

АЙТРЕКИНГ ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ОЦЕНКА НА ЗРИТЕЛНОТО ВНИМАНИЕ НА ОБУЧАЕМИ ОПЕРАТОРИ НА БЛА ЧРЕЗ СИМУЛИРАН „ПОЛЕТ - ЕТАЛОН”

Любомир Алексиев¹, Деанна Александрова¹, Зоя Хубенова², Константин Методиев²,
Светла Димитрова², Димитър Недялков³

¹ВМА - София, Катедра „Авиационна и морска медицина”

²Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

³Военна академия „Г.С. Раковски” – София

e-mail: aleksiev@vma.bg

Ключови думи: Окулография, фиксации, внимание, оператори на БЛА, летателно обучение

Резюме: Важно условие за осигуряване на ефективна когнитивна дейност е правилното разпределение на вниманието - способността на мозъка да реагира адекватно и едновременно на различни когнитивни стимули от обкръжаващата среда. Тази познавателна способност позволява паралелно обработване на информация от различни източници и успешно изпълнение на повече от една задача в един и същ момент. В авиационната сфера правилното разпределение на зрителното внимание на авиатора върху отделните пилотажни уреди и дисплеи се оказва решаващ фактор за осигуряване на ефективна и безопасна летателна мисия. В пилотното проучване се демонстрира нивото и качеството на зрителното внимание, свързано с окулографско изследване на движенията на очите при изпълнение на полет с БЛА при предварително зададени параметри на симулиран полет на тренажор C-STAR на фирма SimLat.

EYE TRACKING TECHNOLOGY FOR ASSESSMENT OF THE VISUAL ATTENTION OF TRAINED UAV OPERATORS THROUGH A SIMULATED "FLIGHT - PATTERN"

Lyubomir Aleksiev¹, Deanna Aleksandrova¹, Zoia Hubenova², Konstantin Metodiev²,
Svetla Dimitrova², Dimitar Nedialkov³

¹Military Medical Academy – Sofia, "Military and Marine Medicine" Department

²Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

³Military Academy G.S. Rakovski – Sofia

e-mail: aleksiev@vma.bg

Keywords: Oculography, fixations, attention, UAV operators, flight training

Abstract: An important requirement for ensuring effective cognitive activity is the proper distribution of attention - the ability of brain to respond adequately and simultaneously to various cognitive stimuli from the environment. This cognitive ability allows parallel processing of information from different sources and successful completion of more than one task at the same time. In the field of aviation, the proper distribution of pilot's visual attention on the different instruments and displays turns out to be a decisive factor in ensuring an efficient and safe flight mission. The present study demonstrates the level and quality of visual attention associated with oculographic examination of eye movements during UAV flight at pre-set parameters of a simulated flight of a C-STAR simulator of SimLat.

Въведение

Зрителното внимание е сложен конгломерат от процеси, които се активират при наблюдение на зрителни стимули. Отразява не само моментното възприятие на обекти от зрителното поле, но в същото време е важен елемент на когнитивната дейност, свързан с други

когнитивни функции като внимание, работна памет, бдителност, мислене, психомоторна координация, ориентация, планиране, преценка и оценка, вземане на решения.

Важно условие за осигуряване на ефективна когнитивна дейност е правилното разпределение на вниманието [1] - способността на мозъка да реагира адекватно и едновременно на различни когнитивни стимули от обкръжаващата среда. Тази познавателна способност позволява паралелно обработване на информация от различни източници и успешно изпълнение на повече от една задача [2].

Движенията на очите дават представа за зрителната перцепция и обработката на зрителната информация, което до голяма степен отразява човешкия мисловен процес [3]. Чрез измерване на определени зрителни параметри може да бъде оценявано зрителното внимание и качеството на възприятие на летателната информация в различните фази на полета [1], а също така да се интерпретира адекватността на оператора на безпилотния летателен апарат (БЛА) спрямо ситуацията в момента, включваща вземането на решения и проектирането на полета на летателното средство в бъдеще време [2].

