуларни (М-едроклетъчни) и кониоцелуларни клетки (К-

сравнително дребни клетки, най - слабо проучени, Essen & DeYoe, 1994. Така разделени клетките, образуват и съответни канали за предаване на информация”. Липсва и цитирана литература за твърдението че двата морфо-функционални, магно- и парво- пътя са разделени на нивото на външното коленчато тяло, както и данни че техните проекции към първичната зрителна кора са към отделни нейни подслое-IVC α и IVC β , съответно. При описанието на свойствата на посочените два типа неврони би било необходимо на това място да се отбележи и фактът че магно-невроните не са чувствителни (или може би са много слабо чувствителни) към хроматичен контраст. Това обяснява известните от литературата нарушения във възприятието на движение при употребата на стимули съдържащи само хроматичен контраст (изолуминантни стимули), като освен това тези нарушения не се наблюдават при т. нар. “long range” мнимо движение (стр. 33, таблицата).

Описвайки средната темпорална област на париеталния кортекс като “входна врата на кортикалния процес за обработка на движение” (стр. 13) дисертантката правилно отбелязва известните данни за организация на невроните в тази област в “дирекционални колони”, подобно на “ориентационните колони” в първичната зрителна кора, описани от Hubel & Wiesel. Липсва обаче цитирана литература потвърждаваща това твърдение. Добре би било, също така да се включат и клинични данни за нарушенията във възприятието на движение при увреждания в средния темпорален лоб, както и повече данни получени с методите на образната диагностика и показващи наличието на специализирани структури за обработката на сигнали за различни типове движение.

В обзора са разгледани подробно и такива понятия като реално движение, абсолютен и диференциален праг за реално движение, мнимо движение, типовете мнимо движение (т. нар. „short-range” и “long-range”), както и механизмите за възприятие на реално и мнимо движение. Специална част на обзора е отделена и на т. нар. “глобално” движение, т.е. става дума за движение на съвкупност от елементи, всеки от които се движи в определена посока и определена скорост, а движението на съвкупността се определя чрез перцептивна интеграция на локалните вектори на движение. Обсъдена е и ролята на апертурата при възприятие на глобално движение.

Като цяло обзорът е на много добро ниво и след допълване на споменатите пропуски би могъл да бъде препоръчан като материал за подготовка на докторанти и млади научни работници по въпроси свързани с възприятието на движение.

В Глава 2 са формулирани целите на настоящата дисертация:

1. Да се проучи способността на наблюдателя да възприема глобално движение, когато се представя смес от реално и мнимо движение;
2. Да се установят механизмите на интеграция между двата типа движение;
3. Да се установят възможните взаимодействия между двата типа движение.

Хипотезата която се прави е че скоростта и посоката на глобалното движение се определя от векторната сума на двете съставни движения изграждайки общ перцепт (нулева хипотеза). Това, разбира се, би било в сила ако сигналите за двата типа движение не си взаимодействат. Освен това, когато става дума за мнимо движение би следвало да се има предвид и размерът на дискретното преместване който не трябва да надхвърля горната критична граница. Когато обаче тази критична граница се надхвърли, зрителната система не може да установи съответствие между две последователни позиции на точката, и перцепт на мнимо движение не възниква. В този случай възприятието на глобално движение ще се определя само от вектора на реалното движение, докато дискретните премествания целящи създаването на мнимо движение ще създават само шум.

