

System for the acquisition and storage of ECG signals using a Raspberry Pi board

Sistema para la obtención y Almacenamiento de señales ECG mediante el uso de una tarjeta Raspberry PI

M.J. Hernández Llamas¹, J.U. Muñoz Minjares ², M. López-Ramírez ¹, L.M. Ledezma-Carrillo ¹, and E. Cabal Yopez ^{*1}

¹Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, Departamento de Estudios Multidisciplinarios (DEM),
Avenida Universidad, S/N, Col. Yacatitas, Yuriria, Guanajuato, México, 38944.

{mdj.hernandezllamas, educabal,lopez.misael,lm.ledesma}@ugto.mx

²Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ), Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica Plantel Jalpa
Libramiento Jalpa Km., 156+380, Fraccionamiento Solidaridad, Jalpa, Zacatecas, México, 99600.

ju.muñoz@uaz.edu.mx

Abstract

This work presents a low-cost and high-performance system based on a Raspberry Pi 5 board. The proposed system uses an AD8232 sensor for signal acquisition and an Arduino UNO for analog-to-digital conversion, while the Raspberry Pi handles data processing and user interface management. A Python script was developed to display the ECG signal in real time, apply a band-pass filter (0.5–40 Hz) and a notch filter (60 Hz), and store the processed signal for further analysis. The obtained signals were compared using the Pan-Tompkins algorithm for QRS complex detection. The results confirmed that the acquired signals exhibit the characteristic morphology of an ECG waveform and enable accurate detection of R peaks.

Keywords— Raspberry PI, ECG signal, Acquisition

Resumen

En este trabajo se presenta un sistema de bajo costo y alto rendimiento basado en una tarjeta Raspberry PI 5. El sistema propuesto utiliza un sensor AD8232 para la obtención de las señales y un Arduino UNO para realizar la conversión analógico-digital, mientras que la Raspberry PI se encarga del procesamiento de los datos y la gestión de la interfaz de usuario. Se desarrolló un script en Python capaz de mostrar la señal ECG en tiempo real, aplicar un filtro pasa banda (0.5–40 Hz) y un filtro notch (60 Hz), además de guardar la señal procesada para su posterior análisis. Las señales obtenidas se compararon utilizando el algoritmo Pan-Tompkins para la detección de los complejos QRS. Los resultados confirmaron que las señales obtenidas cuentan con la morfología característica de una señal ECG y permiten la detección precisa de los picos R.

Palabras clave— Raspberry PI, Señal ECG, Obtención

I. Introducción

En la actualidad, millones de personas en el mundo padecen enfermedades cardiovasculares, muchas de las cuales no se detectan a tiempo debido a la falta de acceso a diagnósticos tempranos, especialmen-

te en regiones con recursos limitados. La identificación y el tratamiento de estas condiciones es fundamental para prevenir complicaciones graves a futuro e incluso la muerte de las personas. Es crucial atender este problema porque las enfermedades cardíacas siguen siendo una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial y en México, esto de acuerdo a la OMS y al INEGI respectivamente [1].

*Corresponding author

Las señales electrocardiográficas son una de las principales formas para diagnosticar problemas con la salud cardiovascular de las personas, esto debido a su simpleza, y a la poco invasiva que es la prueba. Es posible aprovechar estas ventajas para desarrollar un sistema con un dispositivo pequeño y potente como una tarjeta Raspberry PI que cuenta con una gran capacidad de cómputo como se puede ver a continuación.

La Raspberry ofrece la opción de conectarle una gran cantidad de distintos dispositivos con diferentes propósitos y para distintas aplicaciones en donde se ha demostrado que estas tarjetas tienen la capacidad de manejar sensores, actuadores e incluso algoritmos para procesamiento de información, por ejemplo, en [2] se implementó un algoritmo entrenado para detectar incendios, la tarjeta Raspberry PI es la encargada de controlar los motores y la bomba de agua, cuando se detecta un incendio, la tarjeta se encarga de controlar el motor y la bomba de agua para enviar el agua al lugar indicado. Mientras que en [3] se desarrolló un sistema que logra medir la curva de corriente-voltaje de un panel solar mediante el proceso de carga y descarga de un condensador, así como también sensores para medir la irradiancia y la temperatura del panel. La Raspberry PI es la encargada de recibir la información de los sensores y el capacitor, y al final mostrar esta información en una interfaz implementada en la tarjeta.