Eye Tracking технология

Съвременната технология "Eye Tracking" е неинвазивен метод за регистриране и анализ на очните движения. За измерване на очната активност се използват проследяващи устройства, наречени очни тракери, най-популярни от които са безконтактните оптични тракери, използващи инфрачервена светлина. Иновативната технология за проследяване на погледа се оказва отличен метод за оценка на човешките очни движения в различни ситуации. Параметрите на очната активност, измерени с окулографските техники, дават представа за зрителното внимание, обработката на полетната информация и степента на когнитивно натоварване на оператора при различни полетни режими и условия [3, 4].

Основните физиологични очни характеристики, които имат отношение към оперативните способности на пилотите при управление на летателните платформи, включват предимно фиксации, сакади и плавни очни движения при преследване на подвижен зрителен стимул. Фиксацията е моментът, в който погледът се задържа в определена позиция, а сакадите са бързите премествания на очите от една зона на интерес към друга. Получената поредица от фиксации и сакади очертава траекторията на погледа или пътя на сканиране (scanpath). Зрителната информация се извлича по време на фиксациите и при плавното преследване на движещ се обект, докато по време на сакадите перцепция липсва [3].

Пилотно проучване

В „Лаборатория за подбор, обучение и контрол на оператори на безпилотни летателни апарати“ към секция „Аерокосмически системи за управление“, Институт за космически изследвания и технологии – БАН (кабинет 208, блок 1) се проведе пилотно проучване с оператори при симулиран полет с безпилотен самолет.

Целта на научното изследване е с възможностите на окулографски метод да се регистрират и анализират данни за фиксациите при движение на очите при управление на БЛА, извършвано от оператори с различно ниво на подготовка и опит със симулатор.

Контингент

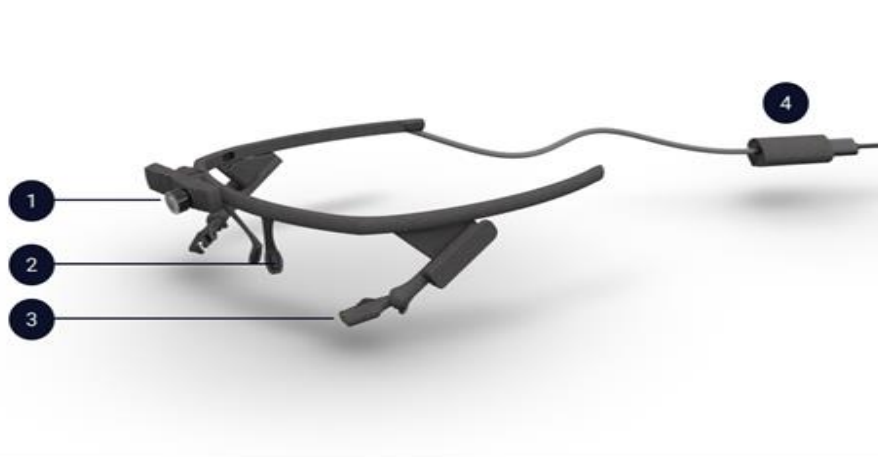
В пилотното проучване взеха участие общо 10 доброволци. Първата група беше съставена от седем участника с опит в управлението на БЛА, а втората - от трима начинаещи от колегиума на ИКИТ-БАН с никакъв или почти никакъв подобен опит.

Използвана апаратура

Експерименталната установка включва следните компоненти:

1. Тренажор C-Star на израелската фирма SimLat, който създава виртуална среда за симулиране на полети, до голяма степен наподобяваща реалната.

2. Мобилен окулограф. За регистриране на очните движения на участниците в изпитването е използван Мобилен окулограф Pupil Labs Core, на Pupil Labs, Германия (фиг. 1).