В **Глава 3** на дисертацията е описана методиката на изследванията. Стимулите са съвкупности от случайно разпределени светли точки движещи в невидима апертура. По такъв начин на едно и също място в зрителното поле е възможно да се стимулира движение за произволно дълго време. Непо повече може да се предполага, че единственият начин за определяне на скорост и посока на точките е чрез анализ на сигналите от детектори за движение, а не чрез анализ на отместването на някоя точка спрямо видим репер какъвто в случая липсва. Стимулите-точки са се генерирани от осцилоскоп, светлината от лъча на който преминава през маска със от случайно разпределени отвори и се прожектират върху екран зад който се намира апертура. Придвижвайки лъча на монитора, патернът от случайно разпределени светли точки се премества по екрана. Придвижването на лъча на монитора се е осъществявало от 16 битови цифро-аналогови преобразователи управлявани от компютър и съединени с X и Y входовете на монитора (в експерименти 1 – 4 движението е било в хоризонтална посока и поради това на вход Y се е подавало постоянно напрежение). Неговата промяна, обаче във всяко следващо представяне позволява да се показват в апертурата различни части от конфигурацията. Трети цифро-аналогов преобразовател е управлявал Z-входа на монитора и по този начин е регулирал яркостта на лъча. Това позволява яркостта на лъча да се свежда до нула за дискретните отмествания по време на фазата на мнимо движение. Апаратурата притежава изключително високи пространствена и времева разделителна способност, многократно надхвърляща разделителната способност на човешкото зрение – отместване от 1 градус зрителен ъгъл се е осъществявало от 1500 стъпки на цифро-аналоговия преобразовател, като смяната на една стъпка е ставала за 100 мксек. Това позволява да се наблюдава на практика гладко движение.

В експерименти 5 – 7, където се използва кръгла апертура, стимулите се представят на екрана на монитор с кинескоп, като резолюцията на монитора е била 640 пиксела по хоризонтала и 200 пиксела по вертикала, а кадровата честота 70 Hz (или период около 14 мсек). Това поставя въпроса дали при този сравнително дълъг период т.нар. “реално” движение е наистина близко до реалното.

И в двата случая на стимулация управлението на стимулите се осъществява от специално подготвен софтуер. Използваните психофизични процедури са широко известните адаптивен (transformed up-down, TUD) метод на Levitt (1971) и методът на константните стимули. Статистическите данни са били обработвани основно с програмата STATISTIKA 7.

В **Глава 4** дисертантката описва 7 различни експеримента отнасящи се до поставените в работата задачи.

В *експеримент 1* е изследвано възприятието на глобално движение за смес от реално и мнимо движение, като двата типа движение са били в еднакви посоки и е бил използван адаптивният метод на Levitt. Изследвана е критичната горна граница за мнимо движение в зависимост от размера на реалното движение, така че те да образуват общ перцепт. Доколкото и реалното и мнимото движение са били в една посока, дори при отсъствието на възприятие за мнимо движенис, реалното движение дава достатъчно информация за посоката на движение и по такъв начин определянето на посоката не е подходяща задача за изследваните лица – те са в състояние да я определят и при липса на общ перцепт. Поради това задачата на изследваните лица е била сравняването по скорост на стимули представляващи смес от реално и мнимо движение, а като индикатор за липсата на мнимо движение – прехода на дробта на Вебер от нормални крайни стойности – към много високи такива при вариране на отместването. Оказва се, че критичната граница на отместването при мнимо движение систематично намалява с увеличаването на размера на реалното движение. Това

позволява да се направи предположението, че преработката на сигналите от мнимото и реалното движения не се осъществява независимо, т.е. нулевата хипотеза не е в сила. Този резултат, обаче може да се обясни и по друг начин. Тъй като при нарастване на размера на реалното движение се увеличава и глобалната скорост на цялата конфигурация от точки, а дробта на Вебер за възприятие на скорост както е известно е U-видна функция на базовата скорост, възниква предположението че неспособността на лицата да различават движение в условия с по-високи скорости се дължи именно на твърде високата скорост. Специален контролен експеримент, в който е налице само реално движение, показва че и при най-високите използвани скорости в основния експеримент, дробта на Вебер за различаване по скорост е в нормални крайни граници (около 9%). По такъв начин може да се приеме че не високата скорост при сместа от реално и мнимо движение е причина за намаляването на горната критичната граница за мнимо движение с размера на реалното движение, а както бе споменато по-горе преработката на сигналите от мнимото и реалното движения не се осъществява независимо.

