

Айтрекинг технология за оценка на зрителното внимание на обучаеми оператори на БЛА чрез симулиран „полет – еталон“

Проф. д-р Л. Алексиев¹ д-р Д. Александрова¹,
доц. д-р З. Хубенова², доц. д-р К. Методиев²
доц. д-р С. Димитрова², проф. Д. Неделков²
¹ Катедра „Авиационна и морска медицина“ - ВМА, София
² Институт Космически Изследвания и Технологии – БАН

Въведение

Зрителното внимание е сложен конгломерат от процеси, които се активират при наблюдение на зрителни стимули. Отражава 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 – способността на мозъка да реагира адекватно и едновременно на различни когнитивни стимули от обкръжаващата среда. Тази познавателна способност позволява паралелно обработване на информацията от различни източници и успешно изпълнение на повече от една задача.

Движенията на очите дават представа за зрителната перцепция и обработката на зрителната информация, което до голяма степен отразява човешкия мисловен процес. Чрез измерване на определените зрителни параметри може да бъде оценявано зрителното внимание и качеството на възприятието на летателната информация в различните фази на полета, 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.

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.

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 проследяване 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 фиксации и при плавното проследяване на движещ се обект, докато по време на сакадите перцепция липсва.

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 провежда 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 фиксации при движение на очите при управление на БЛА, извършвано от оператори с различно ниво на подготовка и опит със симулатор.

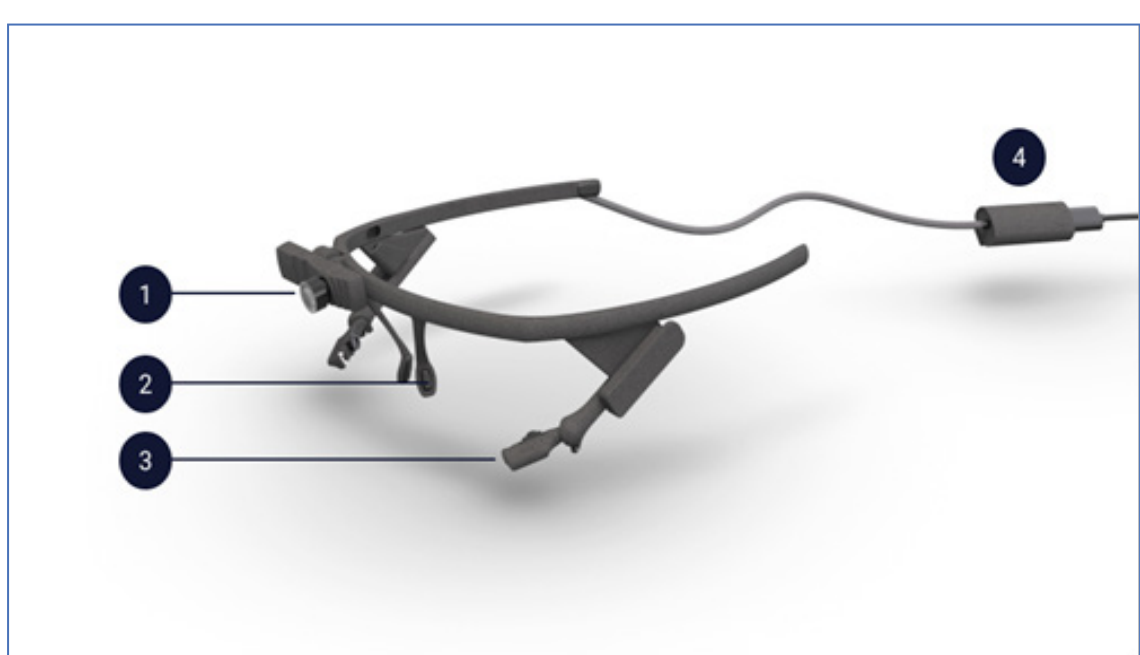
Контингент

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. Бинокуларен 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 фиксации на очите и свързаните с тях зрителни параметри по отношение на честота, продължителност и време в трите етапа на полета.

