

В.М. КИЧАК, В.І. МАКОГОН, М.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ
Вінницький національний технічний університет

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ДРІБНОЇ МОТОРИКИ ТА СТРЕСОСТІЙКОСТІ ОПЕРАТОРІВ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ ПРИСТРОЇВ

У статті розглядається інформаційна система для оцінювання рівня дрібної моторики та оцінки стресостійкості кандидатів для навчання на операторів дистанційно керованих пристроїв. Також розглянуто особливості будови дистанційно керованих пристроїв та систем керування ними. Особливу увагу приділено будові та ергономіці пультів дистанційного керування, з метою визначення можливості використання їх для оцінки дрібної моторики та фізіологічного стану оператора дистанційно керованого пристрою. Розроблена інформаційна система базується на визначенні рівня дрібної моторики та оцінці стресостійкості кандидатів на навчання операторів дистанційно керованих пристроїв. У даній системі для оцінки дрібної моторики кисті рук людини використовується персональний комп'ютер та спеціальні пристрої адаптери, в якості яких через перетворювач інтерфейсів використовується пульт керування радіомоделями. Для визначення стресостійкості під час тестування використовується вимірювач пульсу. Інформаційна система з персональних комп'ютерів зі спеціалізованим програмним забезпеченням, на яких відбувається тестування та сервера для розміщення бази даних результатів тестування. Дана система дозволить здійснювати оцінку дрібної моторики та визначати стресостійкість операторів дистанційно керованих пристроїв, зберігання та аналіз результатів тестувань, які проходить оператор протягом свого навчання та роботи. Використання запропонованої інформаційної системи дозволяє автоматизувати вимірювання, зберігати та відстежувати динаміку результатів тестування для кожного учасника, значно зменшити вартість та час навчання операторів дистанційно керованих пристроїв за рахунок попереднього відбору кандидатів за рівнем розвитку дрібної моторики та оцінки його стресостійкості.

Ключові слова: дрібна моторика, інформаційна система, тестування, оператор дистанційно керованих пристроїв.

V.M. KUCHAK, V.I. MAKOGON, M.V. VASYLKIIVSKYI
Vinnytsia National Technical University

INFORMATION SYSTEM FOR DETERMINATION OF SMALL MOTOR LEVELS AND ASSESSMENT OF STRESS RESISTANCE OF REMOTE CONTROLLED OPERATORS

The article deals with an information system for determining the level of fine motor skills and assessing the stress resistance of candidates for training in operators of remote-controlled devices. Features of the construction of remote-controlled devices and their control systems are also considered. Particular attention is paid to the structure and ergonomics of the remote controls, in order to determine the possibility of using them for the assessment of fine motor skills, and the physiological condition of the operator of the remote-controlled device. The developed information system is based on determining the level of fine motor skills and assessing the stress resistance of candidates for training operators of remote-controlled devices. This system uses a personal computer and special device adapters to evaluate the fine motor skills of a person's hand using a radio remote control via the interface converter. A pulse meter is used to determine stress resistance during testing. The information system includes such components as personal computers on which specialized software is installed and on which the testing is performed and the servers on which the test results database is hosted. This system will allow you to assess fine motor skills and determine the stress resistance of operators of remote-controlled devices, storage and analysis of test results that the operator undergoes during his training and work.

The use of the proposed information system makes it possible to automate the measurement, store and track the dynamics of the test results for each participant, significantly reduce the cost and time of training of operators of remote-controlled devices by pre-selecting candidates for the level of fine motor development and assessing its stress resistance.

Keywords: fine motor skills, information system, testing, operator of remote-controlled devices.

Вступ

Швидкий розвиток технологій отримання, передачі, обробки та зберігання даних створив передумови для розвитку пристроїв з дистанційним керуванням. До таких пристроїв можна віднести безпілотні літальні апарати; роботи з колісним або гусеничним приводом; роботи, що працюють на великій глибині; роботи, що працюють у космосі і т.д. Також їх можна умовно розділити на дві частини: 1 – рухома платформа; 2 – корисне навантаження.