Фиг. 1. Бинокулярен мобилен окулограф Pupil Labs Core оборудван с:
1) World camera; 2) Nose support; 3) Eye infrared camera; 4) USB-C connector

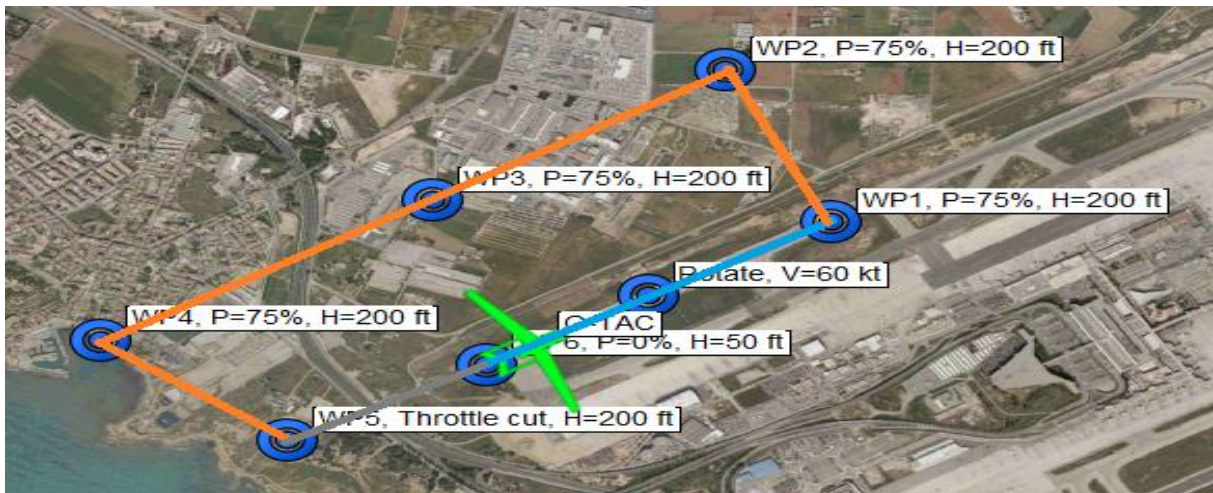
3. Таблет Samsung Galaxy Tab S5e. Данните от окулографа се събират с мобилно устройство - таблет Samsung Galaxy Tab S5e, след което се експортират към програмата Pupil Player за по-нататъшна обработка.

4. Работното място на оператора в наземната станция за управление на полета е оборудвано с тренажор C-Star, мобилен окулограф Pupil Labs Core, таблет Samsung Galaxy Tab S5e за събиране на данни, компютър и апаратура за управление (фиг. 2).



Фиг. 2. Общ вид на работното място с тренажор C-Star, мобилен окулограф Pupil Labs Core, Таблет Samsung Galaxy Tab

Задачата за изпълнение в пилотното проучване е „Управление на БЛА по зададена траектория“ - полет по кръга на БЛА в условен район от летище Палма де Майорка PMI, LEPA, полоса 06L при прости метеорологични условия, условно разделена на три основни етапа – излитане, круизен полет (полет по кръга) и насочване към пистата с кацане. Операторът трябва да постигне определени параметри по отношение на скорост, височина, време, посока и ориентация на безпилотния самолет при предварително изграден летателен план със 7 контролни маршрутни точки, в които се отчитат данните от навигационно-пилотажните прибори – компас, скоростомер и висотомер, както и положението на БЛА върху картата на региона и полосата за излитане и кацане (Фиг. 3).



Фиг. 3. Зона на полета с маршрутните точки. Условни данни при провеждане на полета и данни от навигационно-пилотажните уреди.

Резултати и обсъждане

За оценка на зрителното внимание на човешкия оператор, по време на целия полет се регистрират фиксациите на очите и свързаните с тях зрителни параметри по отношение на честота, продължителност и време в трите етапа на полета.

Средното полетно време за седем от направените записа на опитните оператори по зададения маршрут е 207.4 секунди (3 минути и 27 секунди). Наблюдава се минимална разлика по отношение времето изпълнение на трите проучвани фази на полета (Табл.1). Всеки от участниците успя да достигне определените контролни точки със зададени параметри за положение на лоста за управление на двигателя, курс, скорост и височина на полета. Три от записите бяха направени на полет без маршрут при неопитните участници с изображение на очните движения в трите етапа на полета (Табл. 2).

