

Internet de las cosas en el ámbito de la atención médica: tendencias y desafíos

Internet of Things in the Field of Health Care: Trends and Challenges

Pedro Arango Astorga^{1*}

0000-0001-7949-9702

Yadira Garcia Garcia¹

0000-0001-6087-3645

¹ Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba

* Autor para la correspondencia: parango@uci.cu

RESUMEN

La internet de las cosas ha mantenido un crecimiento continuo en los últimos años. Las potencialidades de uso que muestra en diferentes campos han sido ampliamente documentadas. Su utilización efectiva en el campo de la salud puede traer consigo mejoras en la eficiencia de los tratamientos médicos, prevenir situaciones de riesgo, ayudar a elevar la calidad del servicio y proporcionar soporte a la toma de decisiones. La presente revisión profundiza en aspectos medulares de su utilización con el objetivo de explorar las principales tendencias y desafíos relacionados con la creciente utilización de la internet de las cosas en la salud, prestando mayor atención a los aspectos relacionados con las arquitecturas utilizadas para el despliegue de sistemas de internet de las cosas en ese ámbito, el manejo de la seguridad de estos sistemas y las herramientas para el apoyo a la toma de decisiones empleadas. Mediante el análisis documental se logra mostrar las principales características de estos sistemas, así como su arquitectura, herramientas utilizadas para la gestión de los datos capturados y mecanismos de seguridad. La utilización de la internet de las cosas en el campo de la salud tiene gran impacto, mejorando la vida de millones de personas en todo el mundo y brindando grandes oportunidades para el desarrollo de sistemas inteligentes de salud.

Palabras clave: computación en la nube; cadenas de bloques; internet de las cosas; sistemas de salud; toma de decisiones.

ABSTRACT

The internet of things has maintained continuous growth in recent years. The potentialities of use that it shows in different fields have been widely documented. Its effective use in the field of health can bring improvements in the efficiency of medical treatments, prevention of risky situations, help raising the quality of service and provide support for decision-making. The present review explores into core aspects of its use in order to analyze trends, challenges and strengths. Document analysis was used to show the main characteristics of these systems, as well as their architecture, tools used for the management of the captured data and security



mechanisms. The use of the internet of things in the health field has a great impact, improving the lives of millions of people around the world and providing great opportunities for the development of intelligent health systems.

Key words: blockchain; cloud computing; decision making; healthcare systems; internet of things.

Recibido: 24/03/2021

Aprobado: 22/10/2021

Introducción

La Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) es una red de dispositivos físicos y otros elementos, integrados con electrónica, software, sensores y conectividad de red, que permite que estos objetos recopilen e intercambien datos ⁽¹⁾. Según Elijah, Rahman ⁽²⁾ IoT es un marco de red dinámico que tiene la intención de fusionar los dominios físicos y virtuales mediante la utilización de internet como medio de comunicación y transmisión de datos entre ellos.

Los estudios realizados por Yin, Zeng ⁽³⁾, Auffray, Balling ⁽⁴⁾ y Kalaiselvi ⁽⁵⁾ muestran que la IoT tiene gran impacto en la industria de la salud y mejora la vida de millones de personas en todo el mundo, brindando grandes oportunidades para desarrollar sistemas inteligentes de información de salud; su aplicación en el campo de la salud se conoce como Internet of Health Things (IoHT).

Con el objetivo de maximizar las capacidades de IoT en los sistemas de salud, cada vez más investigadores y organizaciones han dedicado sus esfuerzos al desarrollo de tecnologías basadas en IoHT ⁽³⁾. Los estudios realizados por S., Nathani ⁽⁶⁾ muestran un incremento considerable del número de publicaciones científicas dedicadas a IoHT en los últimos años.

La IoHT está creciendo debido al rápido desarrollo de la tecnología de sensores. Esto ha contribuido al desarrollo de dispositivos relativamente baratos y fáciles de usar permitiendo la autoevaluación de indicadores de salud y bienestar, así como el monitoreo y la gestión de la información de pacientes ⁽⁷⁾. Según Kalaiselvi ⁽⁵⁾, Mahmood, Wittenberg ⁽⁷⁾ y Dimitrov ⁽⁸⁾, esta constituye una de las ventajas de la utilización de la IoT, pues permite rastrear signos vitales, detectar cambios fisiológicos y predecir riesgos para la salud de manera remota.

La IoHT permite resolver problemas o dificultades existentes en los sistemas de monitoreo de atención médica. Puede mejorar la efectividad de los tratamientos, prevenir situaciones de riesgo, ayudar a elevar la calidad del servicio y proporcionar soporte para la toma de decisiones. Además, optimiza la gestión de recursos a través de la flexibilidad, la movilidad y la utilización de soluciones inteligentes, ofreciendo



monitoreo remoto, notificación automática y reducción de los costos de atención médica ^{(3) (9) (10) (11) (12)}. Estos logros han demostrado la eficacia y el futuro prometedor del sistema de salud basado en IoT, haciendo que la medicina sea participativa, personalizada, predictiva y preventiva ⁽⁸⁾.

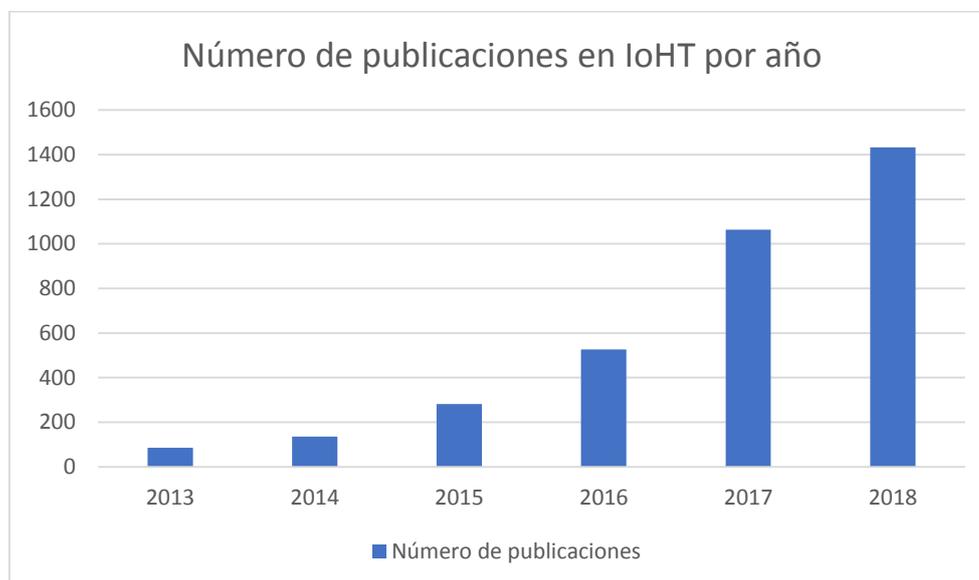


Fig. 1- Distribución de artículos relacionados con IoHT en los últimos años. Tomado de S., Nathani ⁽⁶⁾.

