

SECTION XVI. INFORMATION TECHNOLOGIES AND SYSTEMS

DOI 10.36074/logos-18.08.2023.39

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ КОНТРОЛЕРУ РУХІВ ТІЛА ГРАВЦЯ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ POSENET В КОМП'ЮТЕРНІ ІГРИ З ВІДКРИТОГО SCRATCH-РЕПОЗИТОРІЯ ЗА ТЕМАМИ ЛІТНІХ ОЛІМПІЙСЬКИХ ВИДІВ СПОРТУ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ГРУПА:

Блажко Олександр Анатолійович

канд. техн. наук, доцент кафедри інформаційних систем
Національний університет «Одеська політехніка»

Подгорна Вікторія Віталіївна

канд. пед. наук, доцент кафедри фізичного виховання та спорту
Національний університет «Одеська політехніка»

Кокотєєва Анастасія Сергіївна

старший викладач кафедри фізичного виховання та спорту
Національний університет «Одеська політехніка»

Волков Альберт Сергійович

магістрант кафедри інформаційних систем
Національний університет «Одеська політехніка»

УКРАЇНА

Вступ. *ExerGame*-технології ("exercise" + "game" = гра із фізичною вправою) з'явилися у фізичному вихованні останніми роками як спроба відновити рівень фізичної активності серед молоді [1], коли для керування подіями віртуального світу використовуються апаратно-програмні засоби взаємодії людини з комп'ютером для розпізнавання природних рухів людини, наприклад, головою, верхніми/нижніми кінцівками тіла. Для розпізнавання рухів людини можуть використовуватися безконтактні сенсори контролю руху, наприклад, гральна консоль компанії *Microsoft* – *MS Xbox 360/One* містить сенсор *MS Kinect*, який об'єднує Веб-камеру та інфрачервону камеру [2]. В серію спортивних ігор *Kinect Sport* було включено ігри: *Tennis, Table Tennis, Golf, Skiing, Baseball, Soccer, Basketball, Boxing, Track and Field (Sprint, Javelin, Discus, Long Jump and Hurdles)*. Але обмеженням цих ігор є фіксований набір сценаріїв та засобів рухів людини для керування ігровим персонажем, які не можна швидко розширювати без втручання професійних програмістів. В той же час, продовжує зростати рух за навчання інформатики та програмування у загальноосвітніх школах для всіх школярів незалежно від їх майбутньої професії (*STEM*-підхід у навчанні), коли вміння описувати алгоритми будь-яких процесів взаємодії стає майже на одну хвилину із вмінням читати або писати та пропонує

розкривати ці уміння з використанням блокових мов програмування, найвідомішою з яких є *Scratch* [3]. Тому робота [4] мотивує використовувати *STEM*-навчання через програму для відображення руху людини від сенсора *MS Kinect* у простих блоках *Scratch* із простою *2D*-графікою. В роботі [5] представлено прототип комп'ютерної гри із *3D*-графікою, яка через *MS Kinect* заохочує гравця збирати монети долонями рук та прототип гри, яка заохочує гравця махати верхніми кінцівками для успішного польоту пташки через перешкоди лабіринту та дозволяє змінювати опис контролю рухів людини через редагування бази даних. Але наведені приклади ігор можна використовувати лише за наявності сенсору *MS Kinect*, в той час, як більшість користувачів мають лише звичайну Веб-камеру, для якої завдяки активному розвитку технологій штучного інтелекту сьогодні вже можна використовувати програми обробки зображень людини на основі вже проведеного машинного (комп'ютерного) навчання на великій кількості зображень різних людей [6]. В роботі [7] проаналізовано комп'ютерні ігри з відкритого *Scratch*-репозиторія з урахуванням сценаріїв ігор, пов'язаних з літніми олімпійськими видами спорту, з метою майбутнього підключення таких програм обробки зображень, але без прикладів такого підключення. Одним із прикладів такої програми може бути *Scratch*-програмна бібліотека [8], яка дозволяє представити тіло людини у вигляді 17-ти опорних точок на основі нейронної мережі *PoseNet*, як це робить сенсор *MS Kinect* (рис. 1). Але прикладів впровадження цієї бібліотеки в *ExerGame*-ігри знайдено обмаль.