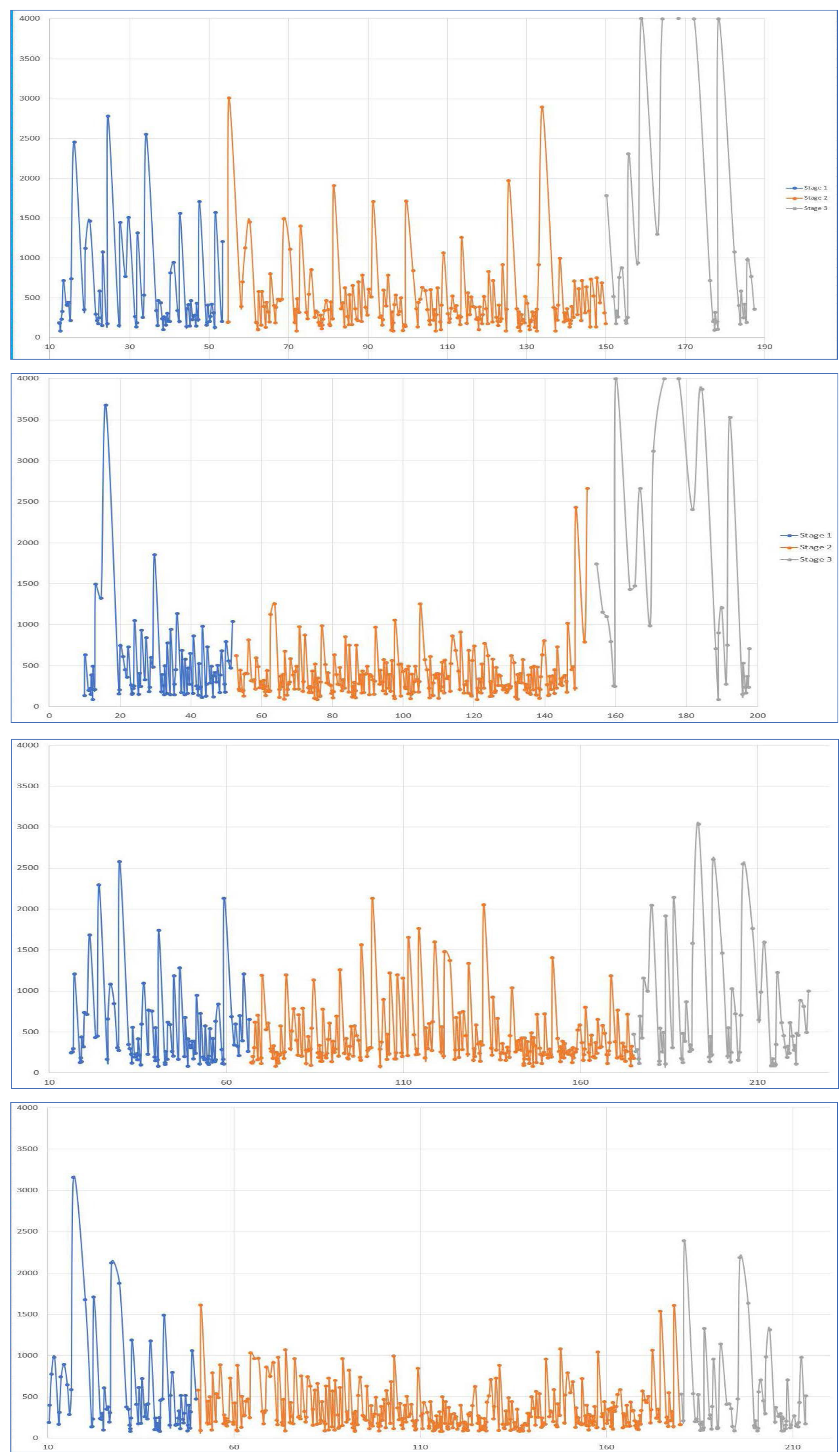
Средното полетно време за седем от направените записи на опитните оператори по зададения маршрут е 207.4 секунди (3 минути и 27 секунди). Наблюдава се минимална разлика по отношение времето изпълнение на трите проучвани фази на полета (Табл.1). Всеки от участниците успя да достигне определените контролни 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 неопитни участници с изображение на очните движения в трите етапа на полета.

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 фиксации в различните етапи от полетния процес.