Según Farahani, Firouzi ⁽⁹⁾ y Santos, Munoz ⁽¹³⁾ la IoHT puede contribuir a la expansión del acceso a una atención médica de mayor calidad a través del monitoreo dinámico del ser humano dentro de su entorno y así minimizar la distancia entre el paciente y el médico.

Las aseveraciones de Dimitrov ⁽⁸⁾ plantean que para 2020, el 40% de las tecnologías relacionadas con IoT estarán destinadas al sector de la salud. La convergencia de la medicina y las tecnologías de la información, como la informática médica, transformará la atención médica tal como la conocemos, reduciendo los costos y contribuyendo a elevar la calidad de la atención médica.

Descripción de estudios previos relacionados

La Tabla 1 muestra las contribuciones de varios estudios de revisión en los que se analizan diferentes aspectos relacionados con la IoHT.



Tabla 1. Contribuciones de estudios de revisión anteriores sobre loHT.

<i>Autor / Referencia</i>	<i>Título</i>	<i>Año</i>	<i>Contribución</i>
Yin, Zeng (3)	The internet of things in healthcare: An overview	2016	<ul style="list-style-type: none"> • Exhibe una comparación de las diferentes técnicas de comunicación en distancias cortas. • Evalúa diferentes tipos de sensores para la medición de parámetros fisiológicos. • Presenta una comparación entre diferentes tecnologías para la localización de pacientes. • Discute acerca de la utilización de algoritmos de aprendizaje automático para la gestión del conocimiento.
Baig, GholamHosseini (14)	A systematic review of wearable patient monitoring systems –current challenges and opportunities for clinical adoption	2017	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta una revisión de 20 sistemas de monitoreo de pacientes. • Expone diferentes tecnologías para la transmisión de la información. • Discute acerca de la utilización de algoritmos de inteligencia artificial para la realización de modelos predictivos.
Kalaiselvi (5)	A Comprehensive Study On Healthcare Applications using IoT	2018	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra algunas de las aplicaciones de la loHT. • Expone algunos dispositivos utilizados en la loHT. • Expone los campos de la medicina en los que se ha utilizado la loHT.
Din, Almogren (15)	A decade of Internet of Things: Analysis in the light of healthcare applications	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta una visión integral de las aplicaciones relacionadas con loHT. • Expone los desafíos relacionados con el costo de los dispositivos utilizados en la medición de los parámetros biométricos, así como la confidencialidad de la información de los pacientes.
Santos, Munoz (13)	Online heart monitoring systems on the internet of health things environments: A survey, a reference model and an outlook	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra los signos vitales medidos por los dispositivos. • Expone los tipos de comunicación empleados para el envío de la información. • Presenta diferentes prototipos y aplicaciones en las que se ha utilizado la loHT.
Sadoughi, Behmanesh (16)	Internet of things in medicine: A systematic mapping study	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Expone las áreas y subáreas de la salud en la que se han utilizado la loHT. • Presenta las diferentes ubicaciones en las que se ha utilizado la loHT (casa, instituciones médicas, escuelas). • Muestra los países con mayor número de contribuciones al desarrollo de loHT.
Shriti Mishra and Rasool (17)	IoT Health care Monitoring and Tracking: A Survey	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra las ventajas de la utilización de la tecnología de identificación por radiofrecuencia en la atención médica de emergencia. • Evalúa las formas para el almacenamiento electrónico de la información relacionada con los pacientes. • Muestra diferentes dispositivos presentes en el mercado utilizados en la loHT.

Una vez reconocidos los avances de la IoT y su aplicación y potencialidades en el campo de la salud, así como la revisión de estudios previos relacionados con el tema,



se define como objetivo de esta investigación explorar las principales tendencias y desafíos relacionados con la creciente utilización de la internet de las cosas en la industria de la salud, prestando mayor atención a los aspectos relacionados con las arquitecturas utilizadas para el despliegue de sistemas de internet de las cosas en el ámbito de la salud; las herramientas para el apoyo a la toma de decisiones utilizadas; y la seguridad en los sistemas de internet de las cosas en el campo de la medicina.

Métodos

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura mediante la búsqueda bibliográfica en las bases de datos de la IEEE, ACM, Elsevier, Springer, PubMed, SCOPUS y Scientific Research Publishing. Los descriptores utilizados en la búsqueda fueron: loHT, IoT Healthcare, e-healthcare, IoT security, loHT security, loHT architecture. Se incluyeron artículos escritos en inglés publicados después del 2015, obteniéndose un total de 162 artículos para el desarrollo de la investigación. La Tabla 2 muestra los criterios de inclusión y exclusión tenidos en cuenta en el desarrollo de la investigación. Siendo seleccionados finalmente para el estudio 77 artículos.

Tabla 2. Criterios de inclusión/exclusión.

Criterio	Descripción
Inclusión	El trabajo trata sobre la utilización de internet de las cosas en el ámbito de la salud
Inclusión	El trabajo trata sobre la arquitectura de soluciones de internet de las cosas en la atención médica
Inclusión	El trabajo trata sobre herramientas para el apoyo a la toma de decisiones utilizados en el campo de la medicina
Inclusión	El trabajo trata sobre elementos de seguridad en el campo de internet de las cosas
Exclusión	El trabajo trata sobre otros aspectos de internet de las cosas que están fuera del tema que se investiga
Exclusión	El trabajo solo afirma que el problema en el ámbito de la salud podría solucionarse con la utilización de internet de las cosas, pero no se realiza ninguna explicación real en esa dirección
Exclusión	El tema del documento no se centra en internet de las cosas en el campo de la atención de salud y este término solo aparece de manera incidental
Exclusión	El trabajo no es un trabajo de investigación (por ejemplo, un editorial para un número especial)

De acuerdo con los objetivos de este artículo, se establecieron 4 categorías de análisis, en las cuales fueron distribuidos los documentos seleccionados para proceder a la revisión, análisis y síntesis de la información. Las categorías establecidas fueron:



utilización de la internet de las cosas en la industria de la salud; arquitectura de los sistemas de internet de las cosas en el ámbito de la atención médica; herramientas para el apoyo a la toma de decisiones en la medicina; y la seguridad en los sistemas de internet de las cosas en el campo de la medicina. En este orden, se organizaron y redactaron los resultados.