Рухома платформа призначена для переміщення пристрою у просторі, наприклад планер безпілотного літального апарату. Корисне навантаження – це комплекс обладнання, який виконує основне завдання місії дистанційно керованого пристрою, наприклад фотоапаратура на планері безпілотного літального апарату – розвідника. Для простих пристроїв, які виконують нескладні завдання з невеликою швидкістю, один оператор керує платформою та корисним навантаженням (можливо також використовувати нерухомі блоки корисного навантаження, такі як наприклад відеокамери, нерухомо закріплені на планері). Для більш складних пристроїв один оператор керує переміщенням пристрою, а інший керує корисним навантаженням (фото-, відеоапаратурою, маніпулятором і т.д.). Крім того, для координації роботи двох операторів дистанційно керованого пристрою призначається керівник, який слідкує за роботою операторів і дає їм необхідні вказівки для ефективного та безпомилкового використання пристрою [1].

Актуальність відбору та навчання операторів дистанційно керованих пристроїв підтверджується великою кількістю наукових праць на цю тематику за кордоном. Зокрема у праці [2] розглядаються вимоги щодо кваліфікації пілота, оператора безпілотних літальних апаратів (БПЛА) виданих авіаційними органами США, Великобританії, Китаю. Особлива увага звертається на людський фактор та показники фізіологічного здоров'я, які є важливими для відбору та навчання пілотів БПЛА.

Дистанційно керовані пристрої використовуються для виконання завдань з високим рівнем ризику. Виконання таких завдань вимагає психологічної стійкості оператора під час роботи у стресових ситуаціях. Під впливом стресу прискорюється пульс, відбуваються зміни шкіро-гальванічної реакції, з'являється відчуття спраги, сухості, підвищується артеріальний тиск, змінюється частота і ритм серцевих скорочень, показники температури тіла, зінічний рефлекс, показники електроенцефалограми, електрокомуграми, електроміограми [3].

Метою роботи є розробка інформаційної системи для оцінювання рівня розвитку дрібної моторики, особливість якої полягає в тому, що для роботи з графічними фігурами використовується пульт керування радіомоделями, що дає можливість оцінити рівень розвитку дрібної моторики, необхідний для роботи оператором дистанційно керованих пристроїв, а відстеження частоти пульсу при такому тестуванні дозволяє оцінити стресостійкість кандидата для такої діяльності.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі: розробити інформаційну систему для відбору операторів дистанційно-керованих пристроїв; розробити алгоритм роботи інформаційної системи; розглянути особливості її технічної реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний час для визначення дрібної моторики використовуються застарілі методики, які ґрунтуються на оцінюванні маніпулювання дрібними предметами. Як приклад, можна розглянути тест маніпулювання з дрібними предметами Кроуфорда. Під час проходження такого тесту необхідно здійснювати такі операції, як розміщення штирів у отворах та нанизування на них мініатюрних кілець, інша частина тесту передбачає закручування гвинтів малих розмірів у отвори з різьбою. Для такого тестування необхідна наявність спеціального обладнання, його проведення та подальша обробка результатів важко піддається автоматизації. Тому для тестування дрібної моторики створюються інші тести з використанням комп'ютерної техніки.

Комп'ютеризований метод вимірювання швидкості реакції та точності моторики пальців рук запропоновано в праці [4]. Даний метод передбачає виконання графічних завдань за допомогою комп'ютерної миші та подальше оцінювання точності і швидкості виконання завдань. Крім того є варіанти завдань, які передбачають натискання різних кнопок миші за певних обставин (зміні кольору цілі), які дозволяють оцінити швидкість прийняття рішень та їх реалізації. Така методика тестування не відповідає вимогам, які висуваються до операторів дистанційно керованих пристроїв, адже маніпулятори типу комп'ютерної миші у них майже не використовуються, тому результати такого тестування не відображають моторику, яка задіяна при роботі з джойстиком або флайстіками.

В праці [5] запропонований інший спосіб діагностики дрібної моторики руки, який ґрунтується на натисканні рукою на клавіші клавіатури комп'ютера і подальшій обробці характеристики рухової активності. При цьому натискання виконують серіями субтестів, які включають натискання пальцями кожної руки окремо, пальцями обох рук одночасно в звичайному і перехресненому положеннях і реєструють часові і кількісні показники цих натискань. Діагностичний висновок роблять за результатами порівняння отриманих числових значень з нормою.