Мета роботи. Визначити опис умов розпізнавання рухів людини з урахуванням множини опорних точок тіла людини з нейронної мережі *PoseNet* для подальшого впровадження в комп'ютерні ігри з відкритого *Scratch*-репозиторія за темами олімпійських видів спорту.

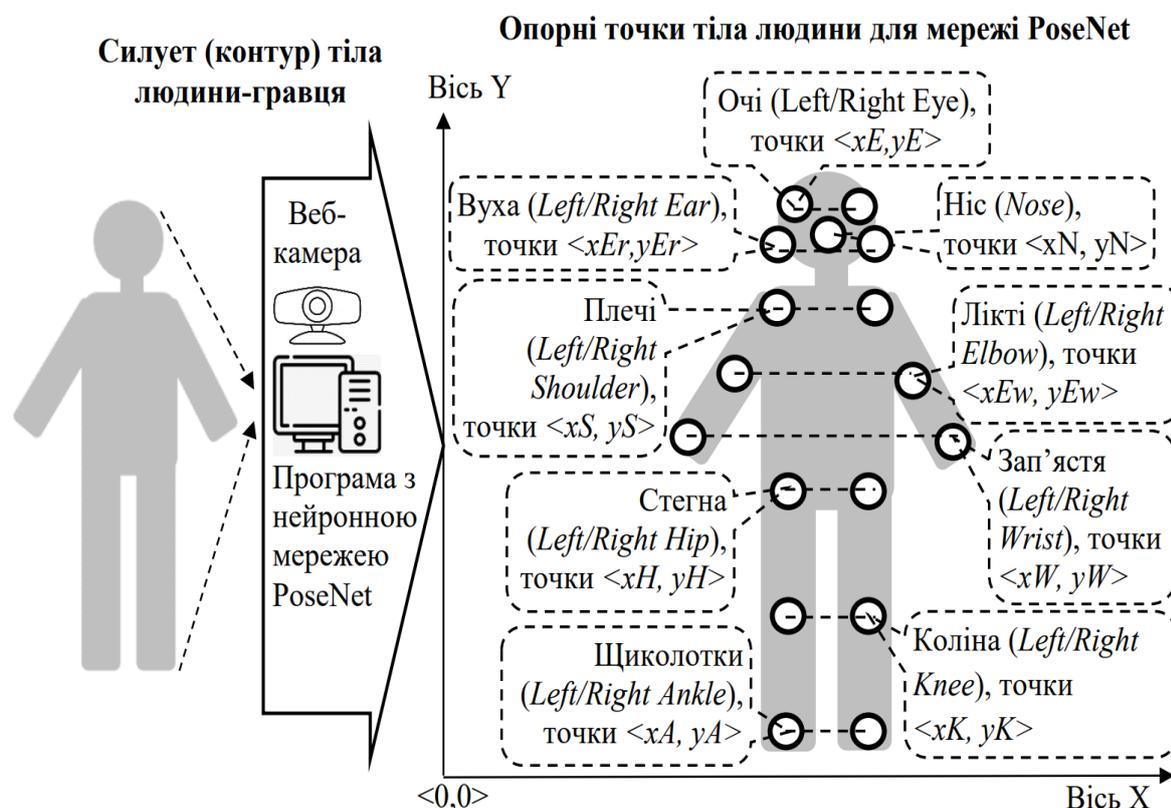


Рис. 1. Опорні точки тіла людини, створені в процесі його розпізнавання нейронною мережею *PoseNet*

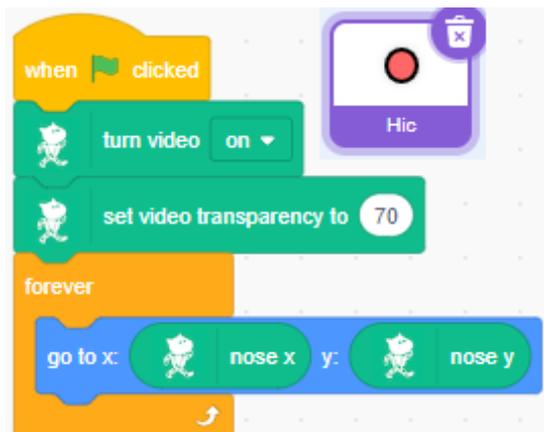
Основна частина. Для досягнення вказаної мети роботи з переліку 29-ти комп'ютерних ігор, створеного в роботі [7], обрано 14-ть ігор, враховуючи, що:

- якщо вид спорту має ігри з декількома площинами (фронтальна, горизонтальна, профільна), тоді для аналізу обирається гра за пріоритетом: фронтальна (природній для людини погляд на світ), горизонтальна (нагадує власний погляд людини на себе, коли вона бачить своє тіло, дивлячись вниз);
- не розглядаються ігри із вже переглянутими описами умов розпізнавання.

Під час експериментів рух людини вимагає наступних обмежень:

- з урахуванням кута огляду Веб-камери зона рухів людини не перевищує двох м², коли деякі активні рухи, наприклад, переміщення у всіх напрямках з понад двох кроків, біг, стрибки, треба замінювати на інші альтернативні рухи, які враховують це обмеження;
- з урахуванням двовірності зображення, яке надає Веб-камера, напрямок рухів людини більш доцільний у напрямку, перпендикулярному площині розташування веб-камери для зменшення ймовірності рухів у глибину.

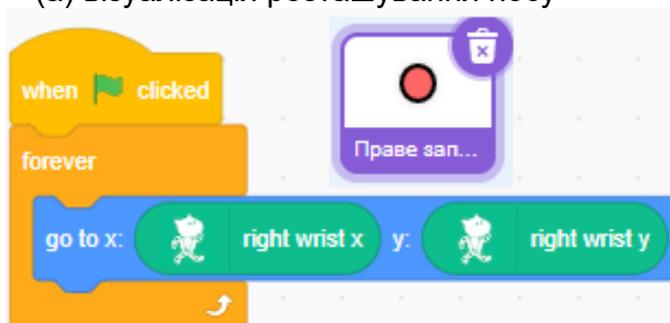
Для проведення експериментів було створено *Scratch*-програму, яка візуалізує розташування опорних точок тіла людини, визначене нейронною мережею *PoseNet*. На рисунку 2 представлено фрагменти програмних блоків візуалізації розташування спрайтів у вигляді червоних окружностей.



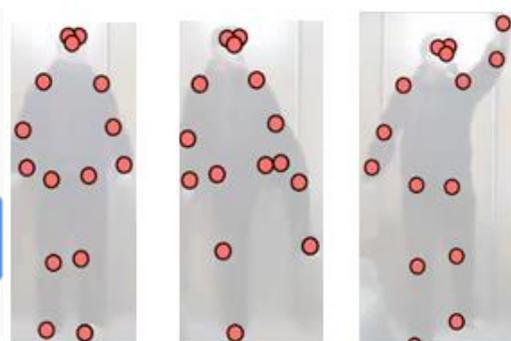
(а) візуалізація розташування носу



(б) візуалізація розташування лівого плеча



(в) візуалізація розташування правого зап'ястя



(г) приклади візуалізації опорних точок

Рис. 2. Фрагменти програмних *Scratch*-блоків візуалізації розташування спрайтів, які пов'язано із опорними точками тіла людини (ніс, ліве плече, праве зап'ястя)

На основі опорних точок людини нейронної мережі *PoseNet* пропонуються три методи програмування процесів керування персонажем у грі:

1) метод прив'язки координат (П-метод), коли поточні координати розташування зображення персонажу у грі (спрайту) прив'язуються до поточних координат однієї із опорних точок, – найпростіший метод, який доцільний, якщо опис руху людини не вимагає врахування співвідношення між різними опорними точками, але при визначенні координат спрайту необхідно враховувати нормувальний коефіцієнт перетворення координат опорної точки;

2) метод співвідношення координат (С-метод), коли зміна положення спрайту у грі визначається динамічним жестом (*dynamic gesture, dg*) – переходом між двома статичними жестами (*static gestures, sg*), кожний з яких визначається логічним виразом порівняння координат множини опорних точок;

3) метод комбінованої прив'язки та співвідношення координат (К-метод), який враховує умови двох попередніх методів.