Resultados y discusión

Según S., Nathani ⁽⁶⁾ la IoHT todavía se considera la menos desarrollada, sin embargo, se ha demostrado que en los próximos años tendrá un gran desarrollo que cambiará la vida de las personas, esta afirmación es constatada por el gran número de aplicaciones desarrolladas en el campo de la medicina de los cuales se listan algunos a continuación.

En LeMoyne, Mastroianni ⁽¹⁸⁾ se presenta una configuración de un acelerómetro inalámbrico para monitorear el temblor de la mano de un paciente con la enfermedad de Parkinson, la propuesta realizada muestra un grado considerable de precisión, consistencia y fiabilidad, mejorando de esta forma la calidad de la atención médica de estos pacientes.

Chiuchisan and Geman ⁽¹⁹⁾ proponen un sistema inteligente integrado para el monitoreo de la enfermedad de Parkinson con la utilización de un *mouse* modificado que permite capturar el temblor de la mano en estos pacientes. El sistema de soporte de decisiones y monitorización domiciliaria está diseñado para ayudar y apoyar a los médicos en el diagnóstico, monitorización, tratamiento médico, rehabilitación y progreso de los pacientes.

Mohana and Aradhya ⁽²⁰⁾ diseñaron y desarrollaron un sistema para monitorear remotamente la frecuencia cardíaca y reproducir una melodía musical según la frecuencia de los latidos del corazón. Basaron su desarrollo en múltiples estudios que demuestran que la frecuencia cardíaca aumenta con una música de ritmo acelerado y se reduce con una música melodiosa y lenta.

Kodali, Swamy ⁽²¹⁾ implementaron un sistema de salud hospitalario, este permite monitorear periódicamente los parámetros fisiológicos de los pacientes hospitalizados. La implantación de la solución permite mejorar la calidad de la atención a partir del monitoreo regular de los pacientes y la participación activa en la recopilación de los datos y el análisis de los mismos.

Ali and Ghazal ⁽²²⁾ desarrollaron un servicio de detección de ataque cardíaco en tiempo real a través del control de voz y control de gestos con los relojes inteligentes. Esta propuesta mejora el tiempo de respuesta de la ayuda de emergencia, en particular en redes vehiculares y previene las colisiones entre vehículos.



La propuesta realizada por da Silva, Gonçalves ⁽²³⁾ consiste en un prototipo de caja para medicamentos que constituye una herramienta para ayudar a los pacientes durante la manipulación de los medicamentos, además permite a los profesionales de la salud verificar el cumplimiento del tratamiento orientado.

En la atención médica, la IoHT se utiliza para controlar el estado fisiológico de los pacientes mediante sensores que recolectan datos en tiempo real, estos son enviados a través de internet para su procesamiento y análisis, la puerta de enlace (*gateway*) constituye el mecanismo utilizado para la transmisión de los datos recolectados. Finalmente, la información obtenida es mostrada, constituyendo una herramienta importante para el apoyo a las actividades de toma de decisiones ^{(3) (11) (24)}.

Arquitectura de los sistemas IoHT

Los sistemas IoHT trabajan principalmente en redes inalámbricas de sensores y tecnologías de dispositivos integrados; al mismo tiempo, estos deben proporcionar sus servicios a cualquiera en cualquier momento y en cualquier lugar. Es por ello que las investigaciones de Priya.B and Nandhini.S ⁽¹¹⁾ refieren la necesidad de una arquitectura que permita escalabilidad, interoperabilidad, disponibilidad y eficiencia con el menor costo posible.

El estudio realizado, manifiesto en la Tabla 3, evidencia la utilización de una arquitectura de 3 capas en la mayoría de las propuestas de IoHT, una capa encargada de la recolección de los datos fisiológicos de los pacientes y datos relacionados con el entorno, otra encargada de la transmisión de la información hacia un servidor, por último, una capa de servicios en la que es consultada la información obtenida de las capas anteriores.

Existen variantes que pudieran resultar interesantes. La propuesta realizada por Shrouq Hijazi, Burak Kantarci ⁽²⁵⁾ implementa una arquitectura de dos capas en la que una capa constituye la interfaz del paciente con el sistema, mientras la otra resulta el punto de interacción de los doctores con el sistema. Las propuestas desarrolladas por Nigam, Chavan ⁽²⁶⁾, Islam, Faheem ⁽²⁷⁾ y Borujeni, Fathy ⁽²⁸⁾ proponen cuatro capas incorporando una encargada de realizar alertas, notificaciones y reportes. Mientras que Yu, Chan ⁽¹²⁾ también propone un sistema con cuatro capas, siendo una de estas la encargada de construir un esquema de monitoreo personalizado a partir de la utilización de diferentes herramientas de minería de datos.

El gran volumen de datos heterogéneos recopilados por los dispositivos IoT deben ser almacenados y posteriormente procesados; la información obtenida durante este proceso debe estar disponible para su recuperación y visualización. En aras de alcanzar estos fines, la bibliografía consultada revela un uso extendido de la computación en la nube (*cloud computer*) en las soluciones propuestas por diferentes autores.

En 2011, NITS (National Institute of Standards and Technology) define la computación en la nube como un modelo para permitir el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda de un grupo de recursos informáticos compartidos, pudiendo ser



contratados o liberados con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios⁽²⁹⁾.

Marinescu⁽³⁰⁾ alega que la computación en la nube representa un cambio considerable en el diseño de sistemas; su utilización proporciona grandes capacidades de procesamiento y espacio de almacenamiento accesible desde internet. Otro de los beneficios está dado por su capacidad para adquirir dinámicamente recursos informáticos y soportar una carga de trabajo variable, además los servicios de mantenimiento y seguridad están garantizados por los proveedores de servicios. Por otra parte, los datos de la aplicación se almacenan más cerca del sitio donde se usan, potencialmente, esta estrategia de almacenamiento de datos aumenta la confiabilidad y seguridad y, al mismo tiempo, reduce los costos de comunicación.