Mientras que en [4] desarrollaron un sistema para mantener la mayor eficiencia en los paneles solares cuando están cubiertos por sombra, la Raspberry se encarga de medir voltaje y corriente del panel fotovoltaico y calcular la potencia, con estos datos se alimenta el algoritmo rastreador de máxima potencia (MPPT) y se decide el cómo mantener la relación voltaje/Corriente óptima para las condiciones de sombra actuales.

Otra aplicación para la tarjeta Raspberry PI la podemos encontrar en [5], el objetivo de este trabajo fue medir el haz de luz generado por los rayos X de un aparato dental, usando una pantalla de fósforo, que al ser atravesado por el haz de luz, forma un patrón el cual es grabado por una cámara conectada a la Raspberry PI, demostrando que la tarjeta y la cámara tienen la capacidad de captar el haz de forma adecuada, especialmente en condiciones de oscuridad.

En [6] desarrollaron un dispositivo por medio de una impresión 3D, el objetivo es capturar imágenes de forma automatizada, hacen uso de una tarjeta Raspberry PI que controla una cámara, así como la frecuencia en la que se toman las fotografías y también controla unas tiras LED como iluminación. Por otro lado, en [7] se desarrolló un sistema para monitorear la temperatura en tiempo real, la tarjeta Raspberry PI es la encargada de recibir la información del sensor y procesarla, en este caso convierte los grados Celsius a Fahrenheit y obtiene

el índice de calor.

Otro ámbito en el que se ha utilizado la Raspberry PI, es en la automatización del hogar, como en [8], en este trabajo, la tarjeta recibe información de distintos sensores, por ejemplo, sensores infrarrojos para la detección de personas, sensores de luz, sensores de temperatura y algunos módulos relay para activar dispositivos, mientras que en [9] el sistema se encarga del monitoreo de seguridad de una casa, la tarjeta maneja distintos sensores, por ejemplo, de temperatura, densidad de gas, y una cámara. A su vez, es capaz de enviar alertas por mensaje de texto.

En [10] desarrollaron un sistema para el monitoreo de tractores instrumentados en tiempo real, los datos que se obtienen son: la profundidad de trabajo, la fuerza de tracción, la velocidad de avance, el desplazamiento de la rueda, la tracción y la ubicación GPS, estos datos son procesados por la Raspberry PI y los envía a la nube para almacenar los datos.

Mientras que en [11] se usó la Raspberry PI para determinar cual sonido es el preferido por una especie de ave cantora, se hizo uso de sensores infrarrojos para determinar que sonido se debería reproducir, si el ave permanecía en el lugar escuchando el audio, se tomaba como una muestra exitosa. Otra aplicación para la Raspberry PI, se puede encontrar en [12], se realizó un sistema para detectar concentración de moléculas, la tarjeta es la encargada de controlar la señal eléctrica enviada a los electrodos, y recibir la información del fotomultiplicador de luz, con estos datos calcula la cantidad de molécula presente en la muestra. Otra aplicación se puede ver en [13], se hace uso de la tarjeta para monitorear la formación de espuma de polietileno, para esto se mide la temperatura, la altura de crecimiento de la espuma y la pérdida de masa después de la reacción. De igual forma la tarjeta hace correcciones necesarias en los datos.

Una de las áreas en donde es muy aplicada la tarjeta, es en visión, por ejemplo, en [14] se desarrolló un sistema para la identificación de especies de hormigas en tiempo real, la tarjeta recibe información de sensores de temperatura, humedad, así como la ubicación, y de igual forma controla la cámara con la que se identifican las hormigas. Para la identificación se implementó el algoritmo "You Only Look Once" (YOLO). Otro ejemplo se encuentra en [15], en este trabajo se caracterizan las propiedades de materiales blandos, como el hidrogel, el sistema se desarrolló con piezas impresas en 3D, la tarjeta controla el sistema para inducir movimiento en el material, así como la cámara, y al final realiza el procesamiento para obtener las frecuencias de vibración del gel.

