

## СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

А.В. Лютыч

Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь

*This article is devoted to evaluating the effectiveness of human-machine interaction. It is proposed to use the stability platform as a tool for measuring the physiological state of the user before and after his work with a specific device.*

Измерение физиологического состояния пользователя персонального компьютера позволяет достаточно быстро определить слабые стороны разрабатываемого продукта. Биометрические данные, по сравнению с подходами, предусматривающими участие эксперта по эргономике интерфейса, опрос пользователей и т.д., более пригодны для автоматической интерпретации и последующей оценки физической и когнитивной нагрузки пользователя в процессе работы [1].

Известно, что когнитивные расстройства в целом и состояние сферы внимания в частности оказывают влияние на функцию равновесия. Поэтому к числу информативных параметров организма, помимо сердечного ритма, кровяного давления, электропроводности кожи, активности мышц и головного мозга, можно отнести устойчивость вертикальной позы человека, его способность сохранять равновесие с открытыми и закрытыми глазами.

Разработанная на базе датчика BWT901CL стабилOMETрическая платформа с мобильным доступом [2] использована для измерения физиологического состояния пользователя персонального компьютера до и после его работы с конкретным программным обеспечением или устройством с целью оценки эффективности человеко-машинного взаимодействия.

Так, в рамках лабораторных занятий по дисциплине «Психология человеко-машинного взаимодействия» проводится оценка физической и ментальной нагрузки человека-оператора при работе с нестандартными устройствами ввода. В частности, проводились исследования эргономичности клавиатуры, внешний вид которой представлен на рисунке 1.

В отличие от обычных клавиатур, т.н. «ломаные» клавиатуры с приподнятой центральной частью (клавиатуры класса Healthier) способствуют более удобному расположению кистей для печати. Это способствует минимизации риска возникновения «туннельного синдрома». Проблема заключается в том, что человек-оператор, ранее не работавший с данным видом клавиатур, может испытывать некоторые затруднения.



Рисунок 1 – Внешний вид эргономичной клавиатуры

Суть эксперимента заключалась в наборе человеком-оператором заранее заданного текста сначала посредством обычной, а затем эргономичной клавиатуры. Текст представлял собой два четверостишья на английском языке.

Измерения для каждого испытуемого проводились в три этапа:

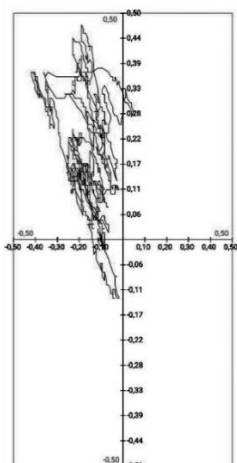
- в начале эксперимента – этап 1;
- после взаимодействия с обычной клавиатурой – этап 2;
- после взаимодействия с эргономичной клавиатурой – этап 3.

В ходе эксперимента фиксировалось время набора текста и количество ошибок (таблица 1).

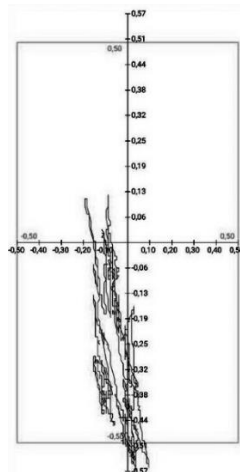
Таблица 1 – Результаты выполнения заданий в первой серии экспериментов

	Испытуемый 1		Испытуемый 2	
	Длительность, мин.	Количество ошибок	Длительность, мин.	Количество ошибок
Этап 2	65+109	5	76+75	5
Этап 3	177+144	5	188+135	10

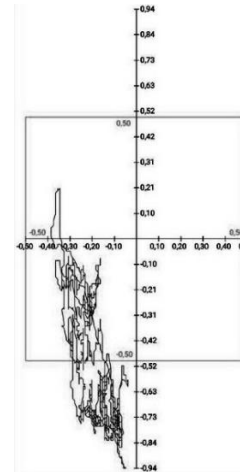
Измерения стабилметрических параметров на каждом этапе проводились по методу Ромберга – с открытыми и закрытыми глазами. На рисунках 2 и 3 представлены статокинезиограммы, полученные на трех этапах, для испытуемого 1 и испытуемого 2 соответственно. На графиках прямоугольником выделены пороговые значения допустимого отклонения центра давления по осям X и Y, при этом для состояния «глаза открыты» эти значения установлены в 0,5, а для состояния «глаза закрыты» - в 0,9.