Результати аналізу ігор представлено у вигляді таблиці 1:

– 1-й стовпчик містить назву виду спорту та код *Scratch*-проекту, на основі якого можна отримати доступ до прикладу гри, додавши цей код до веб-адреси <https://scratch.mit.edu/projects>, наприклад, веб-адреса доступу до першої гри виду «Бадмінтон» <https://scratch.mit.edu/projects/96953088>

– 2-й стовпчик містить опис статичних жестів у вигляді знімків екрану з Веб-камери із силуетом людини, яке об'єднано з опорними точками тіла людини у *Scratch*-програмі з підключеною нейронною мережею *PoseNet*.

– 3-й стовпчик містить координатний опис статичних/динамічних жестів.

При заповненні 3-го стовпчика враховано наступне:

– для кожної пари *sg*-жестів виконується пошук опорних точок, які визначають різницю між *sg*-жестами, та описується логічний вираз з порівнянням значень координат цих опорних точок;

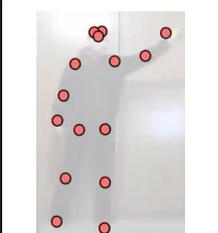
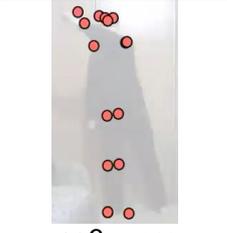
– для зменшення розміру опису *sg*-жестів припущено що, коли для лівої та правої опорних точок використовується однаковий вираз, тоді у назві точки відповідна прикінцева літера *L* або *R* не вказується, але під час реалізації у *Scratch*-блоках ці точки буде враховано в окремих виразах через операцію OR.

– при описі рухів людини, які забезпечують переміщення гравця або спортивного інвентаря у різних напрямках, запропоновано використати К-метод, про що вказано на початку опису *sg*-жестів із зазначенням назви опорної точки, за якою прив'язано координати розташування спрайту в ігровому середовищі;

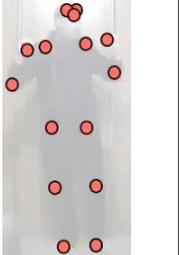
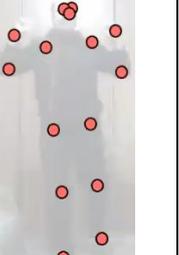
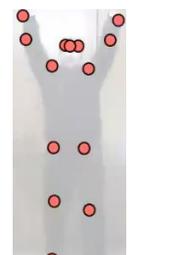
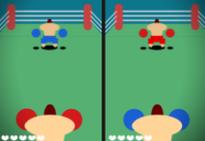
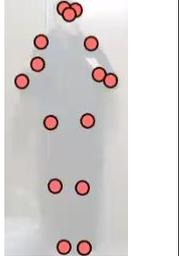
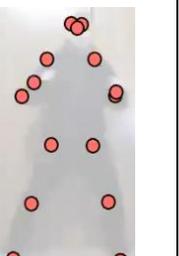
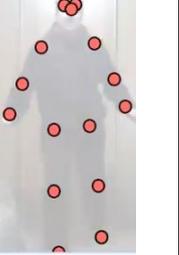
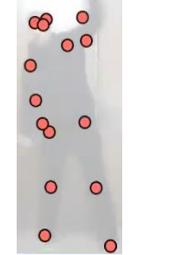
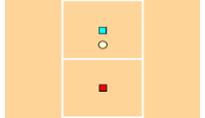
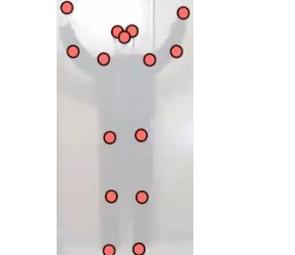
– для більшості *dg*-жестів їх опис за замовчуванням визначається через комбінацію парних переходів між різними *sg*-жестами, але для окремих ігор надано опис для динамічних жестів, наприклад, у вигляді виразу *dg: sgi → sgj*.