La computación en la nube brinda evidentes ventajas en el almacenamiento, procesamiento y visualización de la información generada durante el proceso de seguimiento de los pacientes, sin embargo estudios recientes como el presentado por Puliafito, Mingozi⁽³¹⁾ muestran deficiencias en la utilización de este paradigma. La distancia entre los dispositivos IoT (sensores y puerta de enlace) y la nube a menudo conduce a una alta latencia de comunicación, factor que resulta indispensable minimizar en aplicaciones médicas. La transferencia de grandes volúmenes de datos genera un consumo elevado del ancho de banda de la red y la transmisión de estos puede incurrir en un riesgo de privacidad pudiendo ser afectada la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los mismos.



Tabla 3. Arquitecturas utilizadas en soluciones IoHT.

	Año	No. de capas	Gateway			Fog Computer	Cloud Computer
			Celular	Laptop	Microcontrolador		
Guo, Duan (35)	2013	-	x				x
Chiuchisan and Geman (19)	2014	3		x			
Mohammed, Thakral (36)	2014	3	x				
Jokic, Jokic (37)	2015	-	x				x
Mohana and Aradhya (20)	2015	-			x		
Kodali, Swamy (21)	2015	-			x		
Constant, Douglas-Prawl (38)	2015	3	x				x
Gia, Jiang (39)	2015	3			x	x	x
Yi and Saniie (40)	2016	3	x				
Shurouq Hijazi, Burak Kantarci (25)	2016	2	x				x
Nigam, Chavan (26)	2016	4					
Zhou, Riecki (41)	2016	-	x				x
Singh, Sarkar (42)	2016	3			x		
Rizqyawan, Amri (43)	2016	3	x				x
Jindal (44)	2016	-	x				x
Yang, Zhou (45)	2016	3					x
Pinto, Cabral (46)	2017	3			x		x
Wu, Wu (47)	2017	2	x				x
Gusev, Stojmiski (48)	2017	3	x				
Kumar and Gandhi (49)	2017	3	x				x
Priyanka, Parimala (50)	2017	3	x				x
Kassem, Yildirim (51)	2017	-	x				
Amato and Coronato (52)	2017	4	x				
Assaba and Gite (53)	2017	3	x				x
Aazimi, Anzanpour (54)	2017	3			x	x	x
Dubey, Monteiro (55)	2017	3	x			x	x
Farahani, Firouzi (9)	2017	3			x	x	x
Gia, Jiang (10)	2017	3			x	x	x
Nashif, Raihan (56)	2018	3	x				x
Yu, Chan (12)	2018	4	x				
Bin Rais, Akbar (57)	2018	4		x		x	x
da Silva, Gonçalves (23)	2019	3			x	x	x
Islam, Faheem (27)	2019	4				x	x
Barata, Munoz (58)	2019	3	x				x
Borujeni, Fathy (28)	2019	4	x			x	x
Scrugli, Loi (59)	2019	3			x		x
Tuli, Basumatary (60)	2020	3		x	x	x	x



Con el objetivo de mejorar la calidad del servicio de atención médica, se aprecia, en publicaciones recientes la utilización de la computación en la niebla (fog computer), ganando las puertas de enlace un nuevo protagonismo.

Varios autores describen la computación en la niebla como una plataforma virtual que extiende el paradigma de computación en la nube hasta el borde de la red, reduciendo de esta manera las cargas de la nube y logrando un mejor aprovechamiento del ancho de banda de la red ^{(32) (33) (34)}. Según Negash, Gia ⁽³²⁾ la gestión de datos tiene un papel importante en la computación de niebla. La capa de niebla recibe continuamente una gran cantidad de datos sensoriales en un corto período de tiempo desde la red de sensores, por lo que debe administrar los datos entrantes para proporcionar una respuesta rápida. Esta tarea tiene vital importancia en los escenarios de atención médica, ya que la latencia y la incertidumbre en la toma de decisiones pueden causar daños irreversibles para los pacientes.

Las observaciones de Negash, Gia ⁽³²⁾ expone varias funciones esenciales que la computación en la niebla debe satisfacer. La puerta de enlace debe almacenar los datos recibidos de varias fuentes en un almacenamiento local para poder utilizarlos en un análisis futuro cercano. Al mismo tiempo debe incorporar una unidad de filtrado de datos que permita eliminar el ruido y distorsiones inherentes del proceso de monitoreo, así como una unidad de compresión para reducir el volumen de datos transmitidos a través de una red de comunicación. De igual modo la puerta de enlace debe permitir la fusión de datos, con el objetivo de integrar datos sensoriales de múltiples fuentes para obtener datos más sólidos e información significativa. Finalmente debe permitir el procesamiento de datos sensoriales localmente, mejorando de esta manera el rendimiento del sistema, al disminuir la latencia de las respuestas y elevar tanto la confiabilidad como la consistencia de los datos.

El estudio realizado muestra en las últimas publicaciones una propensión a la utilización conjunta de la computación en la niebla y la computación en la nube en las soluciones loHT dedicadas a la atención y seguimiento médico de pacientes. También se evidencia como los celulares (smartphones) son ampliamente utilizados para cumplir el rol de puertas de enlace, sin embargo, también es destacable la utilización de microcontroladores para la realización de estas funciones; y en menor medida son empleadas laptops.

Herramientas para el apoyo a la toma de decisiones

Las valoraciones de Aazimi, Anzanpour ⁽⁵⁴⁾ confirman que los sistemas simples de monitoreo basados en IoT son insuficientes para el monitoreo ubicuo que exige las capacidades adicionales de análisis y toma de decisiones.

El estudio realizado, presente en la Tabla 4, muestra que las técnicas de aprendizaje automático tienen gran utilidad en el sector de la salud. El empleo de estas ha permitido elevar la calidad de los indicadores de salud, proporcionando una atención médica de mayor calidad.



Tabla 4. Técnicas de aprendizaje automático utilizadas en la medicina.