В *експеримент 2* също е изследвано възприятието на глобално движение за смес от реално и мнимо движение, но двата типа движение са били в различни посоки, като е бил използван методът на константните стимули. Отново както в експеримент 1 е била изследвана критичната горна граница за мнимо движение в зависимост от размера на реалното движение, така че те да образуват общ перцепт. Ако отместването при мнимото движение е по-малко от горната критична граница и се наблюдава такова движение, възприетата посока ще се определя като сума от реалното и мнимото движение, а ако отместването при мнимото движение е над горната критична граница и такова движение не се наблюдава, възприетата посока би следвало да се определя само от реалното движение. По такъв начин става възможно да се използва по-лесна задача за изследваните лица – определяне на посоката на глобалното движение. Резултатите от този експеримент, подобно на резултатите от експеримент 1, показват промяна на стойността на горната критична граница на отместването при мнимото движение с промяната на големината на реалното движение. По такъв начин отново може да се счита, че сигналите от мнимото и реалното движения не се преработват независимо, т.е. нулевата хипотеза не е в сила. Промяната на споменатата горна критична граница на отместването от величината на реалното движение, наблюдавана при противоположни посоки на реалното и мнимото движение в експеримент 2, обаче е обратна на резултатите получени в експеримент 1, където посоките на двете движения са еднакви. В този случай горната критична граница на отместването при мнимото движение не намалява, а нараства с увеличаването на големината на реалното движение.

Експеримент 3. Този експеримент е подобен на експеримент 2 с тази разлика че се използва друга психофизична процедура – адаптивният метод на Levitt 1 в условията на принудителен избор без да се допускат отговори от типа „две противоположни движения“ и „липса на глобално движение“. Получените стойности за критичната горна граница са в добро съгласие с резултатите от Експеримент 2, където условията се препокриват, а ходът на кривата за горната критична граница на отместването от величината на реалното движение в този експеримент, следва хода на кривата от предишния експеримент.

Противоположните резултати получени в експеримент 1, от една страна, и тези в експерименти 2 и 3, от друга, са причина да се търси и подходящо обяснение. Разглежда се хипотезата за облекчаващи взаимодействия между детекторите на движения в еднакви посоки. Дисертантката посочва, че тази хипотеза не може да обясни различията в резултатите от обсъжданите експерименти, тъй като спомената хипотеза води до предсказания на ефекти, обратни на експерименталните данни.

Предлага се обяснение базирано на принципите на групиране на отделните елементи, т.е. базирано на класическите принципи на гештALT-психологията като „обща съдба“, „подобие“ и „близост“. Счита се, че движението на един единствен елемент (точка в нашия случай), може да породи възприятие на цялостно перцептивно събитие („motion event“). Като пример за възприятие, породено от „motion events“ може да се посочи т.нар. „биологичното движение“. На пръв поглед безразборни движения на отделни точки водят до ясно възприятие на подвижна фигура, а прекратяването на движението води до разпад на перцепта. Ето защо дисертантката разглежда движението на една точка по време на реалното движение като *цялостно перцептивно събитие*, или „motion event“, независимо от размера и посоката на движение. Така стимулт се състои от такива събития, които се представят последователно в поредица от различни позиции. Предполага се, че глобалната посока на конфигурацията се определя от „short-range“ процес, който регистрира именно мнимото отместване на тези „motion events“, а не преместването на самите точки. При така направените предположения размерът на вектора на отместване на всяко перцептивно събитие („motion event“) се определя като: а) при еднакви посоки на векторите на реалното и мнимото движение (Експеримент 1) - от сумата на големините на реалното и мнимото отмествания, а при различни посоки (Експерименти 2 и 3) – от разликата на големините на реалното и мнимото отмествания. За да се изчисли максималната стойност на вектора на отместване в споменатите суми или разлики отместването предизвикано от мнимото движение се замества с неговата критична горна граница, измерена експериментално. Оказва се, че когато резултатите от трите експеримента се представят като критични горни граници на мнимо преместване на „събитията“, разликите, причинени от размера и посоката на реалното движение се елиминират в значителна степен. Този факт се интерпретира в подкрепа на предположението че *зрителната система третира реалните движения като едни и същи обекти, които се намират в мнимо движение*. Макар че понятието „motion event“ е психологически конструкт, налице са и данни за съществуването на ранен зрителен процес, който определя образуването на подобни „събития“. Налице са данни, че движещи се обекти могат да индуцират т.нар. „ивици от движение“. При движението си обектите се „размазват“ в пространството поради интеграцията във времето. По този начин се създава пространствен сигнал - „ивици“ или „линии“ от движение. Смята се, че този процес настъпва в ранните етапи от преработка на зрителната информация, още в първичната зрителна кора и се регистрира от ориентационно-избирателни механизми, подпомагайки по този начин възприятието за посока на движение.