Таблиця 1

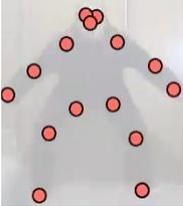
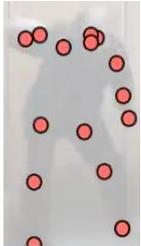
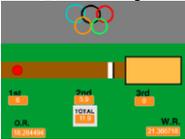
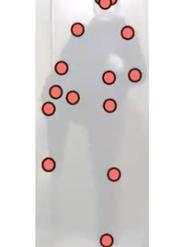
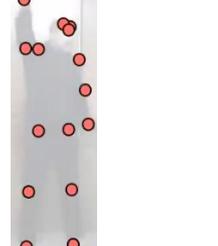
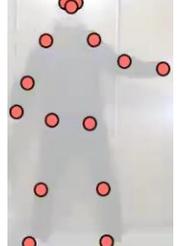
Опис статичних та динамічних жестів людини через опорні точки нейронної мережі *PoseNet* для керування комп'ютерними іграми різних видів спорту

Вид спорту, приклад гри, код проекту	Знімки екрану з Веб-камери у вигляді опорних точок тіла людини зі статичними жестами людини у <i>Scratch</i> -програмі з підключеною нейронною мережею <i>PoseNet</i>			Координатний опис статичних та динамічних жестів (гіпотеза)
<p>Бадмінтон</p>  <p>96953088</p>	 <p><i>sg1</i> – перебування на місці</p>	 <p><i>sg2</i> – відбивання ракеткою воланчика</p>	 <p><i>sg3</i> – рух вправо/вліво ракетки лівою/правою рукою</p>	<p><i>sg1</i>: $(xW > xA)$ and $(yW < yEw)$ <i>sg2</i>: $(yW > yEw)$ and $(yW > yS)$ and $(xW > xN)$ <i>sg3</i> (К-метод <i>WR</i>): $(yW > yEw)$ and $(yW > yS)$ and $(xW < xN)$</p>

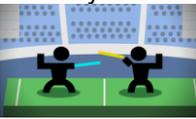
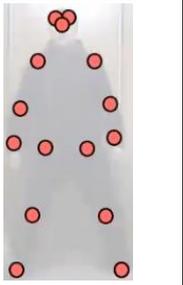
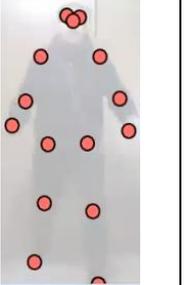
Продовження табл. 1

Вид спорту, приклад гри, код проекту	Знімки екрану з Веб-камери у вигляді опорних точок тіла людини зі статичними жєстами людини у Scratch-програмі з підключеною нейронною мережею PoseNet			Координатний опис статичних та динамічних жєстів (гіпотеза)
<p>Баскетбол</p>  <p>26699775</p>	 <p>sg1 – підготовка до кидка м'яча</p>	 <p>sg2 – крок вперед правою ногою</p>	 <p>sg3 – кидок м'яча</p>	<p>sg1: $(xW < xEw)$ and $(yW > yEw)$ sg2 (K-метод AR): $(xW < xEw)$ and $(yW > yEw)$ and $(yW < yN)$ sg3: $(xW < xEw)$ and $(yW > yEw)$ and $(yW > yN)$</p>
<p>Бокс</p>  <p>224432326</p>	 <p>sg1 – положення захисту</p>	 <p>sg2 – рух вліво/вправо</p>	 <p>sg3 – удар лівою/ правою рукавичкою</p>	<p>sg1: $(xW < xEw)$ and $(yW > yEw)$ and $(xA < xS)$ sg2 (K-метод AR): $(xW < xEw)$ and $(yW > yEw)$ and $(xAR = xSR)$ sg3: $(yW > yEw)$ and $(xW = xEw)$</p>
<p>Боротьба вільна</p>  <p>220802524</p>	 <p>sg1 – рух вперед/назад</p>	 <p>sg2 – захоплення</p>	 <p>sg3 – кидок через плече</p>	<p>sg1 (K-метод AR) sg2: $(yW > yEw)$ and $(yEw < yS)$ and $(xW < xEw)$ sg3: $(yWL > yEwL)$ and $(yWR < yEwR)$</p>
<p>Волейбол</p>  <p>181802231</p>	 <p>sg1 – положення відбиття м'яча</p>	 <p>sg2 – рух у всіх напрямах</p>	<p>sg1: $(yW > yN)$ and $(yEw < yN)$ and $(xEw < xW)$ and $(xEw > xA)$ sg2 (K-метод AR): $(yW > yN)$ and $(xW < xEw)$ and $(xA > xS)$</p>	
<p>Гандбол</p>  <p>782738562</p>	 <p>sg1 – рух у всіх напрямах</p>	 <p>sg2 – кидок м'яча</p>	<p>sg1: (K-метод AR) $(yW > yEw)$ and $(yW > yS)$ and $(xAR = xSR)$ sg2: $(xW < xEw)$ and $(yW > yEw)$ and $(yW > yN)$</p>	