Данните от регистрираните фиксации по време на отделните фази на полета показват, че записите са с добро качество и позволяват обработка и анализ. Условното разделяне на полета на три части дава възможност за анализ на зрителното внимание чрез броя и продължителността на фиксациите в различните етапи от полетния процес.

Табл. 1. Данни за регистрираните фиксации при изследваните опитни оператори в различните етапи на полета по маршрут

Участник	Етап	Време на изпълнение	Продължителност, секунди	Брой фиксации	Фиксации за секунда	Средна продължителност ms	Станд. гр., ms
K1	Етап1	1 (до първи завой) 00:12-00:53	41	75	1.83	543.60	68.39
	Етап2	2 (до 4 завой) 00:54-02:29	95	214	2.25	420.24	27.80
	Етап 3	3 (до спиране) 02:30-03:08	38	36	0.97	1030.44	216.61
Общо K1			174	325	1.68	664.76	
M2	Етап1	1 (до първи завой) 00:08-00:50	42	53	1.25	754.31	124.96
	Етап2	2 (до 4 завой) 00:51-03:14	143	256	1.78	484.61	33.66
	Етап 3	3 (до спиране) 03:15-04:03	48	75	1.55	604.14	89.65
Общо M2			233	384	1.53	614.35	
П	Етап 1	1 (до първи завой) 00:16-01:06	50	99	1.97	478.76	48.01
	Етап 2	2 (до 4 завой) 01:07-02:54	107	254	2.36	393.32	21.75
	Етап 3	3 (до спиране) 02:55-03:44	49	76	1.54	621.47	75.17
Общо П			206	429	1.96	497.85	
A	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:51	41	86	2.06	477.27	52.54
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:52-02:32	100	267	2.69	360.36	17.71
	Етап 3	3 (до спиране) 02:33-03:18	45	30	0.70	1436.25	244.69
Общо A			186	383	1.82	757.96	
P	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:50	40	79	2.00	476.89	59.81
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:51-02:59	128	373	2.88	311.95	12.90
	Етап 3	3 (до спиране) 03:00-03:34	34	68	2.03	406.42	56.87
Общо P			202	520	2.30	398.42	
3	Етап 1	1 (до първи завой) 00:08-00:52	44	90	2.02	473.44	60.75
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:53-02:32	99	202	2.03	455.16	34.92
	Етап 3	3 (до спиране) 02:33-03:46	73	172	2.37	398.13	25.14
Общо 3			216	464	2.14	442.24	
K2	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:39	29	80	2.70	240.40	19.87
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:40-01:54	74	154	2.06	401.38	31.02
	Етап 3	3 (до спиране) 01:55-02:40	45	62	1.36	703.32	113.00
Общо K2			148	296	2.04	448.37	
Средно за всички	Етап 1	1 (до първи завой)	41.00	80.29	1.97	492.10	62.05
	Етап 2	2 (до 4 завой)	106.57	245.71	2.29	403.86	25.68
	Етап 3	3 (до спиране)	47.43	74.14	1.50	742.88	117.30
Общо за всички			195.00	400.14	1.92	546.28	

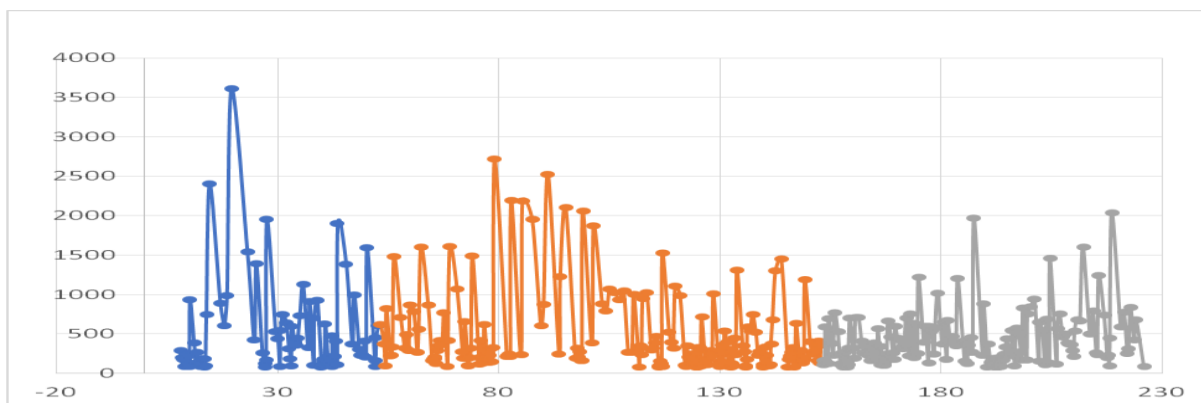
Табл. 2. Данни за регистрираните фиксаци при изследваните оператори при полет без маршрут