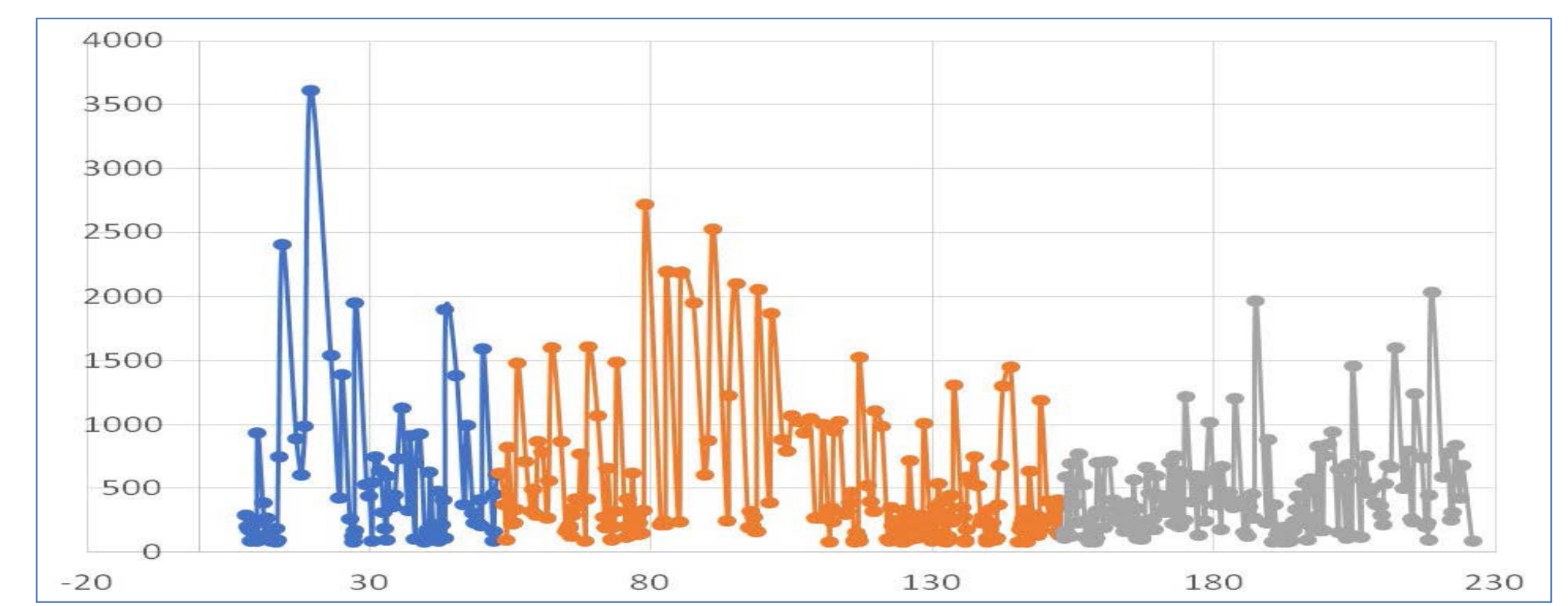
Участник	Етап/ Параметър	Етап/ Време на изпълнение	Продължителност в секунди	Брой фиксации	Фиксации за секунда	Средна продължителност ms	Станд. гр. ms
K1	Етап1	1 (до първи завой) 00:12-00:53	41	75	1.82802	543.6003	68.39146507
	Етап2	2 (до 4 завой) 00:54-02:29	95	214	фев.55	420.2426332	27.79585981
	Етап 3	3 (до спирание) 02:30-03:08	38	36	0.9667	1030.440903	216.6061771
	Общо K1		174	325	1.68007	664.7612787	
M2	Етап1	1 (до първи завой) 00:08-00:50	42	53	1.248943	754.3105849	124.9552227
	Етап2	2 (до 4 завой) 00:51-03:14	143	256	1.781394	484.6148242	33.65918031
	Етап 3	3 (до спирание) 03:15-04:03	48	75	1.553307	604.13718	89.65372517
	Общо M2		233	384	1.52721	614.3541964	
П	Етап 1	1 (до първи завой) 00:16-01:06	50	99	1.972339	478.7578485	48.00932132
	Етап 2	2 (до 4 завой) 01:07-02:54	107	257	2.355731	393.323689	21.74677904
	Етап 3	3 (до спирание) 02:55-03:44	49	76	1.543836	621.4665066	75.16726757
	Общо П		206	429	яну.73	497.849348	
A	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:51	41	86	2.050453	477.2707151	52.53687691
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:52-02:32	100	267	2.694355	360.3540187	17.71277651
	Етап 3	3 (до спирание) 02:33-03:18	45	30	0.698292	1436.2488	244.6871617
	Общо A		186	383	1.81603	757.9611779	
P	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:50	40	79	2.000203	476.8930506	59.81003397
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:51-02:59	128	373	2.879195	311.9538499	12.90366085
	Етап 3	3 (до спирание) 03:00-03:34	34	68	2.031426	406.4214265	56.86779867
	Общо P		202	520	2.30361	398.4227757	
3	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:52	44	90	2.016122	473.4420556	60.75300715
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:53-02:32	99	202	2.02942	455.1552129	34.91953216
	Етап 3	3 (до спирание) 02:33-03:46	73	172	2.370318	398.1266628	25.14485157
	Общо 3		216	464	2.13862	442.2413104	
K2	Етап 1	1 (до първи завой) 00:10-00:39	29	80	2.699307	240.4006375	19.86673203
	Етап 2	2 (до 4 завой) 00:40-01:54	74	154	2.062352	401.3818896	31.01648598
	Етап 3	3 (до спирание) 01:55-02:40	45	62	1.362747	703.3218468	112.9970792
	Общо K2		148	296	2.04147	448.3681246	
Средно за всички	Етап 1	1 (до първи завой)	41	80.28571429	1.97406	492.096456	62.04609416
	Етап 2	2 (до 4 завой)	106.5714286	245.7142857	2.29256	403.8623025	25.67923924
	Етап 3	3 (до спирание)	47.42857143	74.14285714	яну.38	742.8804751	117.3034373
	Общо за всички		195	400.1428571	1.92347	546.2797445	
Неопитни без маршрут							
D – с очила, милия			Около 260	505	2.082413	317.5484426	17.59781994
I			Около 340	791	2.444272	392.2581928	12.32728
M-опитен с очила, милия			Около 210	353	1.748147	519.9763654	31.44109548