Продовження табл. 1

Вид спорту, приклад гри, код проекту	Знімки екрану з Веб-камери у вигляді опорних точок тіла людини зі статичними жестами людини у Scratch-програмі з підключеною нейронною мережею PoseNet			Координатний опис статичних та динамічних жестів (гіпотеза)
 <p>Дзюдо 柔道 566395367</p>	 <p>sg1 – рух вперед/назад</p>	 <p>sg2 – захист</p>	 <p>sg3 – атака</p>	<p>sg1 (K-метод AR): $(yW = yEw)$ and $((ySL - yHL) > (xHR - xHL))$ sg2: $(xK < xH)$ and $(xW < xA)$ and $((ySL - yHL) = (xHR - xHL))$ sg3: $(yWL = yN)$ and $(yWR < yEwR)$ and $(xN = xH)$</p>
<p>Легка атлетика: стрибки у довжину</p>  <p>240234307</p>	 <p>sg1 – біг (підняття лівої ноги)</p>	 <p>sg2 – біг (підняття правої ноги)</p>	 <p>sg3 – підготовка до стрибка</p>	<p>sg1: $(yAL > yKR)$ sg2: $(yAR > yKL)$ sg3: $(yN = yS)$ and $(yH = yW)$ dg1: sg1 → sg2</p>
<p>Легка атлетика: метання списа</p>  <p>664688465</p>	 <p>sg1 – біг зі списом (підняття лівої ноги)</p>	 <p>sg2 – біг зі списом (підняття правої ноги)</p>	 <p>sg3 – метання спису</p>	<p>sg1: $(yAL = yKR)$ and $(yW = yN)$ sg2: $(yAR = yKL)$ and $(yW = yN)$ sg3: $(yW > yN)$</p>
<p>Плавання</p>  <p>178358511</p>	 <p>sg1 – взмах правою рукою</p>		 <p>sg2 – взмах лівою рукою</p>	<p>sg1: $(yWR > yN)$ and $(yWL < yEwR)$ sg2: $(yWL > yN)$ and $(yWR < yEwL)$ dg1: sg1 → sg2</p>
<p>Теніс</p>  <p>520716879</p>	 <p>sg1 – рух у всіх напрямках з ракеткою наготові для відбиття</p>	 <p>sg2 – удар ракеткою</p>		<p>sg1 (K-метод AR): $(yWL > yEwR)$ and $(xWL > xEwL)$ sg2: $(yWL > yEwR)$ and $(xEwL = xEwL)$</p>

Продовження табл. 1

Вид спорту, приклад гри, код проекту	Знімки екрану з Веб-камери у вигляді опорних точок тіла людини зі статичними жєстами людини у Scratch-програмі з підключеною нейронною мережею PoseNet			Координатний опис статичних та динамічних жєстів (гіпотеза)
 Настільний теніс 736342550	 sg1 – рух ракетки вліво/вправо	 sg2 – відбивання м'яча	sg1 (K-метод AR): $(y_{WL} > y_{EwR})$ and $(x_{EwL} = x_{AL})$ and $(x_{WL} > x_{EwL})$ sg2: $(y_{WL} > y_{EwR})$ and $(x_{EwL} = x_{EwL})$	
 Фехтування 323777574	 sg1 – рух вперед/назад	 sg2 – удар рапірою	sg1 (K-метод AR): $(x_W = x_H)$ sg2: $(y_{WL} > y_{EwR})$ and $(x_{EwL} = x_{EwL})$	
 Футбол 248325210	 sg1 – рух вліво/вправо	 sg2 – рух вперед/назад	 sg3 – удар по м'ячу	sg1 (П-метод AR) sg2 (П-метод AR) sg: $(y_{AR} \neq y_{AL})$ and $(y_{KR} \neq y_{KL})$

Для більшості ігор опис *sg*-жєстів базується на порівнянні значень окремих координат опорних точок. Лише для гри за видом спорту «Дзюдо» аналіз різниці між 2-м та 1-м *sg*-жєстами не дозволив знайти різниці для верхньої половини тіла, використовуючи лише вказане порівняння, тому використано відстані між окремими точками, за якими різниця між *sg*-жєстами може бути знайдена.