	Año	IoHT	Técnicas de aprendizaje automático					
			ANN	SVM	Random Forest	Nearest Neighbors	Naive Bayes	Decision Tree
Chiuchisan and Geman (19)	2014	x	x					
Keshan, Parimi (61)	2015	x	x	x	x	x	x	x
Shurouq H, Burak K (25)	2016	x	x	x	x	x		
Jindal (44)	2016	x	x					
Yang, Zhou (45)	2016	x		x				
Choi, Bahadori (62)	2017		x					
Aazimi, Anzanpour (54)	2017	x		x				
Mozos, Sandulescu (63)	2017	x		x				
Egilmez, Poyraz (64)	2017	x		x	x		x	
Ravi, Wong (65)	2017	x	x					
Gjoreski, Luštrek (66)	2017	x		x	x	x	x	x
Nashif, Raihan (56)	2018	x	x	x	x		x	
Yu, Chan (12)	2018	x	x	x				x
Grapov, Fahrman (67)	2018		x					
Rajkomar, Oren (68)	2018		x					
Fan, Yao (69)	2018	x	x					
Azimi, Takalo-Mattila (70)	2018	x	x					
Ayatollahi, Gholamhos (71)	2019		x	x				
Amin, Chiam (72)	2019		x	x				
Islam, Faheem (27)	2019	x		x				
Tuli, Basumatary (60)	2020	x	x					
Khan (73)	2020	x	x					

La revisión de la bibliografía consultada, exhibe como las técnicas más utilizadas, las redes neuronales artificiales (artificial neuronal network, ANN) y las máquinas de



soporte vectorial (support vector machine, SVM), alcanzándose con estos resultados relevantes. La tendencia en las últimas publicaciones se mueve hacia la utilización del aprendizaje profundo (deep learning) como técnica más difundida para el apoyo al diagnóstico médico. Otras técnicas aplicadas en este ámbito son los árboles de decisión (decision tree), vecinos cercanos (nearest neighbors), bosques aleatorios (random forest) y algoritmos ingenuos (naive bayes).

Seguridad de los sistemas IoT

Priya.B and Nandhini.S ⁽¹¹⁾ plantean como uno de los principales desafíos de la IoT lograr la transmisión segura de los datos hacia el extremo destino y al mismo tiempo solo permitir que usuarios autorizados accedan a los datos, garantizando la confidencialidad e integridad. Para Mahmood, Wittenberg ⁽⁷⁾ es imprescindible, además, garantizar la precisión, validez y fiabilidad de los datos recolectados, por lo que se hace necesario un sistema que monitoree la calidad de los datos.

Las afirmaciones de Gia, Jiang ⁽¹⁰⁾ apuntan que la utilización de métodos de seguridad y criptografía en la puerta de enlace contribuyen a la protección de la información y de los recursos del sistema de accesos no autorizados. Estos mecanismos de seguridad constituyen una tarea desafiante pues las técnicas y métodos empleados no deben causar un aumento significativo en la latencia de la solución propuesta.

Los avances recientes en las tecnologías de cadenas de bloques (blockchains) ofrecen posibles soluciones a los desafíos, relacionados con la confidencialidad, integridad y seguridad de la información. Dai, Zheng ⁽⁷⁴⁾ en su investigación plantea que blockchains es esencialmente un complemento perfecto para IoT con la privacidad, seguridad, confiabilidad y escalabilidad mejoradas.

La incorporación de blockchains en las redes de atención médica puede superar los desafíos en la preservación de la privacidad y la garantía de seguridad de los datos de atención médica. Investigaciones recientes en el ámbito de la salud, incorporan la utilización de esta tecnología en sus soluciones. Por ejemplo, Esposito, De Santis ⁽⁷⁵⁾ muestra que el uso de la tecnología blockchains puede proteger los datos de atención médica almacenados en servidores en la nube. Mientras tanto, Griggs, Ossipova ⁽⁷⁶⁾ desarrolló un sistema basado en blockchains para asegurar la gestión de datos privados de salud. En particular, los datos de atención médica generados por los sensores médicos se pueden recopilar y transmitir automáticamente al sistema mediante la ejecución de contratos inteligentes, lo que permite el monitoreo del paciente en tiempo real. Además, Bhuiyan, Zaman ⁽⁷⁷⁾ propuso una solución basada en blockchains para administrar datos de atención médica individuales y apoyar el intercambio de datos en diferentes hospitales, centros médicos, compañías de seguros y pacientes garantizando durante el proceso la privacidad y seguridad de los datos de atención médica.



Conclusiones

El estudio realizado, evidencia las ventajas de la utilización de la internet de las cosas en el ámbito de la salud. La IoHT mejora la calidad de la atención médica a partir de la construcción de sistemas inteligentes de salud que constituyen una herramienta efectiva para el apoyo a la toma de decisiones. Para el desarrollo de estos sistemas es recurrente la utilización de una arquitectura de 3 capas, una encargada de la recolección de los datos, otra con la función de transmitir la información hacia un servidor y de realizar alertas y notificaciones, y por último, una capa de servicios en la que es consultada la información obtenida de las capas anteriores. La combinación de la computación en la niebla y la computación en la nube mejora el rendimiento del sistema, al disminuir la latencia de las respuestas y elevar tanto la confiabilidad como la consistencia de los datos. Las técnicas de aprendizaje automático constituyen un pilar en el desarrollo de la IoHT, su utilización permite elevar la calidad de los indicadores de salud, proporcionando una atención médica de mayor calidad. Finalmente, la incorporación de la tecnología de cadenas de bloques podría resolver problemas relacionados con la confidencialidad, integridad y seguridad de la información.

Referencias

1. Zanella A, Bui N, Castellani A, Vangelista L, Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet of Things Journal. 2014;1(1):22-32
2. Elijah O, Rahman TA, Orikumhi I, Leow CY, Hindia N. An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture - Benefits and Challenges. IEEE Internet of Things Journal [Internet]. 2018 [cited 2021 Dec 21];5(5). Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8372905>
3. Yin Y, Zeng Y, Chen X, Fan Y. The internet of things in healthcare: An overview. Journal of Industrial Information Integration. 2016;1:3-13
4. Auffray C, Balling R, Barroso I, Bencze L, Benson M, Bergeron J, et al. Making sense of big data in health research: Towards an EU action plan. Genome Medicine. 2016;8(1):[about 13 p.]
5. Kalaiselvi G. A Comprehensive Study On Healthcare Applications using IoT2018. International Journal of Engineering Science Invention (IJESI) [Internet]. 2018 [cited 2022 Jan 11]:41-5. Available from: <http://www.ijesi.org/papers/NCIOT-2018/Volume-1/8.%2041-45.pdf>