Експеримент 4. В този експеримент е изследвано влиянието на разстоянието от което се наблюдават стимулите върху горната критична граница на отместването при мнимото движение. Тъй като при глобално движение варирането на разстоянието от което се наблюдават стимулите променя и величината на реалното движение, а тя от своя страна променя горната критична граница на отместването при мнимото движение, реално движение е липсвало. Във всичко останало този експеримент е подобен на Експеримент 3. Резултатите са показали, че линейният размер на критичната горна граница нараства при нарастване на разстоянието на гледане, но без да съответства на постоянен зрителен ъгъл, т.е. в ъглови единици тази критична граница намалява.

Експеримент 5. В този експеримент е изследвана критичната горна граница на отместване при мнимо движение по различни меридиани на зрителното поле. Целта на този експеримент е била да се провери дали меридианът, по който се представя „чисто“ мнимо движение влияе върху големината на критичната горна граница на отместване. Този въпрос има значение защото ако това мнимо движение по различни меридиани се

представи заедно с вектори на реалното движение, а величината на това движение също повлиява стойността на критичната горна граница (Експерименти 1 – 3) не става ясно кой от тези два фактора и в каква степен повлиява измерените стойности на споменатата граница. Получените резултати показват, че критичната горна граница на отместване практически не зависи от меридиана на зрителното поле.

Експеримент 6. Целта на този експеримент е била да се търси отговор на въпроса дали при възприятие на смес от реално и мнимо движение зрителната система определя съответствието само между „ивиците“ от движение, или само между точките на стимулите, или става дума за процес от смесен тип. За целта е проведен експеримент, в който в рамките на една и съща перцептивна задача и с един и същ психофизичен метод се определят както размерът на критичната горна граница на отместване при мнимо движение, така и размерът на вектора на отместване на перцептивното събитие (глобалното движение). За целта в Експеримент 6 случайният патерн се движи по зиг-заговидна траектория. Реалното движение на стимулите е било винаги с един и същи размер и в едно направление (вертикално), а отместването при мнимото движение – в коса посока. В тези експерименти физическата глобална посока се определя от вектора на отместване на перцептивното събитие. При фиксиран размер на реалното движение и фиксирана посока на вектора на отместване на перцептивното събитие от величината на последния вектор може да се пресметне отместването при мнимото движение и обратно по косинусовата теорема. Тези два размера са строго корелирани и по принцип е все едно, кой от двата ще се манипулира при измерването на горната критична граница с адаптивния метод. В тези експерименти е бил манипулиран размерът на отместването при мнимото движение, за да се запази глобалната посока на патерна една и съща, и по този начин да не се обърква наблюдателя. При това положение, не само големината, но и посоката на отместването при мнимото движение се променя от проба в проба.

При едното от експерименталните условия, обозначено с А, вертикалната компонента на глобалното движение е в *посока противоположна* на видимия вектор, т.е. това условие повтаря условията на Експерименти 2 и 3, при които посоките на видимото и невидимото движение също са били противоположни. При другото експериментално условие, обозначено с В, вертикалната компонента на глобалното движение е било в *същата посока*, както и посоката на видимия вектор. Това условие повтаря условията на Експеримент 1, в който посоките на видимото и невидимото движения са били еднакви. Задачата на наблюдателя и при двете условия е била една и съща - да различи дали патернът се отклонява наляво или надясно спрямо субективната вертикала. Ако размерите на вектора на глобалното движение, съответно и на отместването при мнимото движение са твърде големи, наблюдателят не е в състояние да различи посоката на отклонение.

Получените резултати показват, че максималните критични стойности на векторите на глобално отместване при двете условия, А и Б са близки, докато критичните горни граници за отместването при мнимото движение са твърде различни. Този резултат е интерпретиран като подкрепа, макар и не пълна за хипотезата, че „ивиците от движение“ участват при възприятието на глобалното движение на патерните, като този процес доминира. Възможно е обаче и другият процес, този на установяване на съответствие между отделните елементи на патерна, да се активира в някаква степен.