En los trabajos anteriormente mencionados, se puede observar que la tarjeta Raspberry PI ha demostrado tener la capacidad de obtener información de distintos sensores, así como de tener la capacidad de realizar procesamiento de información, debido a esto, este trabajo

busca aprovechar las capacidades de la tarjeta para desarrollar un sistema de bajo costo, portátil y potente que cuente con la capacidad de obtener las señales ECG, procesarlas por medio de un filtrado y posteriormente ofrecer la posibilidad de visualizar las señales en tiempo real, así como guardarlas para que puedan ser analizadas por un especialista que determine la salud del paciente o procesadas para su implementación en la amplia gama de algoritmo de inteligencia artificial que se encuentran disponibles actualmente.

II. Metodología

En la Figura 1 se describen de manera general los dispositivos y algoritmos utilizados para adquirir las señales ECG, detectar los picos R y visualizarlos en una interfaz. Los conceptos teóricos de este diagrama se explican en las secciones más abajo.



Figura 1: Metodología para la visualización y detección de picos de un ECG.

II.1. Señales de electrocardiograma (ECG)

Las señales de un electrocardiograma son una representación gráfica de la actividad eléctrica presente con la actividad del corazón a lo largo del tiempo, cuando el corazón late, se generan impulsos eléctricos, estos impulsos son posibles de captar a través de la piel.

La señal ECG tiene una forma ideal característica. En la Figura 2 se puede observar la forma ideal de la señal, así como de la morfología que tiene esta misma.

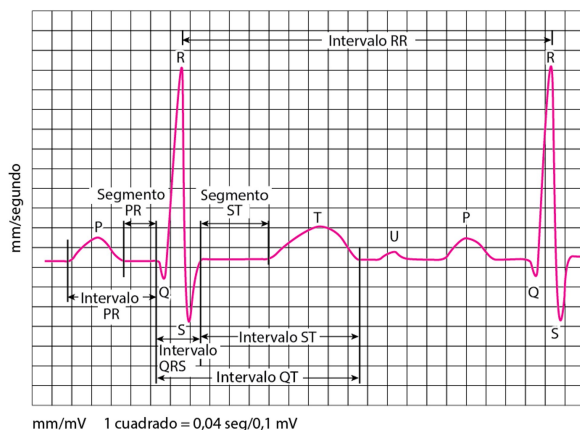


Figura 2: Señal ECG ideal.

II.2. Arduino UNO

Uno de los retos para la implementación de distintos sensores en la tarjeta Raspberry PI, es la ausencia de convertidores Analógico-Digital implementados directamente en los pines de la tarjeta, por esto, es necesario hacer uso de un sistema independiente que permita realizar esta tarea, en este caso, se hace uso de un Arduino UNO, este es el encargado de obtener la información del sensor y convertir la información de analógica a digital, posteriormente se envía la información por el puerto serial hacia la tarjeta Raspberry PI.

II.3. Sensor AD8232

Para obtener las señales de electrocardiograma, se hace uso del sensor AD8232, un sensor de 3 derivaciones que permite obtener una señal ECG cercana a la que se obtendría por un equipo médico, este sensor se conecta al convertidor, para pasar la información a la tarjeta Raspberry PI.

II.4. Raspberry PI

Esta es la tarjeta utilizada para obtener la información del sensor, y que es la encargada de aplicar un filtrado a la señal y de manejar la interfaz en la que se puede visualizar la señal en tiempo real, así como guardarla, es una tarjeta Raspberry PI 5 que cuenta con el procesador Broadcom BCM2712 Arm Cortex A76 de 4 núcleos a 2.4 GHz, el modelo más avanzado hasta el momento, y que ofrece la mayor capacidad de cómputo, en concreto, se utiliza la versión que cuenta con 16 GB de RAM. En la Figura 3 se puede observar la tarjeta.