6. Balaji S, Nathani K, Santhakumar R. IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey. *Wireless Personal Communications* [Internet]. 2019 [cited 2021 Dec 21]. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06407-w>
7. Mahmood T, Wittenberg P, Zwetsloot IM, Wang H, Tsui KL. Monitoring data quality for telehealth systems in the presence of missing data. *Int J Med Inform.* 2018 Jun;126.
8. Dimitrov DV. Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare. *Healthcare Informatics Research.* 2016;22(3):156-63
9. Farahani B, Firouzi F, Chang V, Badaroglu M, Constant N, Mankodiya K. Towards fog-driven IoT eHealth: Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare. *Future Generation Computer Systems* [Internet]. 2017 [cited 2021 Dec 21];78:659-76. Available from: https://digitalcommons.uri.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1069&context=ele_facpubs
10. Gia TN, Jiang M, Sarker VK, Rahmani AM, Westerlund T, Pasi Liljeberg1 aHT. Low-cost Fog-assisted Health-care IoT System with Energy efficient Sensor Nodes. 2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), Valencia, Spain. USA: IEEE; 2017
11. Priya B H, Nandhini S. IoT based Survey on Healthcare and Agriculture. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering.* 2017
12. Yu L, Chan WM, Zhao Y, Tsui K-L. Personalized Health Monitoring System of Elderly Wellness at the Community Level in Hong Kong. *IEEE Access* [Internet]. 2018 Jun [cited 2022 Jan 11];6:[about 10 p.]. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8389199>
13. Santos MAG, Munoz R, Olivares R, Rebouças Filho PP, del Ser J, de Albuquerque VHC. Online heart monitoring systems on the internet of health things environments: A survey, a reference model and an outlook. Elsevier BV . 2019.
14. Baig MM, GholamHosseini H, Moqem AA, Mirza F, Lindén M. A systematic review of wearable patient monitoring systems—current challenges and opportunities for clinical adoption. *Journal of medical systems.* 2017;41(7)
15. Din IU, Almogren A, Guizani M, Zuair M. A decade of Internet of Things: Analysis in the light of healthcare applications. *IEEE Access.* 2019;7:89967-79
16. Sadoughi F, Behmanesh A, Sayfour N. Internet of things in medicine: A systematic mapping study. *Journal of Biomedical Informatics.* 2020 Mar:[about 20 p.]
17. Shriti Mishra S, Rasool A. IoT Health care Monitoring and Tracking : A Survey. 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI); Tirunelveli, India. US: IEEE. 2019
18. LeMoyne R, Mastroianni T, Grundfest W. Wireless accelerometer configuration for monitoring Parkinson's disease hand tremor. *Advances in Parkinson's Disease* [Internet]. 2013 [cited 2022 Jan 11];2(2):62-7. Available from: https://www.researchgate.net/publication/276492946_Wireless_accelerometer_configuration_for_monitoring_Parkinson%27s_disease_hand_tremor



19. Chiuchisan I, Geman O. An Approach of a Decision Support and Home Monitoring System for Patients with Neurological Disorders using Internet of Things Concepts. WSEAS Transactions on Systems [Internet]. 2014 [cited 2022 Jan 11];13:460-9. Available from: <http://www.wseas.us/journal/pdf/systems/2014/g045702-416.pdf>
20. Mohana SR, Aradhya HR, editors. Remote monitoring of heart rate and music to tune the heart rate. 2015 Global Conference on Communication Technologies (GCCT), Thuckalay, Kanya Kumari District, India; 23-24 April 2015. US: IEEE; 2015
21. Kodali RK, Swamy G, Lakshmi B. An Implementation of IoT for Healthcare. Recent Advances in Intelligent Computational Systems [Internet]. 2015 [cited 2022 Jan 11]. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7488451>
22. Ali S, Ghazal M, editors. Real-time heart attack mobile detection service (RHAMDS): An IoT use case for software defined networks. 2017 IEEE 30th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE); 30 April-3 May 2017; Windsor, ON, Canada. USA: IEEE; 2017
23. da Silva DV, Gonçalves TG, Pires PF. Using IoT technologies to develop a low-cost smart medicine box. 2019: Anais Estendidos do XXV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web. Workshop de Ferramentas e Aplicações. Rio de Janeiro, Brasil: Sociedade Brasileira de Computação; 2019. p. 97-101
24. Tzounis A, Katsoulas N, Bartzanas T, Kittas C. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. Biosystems Engineering [Internet]. 2017 [cited 2021 Dec 22]; 164. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511017302544>
25. Shrouq Hijazi AP, Burak Kantarci DA, Soyata T. Research directions in cloud-based decision support systems for health monitoring using internet-of-things driven data acquisition. International Journal of Services Computing [Internet]. 2016 [cited 2022 Jan 11];4(4):18-34. Available from: <http://www.hipore.com/stsc/2016/IJSC-Vol4-No4-2016-pp18-34.pdf>
26. Nigam KU, Chavan AA, Ghatule SS, Barkade VM, editors. IOT-BEAT: An intelligent nurse for the cardiac patient. 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP); 6-8 April 2016; Melmaruvathur, India. USA: IEEE; 2016
27. Islam N, Faheem Y, Din IU, Talha M, Guizani M, Khalil M. A blockchain-based fog computing framework for activity recognition as an application to e-Healthcare services. Future Generation Computer Systems [Internet]. 2019 [cited 2021 Dec 21]; 100. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X19309860>
28. Borujeni AM, Fathy M, Mozayani N. A hierarchical, scalable architecture for a real-time monitoring system for an electrocardiography, using context-aware computing. Journal of biomedical informatics. 2019;96:[about 81 screen].
29. Mell P, Grance T. The NIST definition of cloud computing. USA: National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce; 2011
30. Marinescu DC. Cloud computing: theory and practice. USA: Morgan Kaufmann; 2018