Висновки. В результаті аналізу 29-ти комп'ютерних ігор з відкритого Scratch-репозиторія за темами літніх олімпійських видів спорту для 14-ти ігор визначено опис умов розпізнавання рухів людини з урахуванням множини опорних точок тіла людини з нейронної мережі PoseNet. Відібрані ігри стануть вхідними даними для методики «Комп'ютерна ігрофікація контролю рухів людини у спортивних змаганнях на основі веб-камери та Scratch-подібної блокової мови – професійного навчання галузі знань «12 Інформаційні технології» під час обмежень Online-освіти. В роботі надано координатний опис статистичних жєстів, який є гіпотезою із розпізнавання рухів у грі, тому що поки не проведено перевірку цього опису, яка можлива після впровадження опису у вигляді Scratch-блоків розглянутих ігор. Така експериментальна перевірка та можливе коригування помилок в описі стане частиною майбутньої навчальної методики в межах дисципліни «Фізичне виховання». Студенти IT-галузі знань,

починаючи вивчати дисципліну «Фізичне виховання» у 1-му семестрі та ще не маючи достатніх навичок використання серйозних мов програмування, вже можуть модернізувати прості комп'ютерні ігри із простою 2D-графікою, вже на практиці використовуючи програмне забезпечення машинного навчання у розпізнаванні рухів з урахуванням правил різних видів спорту.

Список використаних джерел:

- [1] Krause, J.M. & Jenny, S.E. (2023). Physical educators' exergaming integration experiences, attitudes, and self-efficacy beliefs. *The Physical Educator*, 80, 91-107.
- [2] Kourakli, M., Altanis, I., Retalis, S., Boloudakis, M., Zbainos, D., Antonopoulou, K. (2017). Towards the improvement of the cognitive, motoric and academic skills of students with special educational needs using Kinect learning games. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 11, 28-39.
- [3] Grover, S. (2021). Teaching and Assessing for Transfer from Block-to-Text Programming in Middle School Computer Science. In: Hohensee, C., Lobato, J. (eds) *Transfer of Learning. Research in Mathematics Education*. Springer, Cham.
- [4] Howell, S. (2012). Install Scratch and Kinect2Scratch. In J. St. Jean (Ed.), *Kinect Hacks: Tips and Tools for Motion and Pattern Detection* (1st ed., pp. 184 - 206). Sebastopol, CA: O'Reilly.
- [5] Волков, А., Блажко, О. (2022). Тестування комп'ютерної гральної системи з інфрачервоним сенсором руху MS KINECT на прикладі стилів спортивного плавання. *Матеріали Дванадцятій Міжнародної наукової конференції студентів та молодих вчених "Сучасні інформаційні технології - 2022" "Modern Information Technology - 2022"* (с. 103-104). 19-20 травня, 2022., Одеса, Україна: Наука і техніка.
- [6] Chung, J.-L., Ong, L.-Y., Leow, M.-C. (2022). Comparative Analysis of Skeleton-Based Human Pose Estimation. *Future Internet, MDPI*, 14(12), 1-19.
- [7] Podhorna, V., Blazhko, O., Kokotieieva, A., Sobinov, A. (2023). Analysis of computer games from the open Scratch repository on the topics of summer olympic sports with controller of gamer body. *VI International Scientific and Practical conference «Scientific researches and methods of their carrying out: world experience and domestic realities»*. (pp. 382-389). August 4, 2023, Venue: Vinnytsia, UKR-Vienna, AUT (Online).
- [8] Ishihara, J. (2020). PoseNet2Scratch. Вилучено із <https://github.com/champierre/posenet2scratch>.