Участник	Продължителност, секунди	Брой фиксаци	Фиксаци за секунда	Средна Продължителност ms	Станд. гр., ms
Д - неопитен, с очила (миопия)	260	505.00	2.08	317.55	17.60
И - неопитен	340	791.00	2.44	392.26	12.33
М-опитен, (с очила, миопия)	210	353.00	1.75	519.98	31.44

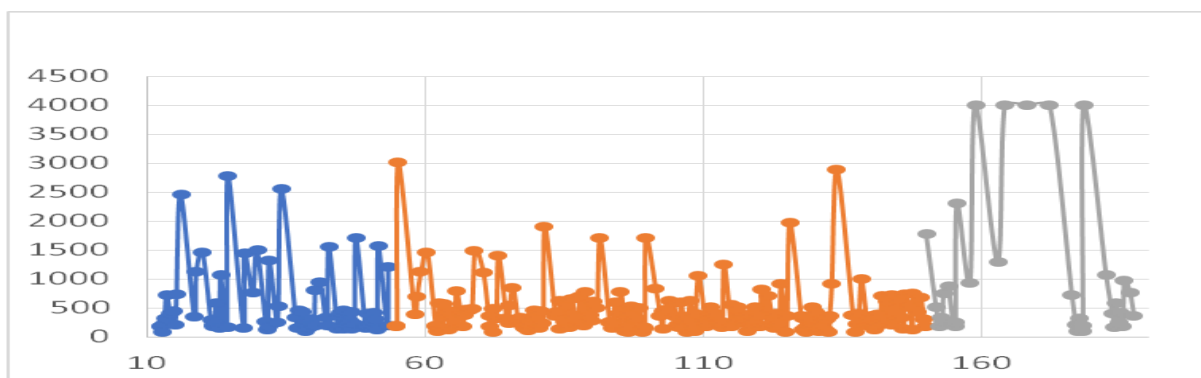
За демонстрация на получените резултати са показани записите от окулографските изследвания на четирима обучени оператора, на един необучен и на инструктора, провеждащ обучението - „полет-еталон“ (съответно фиг.4. фиг.5 и фиг.6).



Фиг. 4. Регистрирани фиксаци при симулиран полет с БЛА при четирима опитни оператори. Изображенията на фиксациите са оцветени в различни цветове в отделните етапи на полета: фаза на излитане – в синьо ; фаза на круиз - оранжево; кацане – в сиво.



Фиг. 5. Регистрирани фиксации при симулиран полет с БЛА при неопитен оператор



Фиг. 6. Регистрирани фиксации при симулиран полет с БЛА при обучаващия инструктор - по този начин би трябвало да изглеждат фиксациите и разпределението на зрителното внимание при полета „ЕТАЛОН“

При опитните оператори се наблюдава сходство по отношение на фиксациите в трите фази на полета. Налице е относително монотонен модел на сканиране по време на круиза. Прави впечатление характерът на фиксациите в етапа кацане: ниско честотни с високи амплитуди, което отразява по-голямата продължителност на фиксациите в тази фаза на полета. Свързва се с трудността на дейностите, изискващи продължително съсредоточаване на вниманието върху по-малко на брой, но важните за изпълнение на сложния процес на кацане източници на информация, а именно: екрана и пилотажните прибори, които са от решаващо значение за изпълнение на задачата за приземяване.