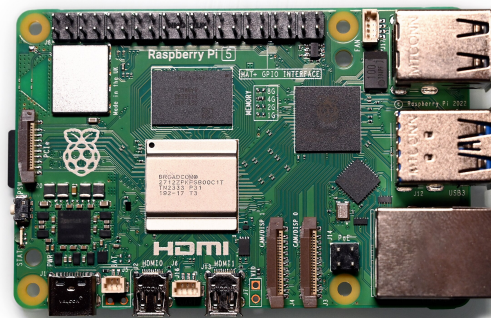


Figura 3: Tarjeta Raspberry PI 5.

II.5. Simulador de señales ECG SKX-2000C

Para comprobar la eficiencia del sistema, las señales obtenidas se compararán con las señales que se pueden

obtener de un simulador de señales ECG profesional, específicamente se planea utilizar el generador SKX-2000C. La Figura 4 corresponde al simulador de señales a utilizar.



Figura 4: Simulador de señales ECG SKX-2000C.

II.6. Filtrado de la Señal ECG

Debido a la posible presencia de distintos tipos de ruidos, se agregó 2 filtros a la señal, el primero es un filtro pasa banda con frecuencias de corte de 0.5 y 40 Hz, y el segundo es un filtro notch, con una frecuencia de corte de 60 Hz, la implementación de estos 2 filtros se realizó en el mismo programa de la interfaz, por lo que se aplican en tiempo real a la señal obtenida; realizar este proceso permite tener una señal más limpia y clara.

II.7. Interfaz

La interfaz se implementó por medio de un código de python el cual se ejecuta directamente en la tarjeta Raspberry PI, la interfaz ofrece visualizar la información proveniente del sensor en tiempo real, y a su vez, permite modificar el rango de muestras que se pueden ver en pantalla al mismo tiempo, este rango va desde 50 hasta 20000 muestras, también se puede activar la visualización de una señal cruda, sin filtrar, así como también ofrece la posibilidad de detener la grabación de la señal, de igual forma, se tiene la opción de guardar la señal ECG filtrada que se este mostrando en ese momento en tiempo real, tomando en cuenta la cantidad de muestras que se hayan seleccionado.

II.8. Algoritmo Pan-Tompkins

El algoritmo Pan-Tompkins es un método ampliamente conocido para detectar los complejos QRS en una señal de electrocardiograma, este fue propuesto por Jiapu Pan y Willis J. Tompkins en 1985. El objetivo principal de este algoritmo es detectar con precisión los picos R, estos picos son los más prominentes en una señal ECG. Debido a estas características, se implementó en las señales obtenidas con el sistema y en las señales generadas por el simulador como una forma de comprobar si las señales cuentan con la morfología típica de este tipo de señales.

III. Resultados

La interfaz desarrollada busca ser lo más amigable posible para el usuario para la representación gráfica de la señal ECG en tiempo real, dentro de esta, las distintas opciones demostraron funcionar de forma eficiente, permitiendo mostrar una gran variedad de cantidad de muestras en pantalla en tiempo real de acuerdo a lo que se necesite, así como guardar los archivos de una forma eficiente en un formato CSV, se eligió este tipo de archivo, debido a la facilidad que se tiene para trabajar con el, facilitando así su posterior análisis con diferentes algoritmos, o por un profesional de la salud. En la Figura 5 se puede observar la interfaz desarrollada para el sistema.

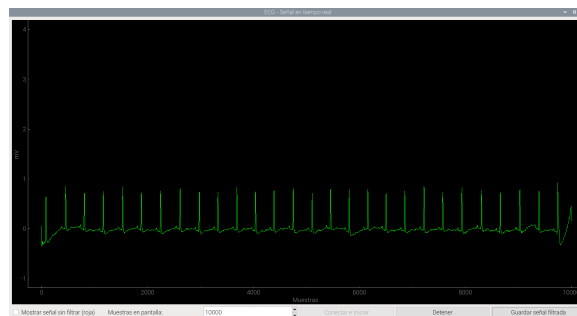


Figura 5: Interfaz para señal ECG.