Такий спосіб спрямований на фіксацію кількості натискань пальцями рук та сискинезій, і обробку результатів рухової активності, що не дозволяє точно визначити рівень розвитку дрібної моторики рук.

В праці [6] запропоновано метод оцінки визначення дрібної моторики, який включає в себе виконання серії субтестів на цифровому графічному планшеті, для кожної руки окремо, подальшу обробку характеристик рухової активності, при якій реєструють час виконання кожного завдання та його тривалість. Для субтестів вибираються інтерактивні лінійні та нелінійні шаблони завдань траєкторій, динамічний тест з рухливими фігурами та вводяться процедури аналізу сили натиску цифровим бездротовим пером на поверхню цифрового графічного планшету, реєстрації кількості технічно правильно та некоректно виконаних і пропущених завдань, відхилення експериментальної довжини ліній від еталонної, розрахунку показників точності та рівня розвитку рухових навиків.

Обмежені функціональні можливості цього способу обумовлені тим, що під час визначення точності виконання завдань не враховується час виконання завдань та фіксація максимального відхилення отриманих та заданих траєкторій завдань. Утримування цифрового бездротового пера передбачає його фіксацію кількома пальцями одночасно, це приводить до того, що оцінюється дрібна моторика лише для кисті в цілому. Оскільки в пультах дистанційного керування радіомоделями основними органами керування є важелі, переміщення яких здійснюється великими пальцями руки, то вище описаний спосіб не дозволить оцінити особливості дрібної моторики рук, які необхідні для оператора дистанційно керованих пристроїв.

Розв'язання задачі

Поставлена мета досягається методом визначення рівня розвитку дрібної моторики операторів дистанційно керованих пристроїв, який включає виконання серії субтестів для кожної руки окремо за допомогою комп'ютерного пристрою. Як субтести вибирають інтерактивні лінійні та нелінійні статичні

шаблони завдань траєкторій щодо повтору руху та динамічний тест з рухомими фігурами. В процесі обробки характеристик рухової активності, реєструють час виконання кожного завдання та його тривалість, оцінюють відхилення експериментальної довжини ліній від еталонної, аналізують точність тестування та рівень розвитку рухових навиків. Для лінійних завдань використовують інтегральне відхилення, яке визначається методом трапеції. Для визначення точності здійснюють врахування часу та максимального відхилення експериментальної довжини ліній від еталонної, а для виконання тестових завдань на комп'ютерному пристрої використовують пульт дистанційного керування радіомоделями, підключений до комп'ютера.

Для оцінки стресостійкості використовується частота пульсу отримана від сенсора на тілі людини.

Структурна схема інформаційної системи для відбору операторів дистанційно керованих пристроїв наведено на рис. 1.

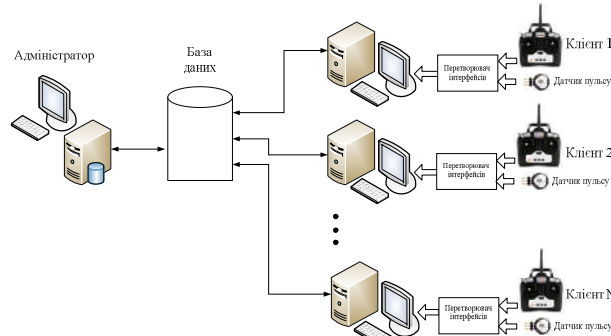


Рис. 1. Інформаційна система для відбору операторів дистанційно керованих пристроїв

Інформаційна система для відбору операторів дистанційно керованих пристроїв складається з наступних елементів:

- ПК клієнти, на яких безпосередньо відбувається тестування за допомогою спеціального програмного забезпечення та які мають зв'язок з базою даних на сервері;
- перетворювачі інтерфейсу, які здійснюють перетворення інтерфейсів пульта керування та вимірювача частоти пульсу в послідовний інтерфейс USB персонального комп'ютера;
- сервер, на якому розміщена база даних результатів тестування. Адміністратор сервера здійснює запис персональних даних перед початком тестування, зберігає дані тестування, роздруковує результати та передає їх іншим особам.