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

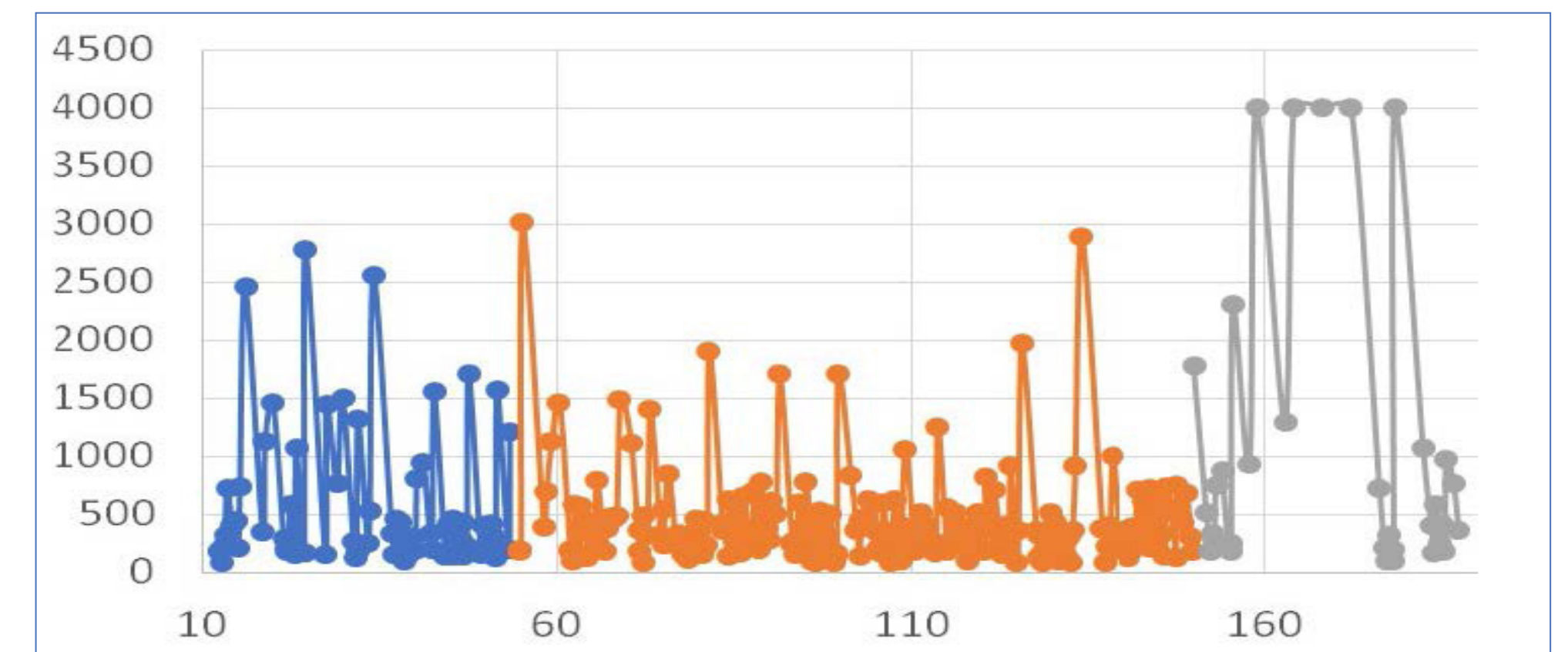
За демонстрация на получените резултати са показани записите от окулографските изследвания на четирима обучени оператора, на един необучен и на инструктора, провеждащ обучението – „полет-еталон“ (съответно фиг.4, фиг.5 и фиг.6).