При неопитните оператори моделът на фиксациите се демонстрира с повишена амплитуда и по-ниска честота в първия и втория етап на полета – излитане и круиз. Обратно на този модел, в етапа на кацане се наблюдават фиксации с по-висока честота и по-ниска амплитуда (по-кратки фиксации). Липсата на летателен опит с предварително изградени модели за сканиране води до по-хаотично визуално търсене на източниците, което забавя и затруднява обработката на зрителната информацията, и води до изразходване на по-големи когнитивни ресурси.

Броят и продължителността на фиксациите дават представа как се разпределя зрителното внимание на оператора, кои са важните източници на информация за него и какви времеви ресурси са необходими за този процес, за да бъде ефективно управляван безпилотният самолет. Очевидно, подготвените оператори съумяват да насочат вниманието си върху обектите с ключова роля в зависимост от сложността на ситуацията. Необучените изразходват продължителни времеви ресурси за сканиране на по-големи региони на интерес и с по-висока честота почти през цялото време на полета, което говори за намалена изборителна способност поради липсата на опит и изградени модели на зрително поведение.

Изводи

Ако полетът на оператор с продължителен летателен опит (Фиг.6) бъде приет за еталон по отношение на разпределение на вниманието, базирано на фиксациите на погледа, могат да бъдат посочени с голяма достоверност времеви интервали, в които оператори с по-малко опит допускат ненужни пропуски и отклонения на зрителното внимание. Създаването на

”еталонни полети” на базата на обобщени данни от полети на добре обучени оператори дава възможност за анализ на постигнатото в процеса на обучение на начинаещите в няколко аспекта:

1. Времево разпределение на вниманието.
2. Определяне на зоните на интерес върху дисплея.
3. Способност за сканиране на средата, включваща както информация от екрана за пространственото разположение на БЛА, така и информацията от пилотажните уреди.
4. Анализ на психологични качества като време на реакция, съобразителност, наличие на моторни реакции, пространствена ориентация и др.
5. Начини за преодоляване на допуснати грешки и определяне на причините за тяхната поява.
6. Обективно решение за допълнително обучение.

Заклучение

Важна насока при изследване на операторите при управлението на БЛА е да се направи оценка какъв умствен и физиологичен ресурс е използван за изпълнение на летателната задача. Разпределението на зрителното внимание на оператора е процес, за който се знае малко по отношение на човешките когнитивни ресурси, тъй като се приема като естествена даденост при извършване на даден вид умствена дейност, подчинена на стремежа за реализация на поставената цел. На този етап няма достатъчно информация как се постига при отделните индивиди и на каква цена, тъй като все още когнитивната дейност е трудно измерима чрез обективни критерии и количествен анализ. Необходими са допълнителни проучвания с Айтрекинг технологията, които да валидират резултатите относно зрителното поведение на операторите в полет и да дадат отговори на въпросите, свързани с управлението на БЛА.

Литература:

1. F. Frische & J.-P. Osterloh & A. Ludtke , OFFIS Institute for Information Technology and NASA. Simulating Visual Attention Allocation of Pilots in an Advanced Cockpit Environment <https://ntrs.nasa.gov/citations/20110012085> NASA Technical Reports Server
2. Хубенова, Зоя, Константин Методиев, Светла Димитрова, ИКИТ–БАН, Приложение на айтрекинга за оценка на човешкия фактор при експлоатация на безпилотни летателни системи, XV Международна научна конференция Space, Ecology, Safety (SES), Sofia, 6-8 Nov, 2019 http://www.space.bas.bg/SES/archive/SES%202019_DOKLADI/2_Aerospace%20Technologies/3_Hubenoava.pdf
3. Mackenzie, G. Glaholt, Eye tracking in the cockpit: a review of the relationships between eye movements and the aviator’s cognitive state, DRDC – Toronto Research Centre, Defence Research and Development Canada, Scientific Report; DRDC-RDDC-2014-R153, December 2014 https://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc198/p801398_A1b.pdf
4. Kyle Kent, Edward Ellis, University of Iowa, Iowa Research Online, 2009 Eye tracking metrics for workload estimation in flight deck operations <http://smarteys.se/wp-content/uploads/2015/01/Ellis-Kyle-Kent-Edward.pdf>