Експеримент 7. В този експеримент се изследва влиянието на скоростта (времетраенето) на видимото движение върху глобално зиг-заговидно движение. Допускането тук е, че при ниски скорости на движение, „ивици“ няма да се образуват и проблемът за анализа на техните премествания ще отпадне. Тогава мнимото движение

от смесения тип движения, ще се възприема само въз основа на зрителни сигнали, породени от преместване на отделните пиксели. При прогресивно нарастване на скоростта на видимото движение, „ивици“ ще започнат да се образуват и техният анализ ще започне да доминира. Този експеримент е доста сходен с Експеримент 6 с тази разлика че се използват четири стойности на скоростта - 3.1, 6.25, 12.1, 24.1 deg/sec), представени в отделни опити. Резултатите показват, че хипотезата за участие на „ивиците“ във възприятието на глобално движение се подкрепя и образуването на „ивици“ наистина се улеснява при високи скорости на реалното движение.

Изводите които прави дисертанката са следните:

1. За първи път е изследвано възприятието на глобална посока на движение, което е смес от реално и мнимо движения. Показано е, че: а) зрителната информация за двата типа движение не се интегрира и б) липсват данни за взаимодействие между двата типа движения.

2. Показано е, че два ранни зрителни процеса са достатъчни, за да се определи правилно глобалното движение на патерн от случайно разпределени точки: а) образуване на „ивици“ от движение във фазата на реално движение и б) „short-range“ процес, който анализира преместването на „ивиците“ от движение.

3. Разработена е хипотезата, че смес от мнимо и реално движение следва да се разглежда като чисто мнимо движение на самите ивици.

4. Установено е, че скоростта на реалното движение съществено влияе върху стойността на максималната критична стойност на вектора на глобално отместване. Високите скорости подпомагат образуването на „ивици“ от движение, и това се отразява на стойността на горната граница на „short-range“ процеса. При ниски скорости, „ивици“ от движение почти не се образуват и глобалното движение се възприема главно въз основа на сигналите за преместване на отделните елементи на патерна.

5. Когато размерът на реалното движение се сведе до нула е установено, че: а) критичната граница на вектора на глобално отместване е равен на критичната горна граница на отместването при мнимото движение на „short-range“ процеса, като не зависи от меридиана на движение в зрителното поле и б) линейният размер на критичната горна граница на отместването нараства при нарастване на разстоянието на гледане, но без да съответства на постоянен зрителен ъгъл (този ъгъл намалява).

Съгласен съм с така направените изводи, като извод 1 се нуждае от редакция.

Цитираната литература включва 170 публикации.

Публикациите на докторантката свързани с темата на дисертацията са 4 като 3 от тях са в авторитетни международни списания. Мирослава Стефанова е първи автор в 3 от публикациите. Докторантката има участие с материали от дисертацията в 3 международни научни форума, както и 2 участия в национални научни мероприятия.

По отношение езика на дисертацията считам че той е добър и на високо научно ниво. При написването на дисертацията Мирослава Стефанова се е сблъскала с проблема, че ред термини, отдавна утвърдени в англоезичната литература, нямат утвърден превод на български. Това би могло да се обясни с малочислената общност на специалистите по зрително възприятие в България и в частност с още по-малобройната част от тях, занимаващи се със зрително възприятие на движение. Поради това Стефанова дава освен предлаганата от нея и донякъде „общоприета“ терминология на български език (в болшинството случаи удачна) и оригиналната английска терминология.

Авторефератът отразява вярно и точно съдържанието на дисертацията.

В заключение, независимо от направените малки критични забележки, мнението ми за представения дисертационен труд е дефинитивно положително. Целите на

дисертацията са актуални, методиката – адекватна, обработката на резултатите – подробна, а изводите са с приносен характер. Налице е още едно задълбочено изследване, белазано с високите критерии на школата на проф. Матеев. Авторката има повече от необходимия за защита на докторска степен брой публикации. Дисертацията на на Мирослава Димитрова Стефанова определено изпълнява изискванията на Института по невробиология при БАН за присъждане на степента “доктор”. Поради това призовавам почитаеия Научен колегиум да препоръча представената дисертация за защита.

02.04.2014 г.

Доц. Димитър Митов, д.б.