Para analizar los resultados obtenidos con el sistema desarrollado, se realizó la comparación de las señales guardadas con las señales generadas por un simulador de señales ECG, para esta comparación se hizo uso del algoritmo Pan-Tompkins, el cual permitió la detección del complejo QRS determinando la ubicación de los picos R característicos de las señales ECG. En la Figura 6 se puede observar los picos R correspondientes a la señal obtenida por el sistema, mientras que la Figura 7 corresponde a los picos R encontrados en la señal simulada.

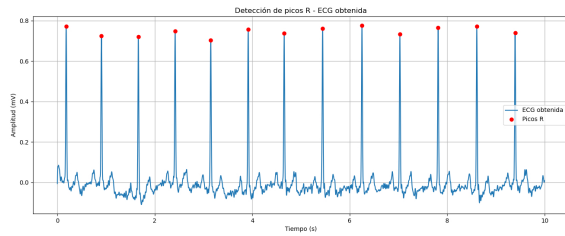


Figura 6: Picos R encontrados en señal obtenida.

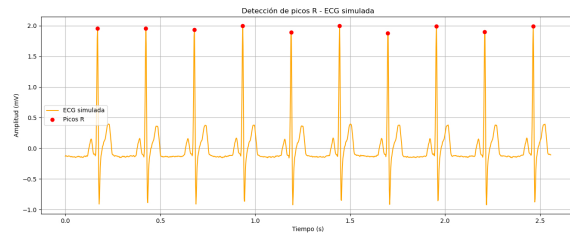


Figura 7: Picos R encontrados en señal simulada.

El algoritmo demostró que las señales ECG obtenidas por el sistema tienen la morfología típica de este tipo de señales, se detectaron todos los picos R presentes en la señal, de igual forma, se obtuvieron resultados similares con la señal generada por el simulador.

IV. Conclusión

La tarjeta Raspberry PI demostró tener la capacidad de recibir la información obtenida por el sensor, así como de procesarla en tiempo real, en este caso aplicando filtros, así como de guardar los archivos sin problemas.

El sistema propuesto ofrece una opción económica, potente y versátil para obtener señales ECG filtrada, permitiendo así contar con una señal clara y que mantiene una morfología típica de estas señales. La implementación de un Arduino para hacer uso del convertidor analógico-digital presente en la tarjeta es una opción viable para sortear el problema de la falta de un convertidor de este tipo en la Raspberry PI.

El proyecto ofrece opciones de mejora, gracias a la potencia con la que cuenta la tarjeta, es posible la implementación de un algoritmo de aprendizaje automático para la detección de variaciones en las señales ECG, aunque la eficiencia de estos algoritmos está determinada por el tipo de entrenamiento y el tipo de señales a analizar. En la actualidad existen una gran variedad de bases de datos validadas por expertos en las que se pueden encontrar distintos tipos de patologías.

V. Agradecimientos

Me gustaría extenderle un agradecimiento a la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica Plantel Jalpa de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus Jalpa, por su contribución, con las señales generadas por el simulador para realizar la comparación de señales ECG. Especial agradecimiento a los maestros Roberto Olivera Reyna y Reynel Olivera Reyna por su trabajo obteniendo las señales del simulador y por compartir el manual del mismo. De igual forma, un agradecimiento a los doctores Jorge Ulises Muñoz Minjares y Eduardo Cabal Yezpe por su guía y apoyo durante la realización de este proyecto.

Referencias

- [1] *Enfermedades cardiovasculares*. URL: <https://www.who.int/es/health-topics/cardiovascular-diseases> (visitado 03-09-2025).
- [2] Yuvaraj R et al. «Real-time fire detection and suppression system using YOLO11n and Raspberry Pi for thermal safety applications». En: *Case Studies in Thermal Engineering* 75 (nov. de 2025), pág. 107159. ISSN: 2214157X. DOI: 10.1016/j.csite.2025.107159. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214157X25014194>.
- [3] P. Casado et al. «Raspberry Pi based photovoltaic I-V curve tracer». En: *HardwareX* 11 (abr. de 2022), e00262. ISSN: 24680672. DOI: 10.1016/j.ohx.2022.e00262. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468067222000074>.
- [4] Ahmed Fathy et al. «A new implementation of the MPPT based raspberry Pi embedded board for partially shaded photovoltaic system». En: *Energy Reports* 8 (nov. de 2022), págs. 5603-5619. ISSN: 23524847. DOI: 10.1016/j.egyr.2022.04.035. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352484722007946>.
- [5] Michael Murray, Jackie McCavana y Eamon Loughman. «PyDAP: Automated dental OPG beam area measurement using python and raspberry Pi camera». En: *Physica Medica* 120 (abr. de 2024), pág. 103338. ISSN: 11201797. DOI: 10.1016/j.ejmp.2024.103338. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1120179724001339>.