Алгоритм роботи

Робота схеми відбувається наступним чином: спочатку вносять реєстраційні дані учасника після чого розпочинається тестування. Першими виконуються завдання у вигляді прямих. Тестові прямі є графіком лінійної функції:

$$\begin{cases} x(t) = x_1 + (x_2 - x_1) \cdot t; \\ y(t) = y_1 + (y_2 - y_1) \cdot t; \end{cases} \quad (1)$$

де t – параметр рівняння прямої ($t \in [0; 1]$);

x_1, x_2 – координати крайніх точок відрізка по осі абсцис ($x_1, x_2 \in [0; \text{Width}]$), Width – ширина робочого вікна;

y_1, y_2 – координати крайніх точок відрізка по осі ординат ($y_1, y_2 \in [0; \text{Height}]$), Height – висота робочого вікна.

Для лінійних завдань, щоб визначити відхилення отриманої кривої від заданої використовують метод трапеції для визначення площі підінтегральної функції.

Далі учасник приступає до виконання нелінійних завдань. Такі завдання представляють у вигляді спіралі Архімеда, що визначаються як криві:

$$\begin{cases} X_\theta = x_{center} + \text{Radius} \cdot \theta \cdot \cos(\text{dir} \cdot 2\pi\theta / 360); \\ Y_\theta = y_{center} + \text{Radius} \cdot \theta \cdot \cos(\text{dir} \cdot 2\pi\theta / 360); \end{cases} \quad (2)$$

де X_{center} і Y_{center} – координати центру спіралі;

Radius – радіус спіралі;

dir – напрямок спіралі за часовою стрілкою або проти неї;

θ – кут нахилу спіралі (0-360), який задається у вигляді $\theta = 0 \dots 360 \text{ num}^{-1}$, де num – кількість витків спіралі.

Для нелінійних завдань для визначення відхилення отриманої кривої від заданої використовують

різницю у довжинах цих ліній.

Після цього учасник виконує динамічні завдання. Шаблони цих завдань будуються шляхом генерації випадкових координат точок кривої яку учаснику тестування необхідно відтворити. При цьому час відображення точок кривої обмежений.

Паралельно з проведенням тестування дрібної моторики відбувається фіксація частоти пульсу, що в подальшому дозволить визначити її відхилення від частоти пульсу у спокої.

За допомогою комп'ютера реєструють число переглянутих (А), правильно виконаних завдань (В), технічно правильно виконаних завдань із запізненням по часу (С) та неправильно виконаних завдань (Д). На підставі цих показників розраховують критерії точності виконання завдань (Т) та оцінку рівня розвитку рухових навиків (Р):

$$T = \frac{A}{B};$$

$$P = T \cdot (B + C).$$
(3)

Після виконання тестових завдань на екрані монітора відображаються показники P , T , максимального відхилення та серцевого ритму. На основі цих значень визначають рівень розвитку дрібної моторики у осіб які прагнуть працювати оператором дистанційно керованих пристроїв та оцінюють їх стресостійкість.

Технічна реалізація

На сьогодні найбільш поширеним інтерфейсом для роботи пультів радіо керування є імпульсно-позиційна модуляція (Pulse-position modulation (PPM)).

Найбільш найбільш поширеними інтерфейсами для зв'язку периферійних пристроїв з персональним комп'ютером є послідовний інтерфейс RS-232 та USB. Тому для підключення пультів радіо керування до персонального комп'ютера необхідно розробити перетворювач інтерфейсу PPM в USB. Використаємо мікроконтролер STM32F103C8T6, основні характеристики якого описані в [7].

З врахуванням всіх елементів для відбору операторів дистанційно керованих пристроїв отримуємо наступну схему:

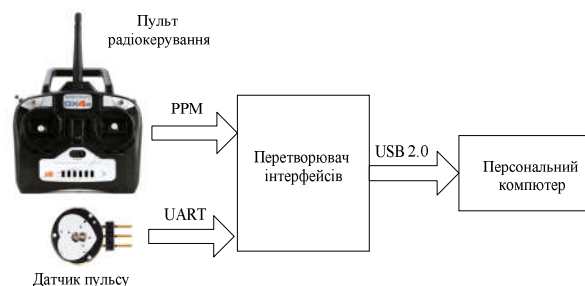


Рис. 3. Структурна схема апаратного забезпечення для тестування дрібної моторики та стресостійкості операторів дистанційно керованих пристроїв