31. Puliafito C, Mingozzi E, Longo F, Puliafito A, Rana O. Fog computing for the internet of things: A Survey. *ACM Transactions on Internet Technology*. 2019;19(2):[about 41 p.]
32. Negash B, Gia TN, Anzanpour A, Azimi I, Jiang M, Westerlund T, et al. Leveraging Fog Computing for Healthcare IoT. In: *Fog Computing in the Internet of Things [Internet]*. Springer International Publishing; 2017 [cited 2021 Dec 22]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/315552535_Leveraging_Fog_Computing_f_or_Healthcare_IoT
33. Rahmani AM, Gia TN, Negash B, Anzanpour A, Azimi I, Jiang M, et al. Exploiting smart e-Health gateways at the edge of health care Internet of Things - A fog computing approach [abstract]. *Future Generation Computer System [Internet]*. 2017 [cited 2021 Dec 21]; 78 (Part 2). Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X17302121>
34. Bonomi F, Milito R, Zhu J, Addepal S, editors. *Fog Computing and Its Role in the Internet of Things*. MCC '12: Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing; 17 August 2012; Helsinki Finland. New York, United States of America: Association for Computing Machinery; 2012. p. 13-5.
35. Guo X, Duan X, Gao H, Huang A, Jiao B. An ECG Monitoring and Alarming System Based On Android Smart Phone. *Communications and Network [Internet]*. 2013 [cited 2021 Dec 22];5:584-9. Available from: https://www.scirp.org/pdf/_2013100710411977.pdf
36. Mohammed J, Thakral A, Oceanu AF, Jones C, Lung C-H, Adler A, editors. *Internet of Things: Remote Patient Monitoring Using Web Services and Cloud Computing*. Internet of Things. USA: IEEE Computer Society; 2014
37. Jokic S, Jokic I, Krco S, Delic V. ECG for Everybody: Mobile Based Telemedical Healthcare System. In: Loshkovska S, Koceski S, editors. *International Conference on ICT Innovations 2015, Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol 399. Springer International Publishing Switzerland; 2015
38. Constant N, Douglas-Prawl O, Johnson S, Mankodiya K, editors. *Pulse-Glasses: An unobtrusive, wearable HR monitor with Internet-of-Things functionality*. 2015 IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN); 9-12 June; Cambridge, USA. USA: IEEE; 2015
39. Gia TN, Jiang M, Rahmani AM, Westerlund T, Liljeberg P, Tenhunen H, editors. *Fog Computing in Healthcare Internet of Things: A Case Study on ECG Feature Extraction*. Computer and Information Technology. USA: IEEE Computer Society; 2015
40. Yi W-J, Saniie J. Patient Centered Real-Time Mobile Health Monitoring System. *E-Health Telecommunication Systems and Networks [Internet]*. 2016 [cited 2022 Jan 11];5:75-94. Available from: https://www.researchgate.net/publication/312599989_Patient_Centered_Real-Time_Mobile_Health_Monitoring_System
41. Zhou J, Rieki J, Zhang W, Qiu T, editors. *IHRV: cloud-based mobile heart rate variability monitoring system*. 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber,



Physical and Social Computing (CPSCoM) and IEEE Smart Data (SmartData); 15-18 Dec 2016; Chengdu, China. USA: IEEE; 2016

42. Singh RK, Sarkar A, Anoop C, editors. A health monitoring system using multiple non-contact ECG sensors for automotive drivers. 2016 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings; 23-26 May 2016; Taipei, Taiwan. USA: IEEE; 2016

43. Rizqyawan MI, Amri MF, Pratama RP, Turnip A, editors. Design and development of Android-based cloud ECG monitoring system. 2016 3rd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE); 19-20 October 2016; Semarang, Indonesia. USA: IEEE; 2016

44. Jindal V, editor. Integrating mobile and cloud for PPG signal selection to monitor heart rate during intensive physical exercise. MOBILESoft '16: Proceedings of the International Conference on Mobile Software Engineering and Systems; 2018 May 27-8; Gothenburg Sweden. New York, USA: Association for Computing Machinery (ACM); 2016

45. Yang Z, Zhou Q, Lei L, Zheng K, Xiang W. An IoT-cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare. Mobile & Wireless Health [Internet]. 2016 [cited 2022 Jan 11];40:[about 11 p.]. Available from:

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10916-016-0644-9.pdf>

46. Pinto S, Cabral J, Gomes T. We-Care: An IoT-based Health Care System for Elderly People 2017. 2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT); 22-25 March 2017; Toronto, ON, Canada. USA: IEEE

47. Wu T, Wu F, Redouté J-M, Yuce MR. An Autonomous Wireless Body Area Network Implementation Towards IoT Connected Healthcare Applications. USA: IEEE Access [Internet]. 2017 [cited 2022 Jan 11]; 5: 11413- 22. Available from:

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7950903>

48. Gusev M, Stojmenski A, Guseva A, editors. ECGAlert: A heart attack alerting system. International Conference on ICT Innovations. USA: Springer Publishing; 2017

49. Kumar PM, Gandhi UD. A novel three-tier Internet of Things architecture with machine learning algorithm for early detection of heart diseases. Computers Electrical Engineering. 2018;65:222-35

50. Priyanka A, Parimala M, Sudheer K, Thippareddy, Kaluri R, Lakshmana K, et al. Big data based on healthcare analysis using IOT devices. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (2017); 2017 Aug 25–27; Busan, Korea. England: IOP Sciences; 2017

51. Kassem A, Yıldırım UO, Turğut KA, Wiil UK, Özyer T, Alhadj R, editors. Effectiveness of Mobile Electrocardiogram in Healthcare: From Mobile Application and Development to Community Reaction. ASONAM '17: Proceedings of the 2017 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining; July 31-August 3 2017; Sydney, Australia. New York, USA: Association for Computing Machinery (ACM); 2017