- [6] Matthew Michael Long et al. «PiRamid: A compact Raspberry Pi imaging box to automate small-scale time-lapse digital analysis, suitable for laboratory and field use». En: *HardwareX* 12 (oct. de 2022), e00377. ISSN: 24680672. DOI: 10.1016/j.ohx.2022.e00377. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468067222001225>.
- [7] Pradhyut Rajkumar. «Humidity and temperature monitoring using Raspberry Pi via RS232 networking». En: *Array* 27 (sep. de 2025), pág. 100464. ISSN: 25900056. DOI: 10.1016/j.array.2025.100464. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590005625000918>.
- [8] T Maragatham, P Balasubramanie y M Vivekanandhan. «IoT Based Home Automation System using Raspberry Pi 4». En: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1055.1 (1 de feb. de 2021), pág. 012081. ISSN: 1757-8981, 1757-899X. DOI: 10.1088/1757-899X/1055/1/012081. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1055/1/012081>.
- [9] I Gusti Made Ngurah Desnanjaya e I Nyoman Alit Arsana. «Home security monitoring system with IoT-based Raspberry Pi». En: *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 22.3 (1 de jun. de 2021), pág. 1295. ISSN: 2502-4760, 2502-4752. DOI: 10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1295-1302. URL: <http://ijeecs.iaescore.com/index.php/IJECS/article/view/23937>.
- [10] Vijay Mahore et al. «Development and implementation of a raspberry Pi-based IoT system for real-time performance monitoring of an instrumented tractor». En: *Smart Agricultural Technology* 9 (dic. de 2024), pág. 100530. ISSN: 27723755. DOI: 10.1016/j.atech.2024.100530. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2772375524001357>.
- [11] Prateek K. Sahu et al. «A cost-effective Raspberry Pi-based operant playback setup to evaluate auditory preferences in songbirds». En: *Behavioural Processes* (sep. de 2025), pág. 105276. ISSN: 03766357. DOI: 10.1016/j.beproc.2025.105276. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037663572500138X>.
- [12] Laena D'Alton et al. «A simple, low-cost instrument for electrochemiluminescence immunoassays based on a Raspberry Pi and screen-printed electrodes». En: *Bioelectrochemistry* 146 (ago. de 2022), pág. 108107. ISSN: 15675394. DOI: 10.1016/j.bioelechem.2022.108107. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1567539422000585>.
- [13] Harry C. Wright, Duncan D. Cameron y Anthony J. Ryan. «FoamPi: An open-source raspberry Pi based apparatus for monitoring polyurethane foam reactions». En: *HardwareX* 12 (oct. de 2022), e00365. ISSN: 24680672. DOI: 10.1016/j.ohx.2022.e00365. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468067222001109>.
- [14] Lorenzo Palazzetti et al. «AntPi: A Raspberry Pi based edge-cloud system for real-time ant species detection using YOLO». En: *Ecological Informatics* 91 (nov. de 2025), pág. 103383. ISSN: 15749541. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2025.103383. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574954125003929>.
- [15] Matthew Sands y Jinki Kim. «A low-cost and open-source measurement system to determine the Young's and shear moduli and Poisson's ratio of soft materials using a Raspberry Pi camera module and 3D printed parts». En: *HardwareX* 13 (mar. de 2023), e00386. ISSN: 24680672. DOI: 10.1016/j.ohx.2022.e00386. URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2468067222001316>.