Висновки

У роботі здійснено обґрунтування необхідності проведення тестування для кандидатів у оператори дистанційно керованих пристроїв. У якості показників для тестування обрано рівень розвитку дрібної моторики та рівень стресостійкості. Для визначення цих показників та автоматизації процесу тестування, обробки та зберігання результатів було розроблено інформаційну систему, яка відрізняється від існуючих тим, що для визначення рівня розвитку дрібної моторики використовується пульт дистанційного керування радіомоделями, за допомогою якого виконуються графічні завдання з оцінкою швидкості та точності виконання, а для визначення рівня стресостійкості використовуються дані вимірювача пульсу, які показують реакцію оператора на напружену діяльність. Наведено послідовність такого тестування та висвітлено особливості технічної реалізації такої системи.

Література

1. Ударцева Т.Е. Доцільність проведення професійного добору операторів керування безпілотними літальними апаратами / Т.Е. Ударцева // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 1(45). – С. 186–189.
2. Shengjun Qia, Feng Wang and Li Jing. Unmanned Aircraft System Pilot/Operator Qualification Requirements and Training Study. MATEC Web of Conferences 179, 03006 (2018).
3. Циганчук Т.В. Стрес у професійній діяльності / Т.В. Циганчук // Проблеми сучасної психології. – 2015. – № 30. – С. 669–678.
4. Брумштейн Ю. Компьютерезеризованные методы исследования скорости реакций и точности моторики пальцев рук / Юрий Брумштейн, Юлия Аксенова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. –

№ 9. – С. 77–83.

5. Патент России №2314743. Способ диагностики мелкой моторики руки / Григал П.П., Хорсева Н.И. – заявл. 11.04.2007 ; опубл. 20.01.2008.

6. Аврунин О. Г. Разработка метода автоматизированного тестирования мелкой моторики ведущей руки на графическом планшете / О.Г. Аврунин, К.Г. Селиванова // Прикладная радиоэлектроника. – 2013. – Том 12. – № 3 – С. 459–465.

7. Технічні характеристики мікроконтролера STM32F103. URL: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/59/b9/ba/7f/11/af/43/d5/CD00171190.pdf/files/CD00171190.pdf/jcr:content/translations/en.CD00171190.pdf

References

1. Udartseva T.E. Dotsilnist provedennia profesiinoho doboru operatoriv keruvannia bezpilotnymy litalnymy aparatamy / T.E. Udartseva // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2016. – № 1(45). – S. 186–189.

2. Shengjun Qia, Feng Wang and Li Jing. Unmanned Aircraft System Pilot/Operator Qualification Requirements and Training Study. MATEC Web of Conferences 179, 03006 (2018).

3. Tsyhanchuk T.V. Stres u profesiinii diialnosti / T.V. Tsyhanchuk // Problemy suchasnoi psykholohii. – 2015. – № 30. – S. 669–678.

4. Brumshtejn Yu. Kompyutererezirovanye metody issledovaniya skorosti reakcij i tochnosti motoriki palcev ruk / Yuriy Brumshtejn, Yuliya Aksenova // Izvestiya YuFU. Tehnicheskie nauki. – 2012. – № 9. – S. 77–83.

5. Patent Rosii №2314743. Sposob diagnostiki melkoj motoriki ruki / Grigal P.P., Horseva N.I. – yayavl. 11.04.2007 ; opubl. 20.01.2008.

6. Avrunin O. G. Razrabotka metoda avtomatizirovanogo testirovaniya melkoj motoriki vedushej ruki na graficheskom planshete / O.G. Avrunin, K.G. Selivanova // Prikladnaya radioelektronika. – 2013. – Tom 12. – № 3 – С. 459–465.

7. Tekhnichni kharakterystyky mikrokontrolera STM32F103. URL: https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/reference_manual/59/b9/ba/7f/11/af/43/d5/CD00171190.pdf/files/CD00171190.pdf/jcr:content/translations/en.CD00171190.pdf

Рецензія/Peer review : 10.01.2020 р.

Надрукована/Printed : 16.6.2020 р.
Рецензент: к.т.н., проф. Бортник Г.Г.