Фиг. 4. Регистрирани фиксации при симулиран полет с БЛА при четирима опитни оператори. Изображенията на фиксации 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 изглежда фиксацията и разпределението на зрителното внимание при полета „ЕТАЛОН“

При опитните оператори се наблюдава сходство по отношение на фиксации в трите фази на полета. Налице е относително монотонен модел на сканиране по време на круиза. Първи впечатление характерът на фиксации в етапа кацане: ниско честотни с високи амплитуди, което отразява по-голямата продължителност на фиксации в тази фаза на полета. Съвързва 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 фиксации 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 фиксации 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, подготовените 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 избирателна 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 фиксации 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. Зоя Хубенова, 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, Sofia 6-8 Nov 2019
2. Dale Richards, Kurtulus Izzetoglu, Graham Shelton-Rayner, UAV Operator mental workload - A neurophysiological comparison of mental workload and vigilance https://www.researchgate.net/publication/318143934_UAV_Operator_mental_workload_-_A_neurophysiological_comparison_of_mental_workload_and_vigilance
3. David M. Jacobs, Antoine H. P. Morice, Cyril Camachon, Gilles Montagne, May 24, 2018
Eye position affects flight altitude in visual approach to landing independent of level of expertise of pilot <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0197585>
4. F. Frische & J.-P. Osterloh & A. Ludtke, OFFIS Institute for Information Technology + NASA
Simulating Visual Attention Allocation of Pilots in an Advanced Cockpit Environment <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20110012085.pdf>
5. Iveta Skvarekova*, Filip Skultetya Air Transport Department, University of Zilina, May 29-31 2019
Slovakia; 13th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport
Objective Measurement of Pilot's Attention Using Eye Track Technology during IFR Flights www.sciencedirect.com
6. Jaclyn Hoke, Christopher Reuter, Thomas Romeas, Maxime Montariol, Thomas Schnell, Jocelyn Faubert, Perceptual-Cognitive and Physiological Assessment of Training Effectiveness, Nov 2017
www.researchgate.net/publication/321715278_Perceptual_Cognitive_Physiological_Assessment_of_Training_Effectiveness
7. Kyle Kent, Edward Ellis, University of Iowa, Iowa Research Online, 2009
Eye tracking metrics for workload estimation in flight deck operations <http://smarteye.se/wp-content/uploads/2015/01/Ellis-Kyle-Kent-Edward.pdf>
8. Lund Tobias Nisser, Carl Westin, University School of Aviation, Human Factors Challenges in Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Literature Review, 2006-11-08
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.2233&rep=rep1&type=pdf>
9. 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-RD-DC-2014-R153, December 2014