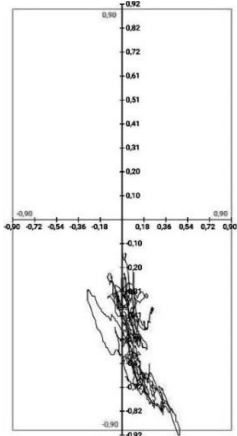
этап 1, глаза открыты



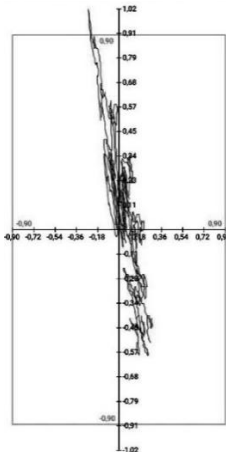
этап 2, глаза открыты



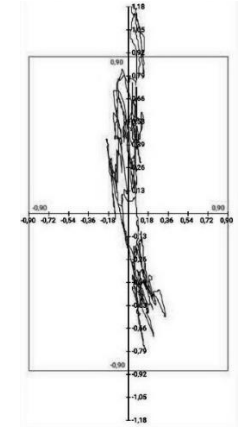
этап 3, глаза открыты



этап 1, глаза закрыты



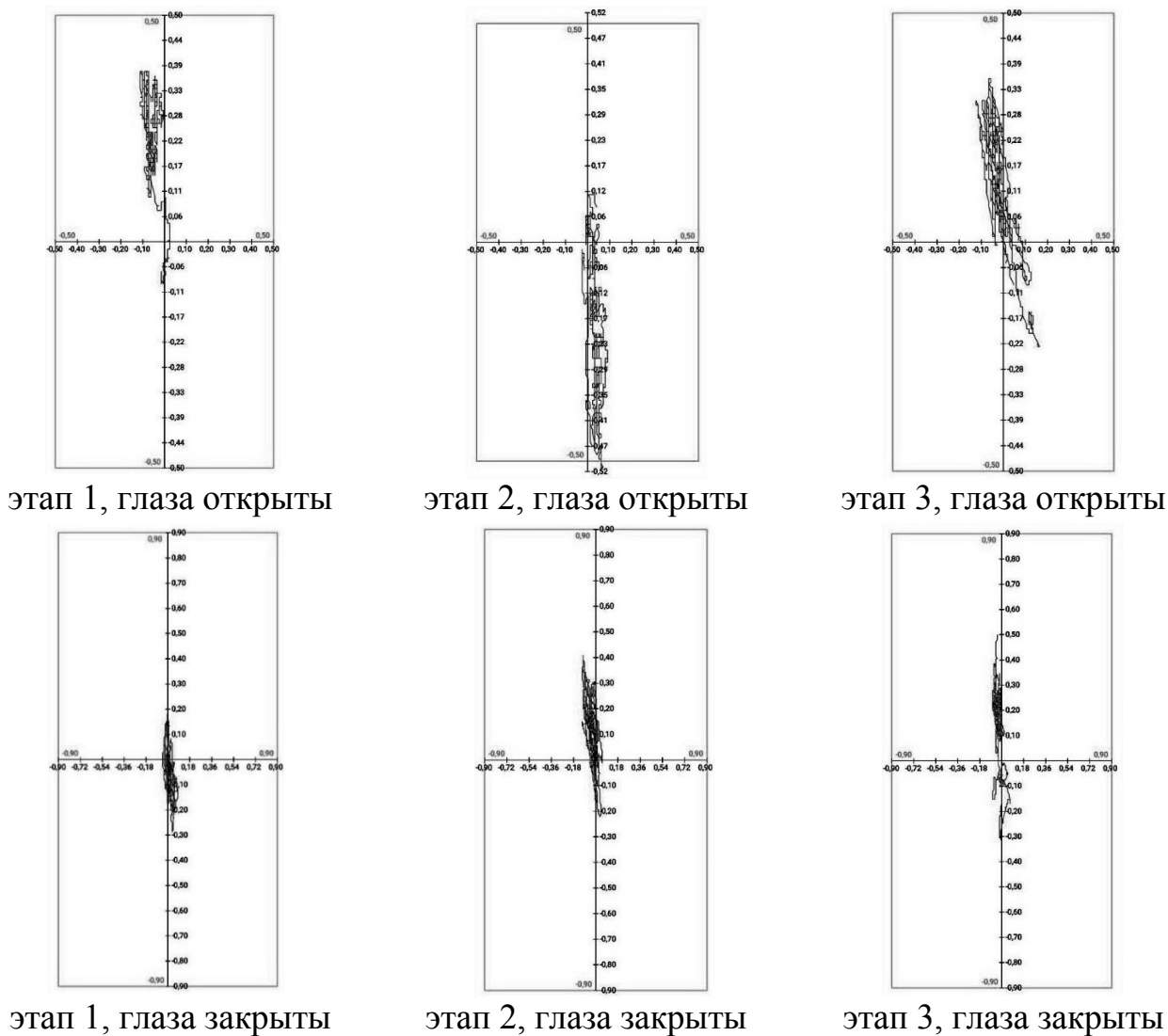
этап 2, глаза закрыты



этап 3, глаза закрыты

Рисунок 2 – Статокинезиограммы испытуемого 1

Результаты экспериментов показали, что для испытуемого 1 наблюдается поэтапное ухудшение функции его вертикальной устойчивости, как с открытыми, так и с закрытыми глазами. Данный испытуемый изначально имел худшие показатели, по сравнению с испытуемым 2. Для испытуемого 2 существенных изменений, связанных с работой на нестандартной клавиатуре, в статокинезиограммах не наблюдается.



*Рисунок 3 – Статокинезиограммы испытуемого 2*

Была проведена вторая серия таких же экспериментов, но уже над другими испытуемыми (таблица 2). В таблицах 3-4 представим числовые значения стабилметрических параметров.

Таблица 2 – Результаты выполнения заданий во второй серии экспериментов

	Испытуемый 3		Испытуемый 4	
	Длительность, мин.	Количество ошибок	Длительность, мин.	Количество ошибок
Этап 2	79+75	0	57+46	0
Этап 3	252+217	0	189+136	0

Таблица 3 – Стабилометрические параметры испытуемого 3

Этап	Состояние	Среднее значение		Средне-квadraticное отклонение		Статокинезиограмма		Коэффициент Ромберга
						Длина	Площадь	
		~X	~Y	$\sigma X$	$\sigma Y$	L	S	QR
1	ГО	-0,12	0,01	0,06	0,11	11,01	0,1448	35,40
	ГЗ	0,07	0,69	0,08	0,35	18,01	0,4091	
2	ГО	0,11	-0,20	0,03	0,06	11,02	0,0637	38,30
	ГЗ	0,07	-0,37	0,05	0,17	15,32	0,1669	
3	ГО	0,00	0,05	0,04	0,07	8,03	0,0617	52,87
	ГЗ	0,03	-0,12	0,04	0,11	10,95	0,1166	

Таблица 4 – Стабилометрические параметры испытуемого 4

Этап	Состояние	Среднее значение		Средне-квadraticное отклонение		Статокинезиограмма		Коэффициент Ромберга
						Длина	Площадь	
		~X	~Y	$\sigma X$	$\sigma Y$	L	S	QR
1	ГО	-0,11	-0,09	0,07	0,09	10,87	0,1391	144,16
	ГЗ	0,01	-0,13	0,03	0,12	13,83	0,0965	
2	ГО	-0,05	-0,07	0,03	0,10	8,34	0,0580	53,59
	ГЗ	-0,02	0,10	0,04	0,14	12,22	0,1083	
3	ГО	-0,07	0,05	0,02	0,07	8,79	0,0415	53,49
	ГЗ	-0,05	0,01	0,03	0,11	9,73	0,0775	

Детальный анализ результатов второй серии экспериментов показал улучшение показателей вертикальной устойчивости для обоих испытуемых: уменьшение значений длины и площади статокинезиограммы, а также среднеквадратичного отклонения, в большей степени в состоянии «глаза закрыты». Вероятно, это связано с повышением концентрации и внимания, связанным с ответственным выполнением поставленной задачи: испытуемые не допустили при наборе текста ни одной ошибки. Таким образом, можно наблюдать два вида сценариев работы испытуемых: с мотивацией на более быстрое и с мотивацией на максимально безошибочное выполнение заданий.

Для дальнейшего изучения факторов, имеющих отражение в значениях показателей вертикальной устойчивости, необходимо увеличить количество испытуемых, зафиксировав их индивидуальные особенности (антропометрические показатели, острота зрения и др.), а для повышения достоверности оценки целесообразным является одновременное измерение нескольких биометрических параметров (ЧСС, кровяное давление, активность головного мозга и т.д.) с последующим отслеживанием их корреляции.

Таким образом, стабилометрическая платформа может являться инструментом для оценки особенностей воздействия программных и аппаратных продуктов на состояние человека-оператора и на эффективность его работы.

#### Список использованных источников

1. Костюк Д.А., Латий О.О., Маркина А.А. Биометрическая измерительная система для оценки состояния пользователя ПК // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018): материалы международной научной конференции. Минск, БГУИР, 25 октября 2018 г. – С. 166–167.

2. Старосотников, В.Д., Царик, В.А. Стабилоплатформа с микроконтроллерным управлением // Электронные системы и технологии: сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. Минск, 18–22 апреля 2022 г. – Минск : БГУИР, 2022. – С. 321–323.

UDC 004.514.62

## **APPLYING KALMAN FILTER FOR THE TASK OF THE BIOMETRIC DATA TIME SERIES UNIFICATION**

A.A. Shulgan

Brest State Technical University, Brest, Belarus, [shulgan.antip@gmail.com](mailto:shulgan.antip@gmail.com)

*The use of the recursive Kalman filter for restoring missed values and time series frequency unification is discussed for the use case of biometric data collected from the user-grade devices to monitor the mental and physical load on the user while working with some software or hardware product. Specifics of applying filter to the biometric data is considered, as well as simplifying the implementation with the high-level pykalman software library.*

Working with a computer, whether it is interacting with a specific application or simply with a graphical shell, involves cognitive, visual and motor processes. Categories of the same name can be distinguished for the loads experienced by the operator in the course of work.

A promising approach to determining the effectiveness of the user's work is to measure the user's body parameters associated with physical and cognitive load (for example, heart rate, blood pressure, skin electrical conductivity,  $\beta$ -rhythms of the brain, etc.) during work. Until recently, the use of this approach was limited by the low prevalence and high cost of the required equipment, but recently a significant number of devices with biometric sensors have appeared in the area of fitness and entertainment (photoplethysmographic heart rate sensors in fitness trackers and smart watches, consumer devices that register gaze direction or brain electric activity, etc.).

All these devices have the following advantages from the researcher's point of view [1, 2]:

- they are capable of continuous monitoring,
- they allow transmitting data to a personal computer,
- they widely available on the market due to mass production.

However, given that biometric measurements are indirect and are affected by extraneous external and internal factors [2], at least paired measurements are appropriate (for example, galvanic skin response measured in pair with heart rate). Therefore, the use of a heterogeneous set of biometric data obtained from several unrelated sources, aimed at building a model from the most complete set, creates additional problems, since it usually turns out that some time series have a higher sampling rate than others do.

Different-frequency time series of data require preliminary transformation. In this case, either the data of lower frequencies are interpolated to the upper frequency [3],