52. Amato A, Coronato A, editors. An IoT-Aware Architecture for Smart Healthcare Coaching Systems. International Conference on Advanced Information Networking and Applications. USA: IEEE Computer Society; 2017
53. Assaba C, Gite S. IOT Based HealthCare Remote Monitoring and Context-aware Appointment System. International Journal of Current Engineering and Technology [Internet]. 2017[cited 2022 Jan 11];7(6):2057-61. Available from: <https://inpressco.com/wp-content/uploads/2017/12/Paper212057-2061.pdf>
54. Azimi I, Anzanpour A, Rahmani AM, Pahikkala T, Levorato M, Liljeberg P, et al. HiCH: Hierarchical Fog-Assisted Computing Architecture for Healthcare IoT. ACM Transactions on Embedded Computing Systems [Internet]. 2017 [cited 2022 Jan 11];16:[about 20 p.]. Available from: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3126501>
55. Dubey H, Monteiro A, Constant N, Abtahi M, Borthakur D, Mahler L, et al. Fog Computing in Medical Internet-of-Things: Architecture, Implementation, and Applications. In: Handbook of Large-Scale Distributed Computing in Smart Healthcare [Internet]. Springer International Publishing; 2017 [cited 2022 Jan 11]. p. 11-25. Available from: https://www.researchgate.net/publication/311274279_Fog_Computing_in_Medical_Internet-of-Things_Architecture_Implementation_and_Applications
56. Nashif S, Raihan R, Islam R, Imam MH. Heart Disease Detection by Using Machine Learning Algorithms and a Real-Time Cardiovascular Health Monitoring System. World Journal of Engineering and Technology [Internet]. 2018 [cited 2022 Jan 11];6:854-73. Available from: https://www.researchgate.net/publication/329096802_Heart_Disease_Detection_by_Using_Machine_Learning_Algorithms_and_a_Real-Time_Cardiovascular_Health_Monitoring_System
57. Bin Rais RN, Akbar MS, Aazam M, editors. Fog-Supported Internet of Things (IoTs) Architecture for Remote Patient Monitoring Systems using Wireless Body Area Sensor Networks. 2018 IEEE 16th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 16th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 4th Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress(DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech); 2018 Aug 12-15; Athens, Greece. USA: IEEE Computer Society; 2018
58. Rodrigues Barata JJ, Munoz R, de Carvalho Silva RD, Rodrigues JJ, de Albuquerque VH. Internet of Things Based on Electronic and Mobile Health Systems for Blood Glucose Continuous Monitoring and Management. USA: IEEE Access. 2019;7:175116-25
59. Scrugli MA, Loi D, Raffo L, Meloni P, editors. A Runtime-Adaptive Cognitive IoT Node for Healthcare Monitoring. CF '19: Proceedings of the 16th ACM International Conference on Computing Frontiers; 2019 Apr 30-May 2; Alghero, Italy. New York, USA: Association for Computing Machinery (ACM); 2019
60. Tuli S, Basumatary N, Gill SS, Kahani M, Arya RC, Wander GS, et al. HealthFog: An ensemble deep learning based Smart Healthcare System for Automatic Diagnosis of



Heart Diseases in integrated IoT and fog computing environments. Future Generation Computer Systems. 2020;104:187-200

61. Keshan N, Parimi P, Bichindaritz I, editors. Machine learning for stress detection from ECG signals in automobile drivers. 2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data); 2015 Oct 29 - Nov 1; Santa Clara, USA. USA: IEEE; 2015

62. Choi E, Bahadori MT, Song L, Stewart WF, Sun J, editors. GRAM: graph-based attention model for healthcare representation learning. Proceedings of the 23rd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining; 2017 Aug 13-17; Halifax NS, Canada. New York, USA: Association for Computing Machinery; 2017. p. 787-95

63. Mozos OM, Sandulescu V, Andrews S, Ellis D, Bellotto N, Dobrescu R, et al. Stress detection using wearable physiological and sociometric sensors. International Journal of Neural Systems. 2017;27(02)

64. Egilmez B, Poyraz E, Zhou W, Memik G, Dinda P, Alshurafa N, editors. UStress: Understanding college student subjective stress using wrist-based passive sensing. 2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops); 2017 Mar 13-7; Kona, Big Island, USA. USA: IEEE; 2017

65. Ravi D, Wong C, Lo B, Yang G-Z. A Deep Learning Approach to on-Node Sensor Data Analytics for Mobile or Wearable Devices. Journal of Biomedical and Health Informatics [Internet]. 2017 [cited 2022 Jan 11];21(1):56-64. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7797232>

66. Gjoreski M, Luštrek M, Gams M, Gjoreski H. Monitoring stress with a wrist device using context. Journal of biomedical informatics [Internet]. 2017 [cited 2021 Dec 23];73:159-70. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046417301855>

67. Grapov D, Fahrman J, Wanichthanarak K, Khoomrung S. Rise of deep learning for genomic, proteomic, and metabolomic data integration in precision medicine. Omics: a journal of integrative biology [Internet]. 2018 [cited 2021 Dec 23];22(10):630-6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6207407/>

68. Rajkomar A, Oren E, Chen K, Dai AM, Hajaj N, Hardt M, et al. Scalable and accurate deep learning with electronic health records. NPJ Digital Medicine [Internet]. 2018 [cited 2022 Jan 11];1:[about 10 p.] . Available from: <https://www.nature.com/articles/s41746-018-0029-1.pdf>

69. Fan X, Yao Q, Cai Y, Miao F, Sun F, Li Y. Multiscaled Fusion of Deep Convolutional Neural Networks for Screening Atrial Fibrillation From Single Lead Short ECG Recordings. Journal of Biomedical and Health Informatics [Internet]. 2018 Nov [cited 2022 Jan 11];22(6):1744-53. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8428414>

70. Azimi I, Takalo-Mattila J, Anzanpour A, Rahmani AM, Soininen J-P, Liljeberg P, editors. Empowering healthcare iot systems with hierarchical edge-based deep learning. 2018 IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications,



Systems and Engineering Technologies (CHASE); 2018 Sep 26-8; Washington, DC, USA. USA: IEEE; 2018

71. Ayatollahi H, Gholamhosseini L, Salehi M. Predicting coronary artery disease: a comparison between two data mining algorithms. BMC public health. 2019;19(1):1-9.
72. Amin MS, Chiam YK, Varathan KD. Identification of significant features and data mining techniques in predicting heart disease. Telematics Informatics. 2019;36:82-93
73. Khan MA. An IoT Framework for Heart Disease Prediction Based on MDCNN Classifier. IEEE Access. 2020;8:34717-27.
74. Dai H-N, Zheng Z, Zhang Y. Blockchain for Internet of Things: A survey. IEEE Internet of Things Journal. 2019;6(5):8076-94
75. Esposito C, De Santis A, Tortora G, Chang H, Choo K-KR. Blockchain: A panacea for healthcare cloud-based data security and privacy? IEEE Cloud Computing. 2018;5(1):31-7
76. Griggs KN, Ossipova O, Kohlios CP, Baccarini AN, Howson EA, Hayajneh T. Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring. Journal of Medical Systems. 2018;42(7)
77. Bhuiyan MZA, Zaman A, Wang T, Wang G, Tao H, Hassan MM, editors. Blockchain and big data to transform the healthcare. Proceedings of the International Conference on Data Processing and Applications; 2018 May 12-4; Guangzhou, China. New York, USA: ACM; 2018

Conflicto de interés

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo. No existen conflictos de interés.

Declaración de autoría

Ing. Pedro Arango Astorga: Realizó la búsqueda bibliográfica. Realizó análisis, arribó a conclusiones de importancia para la investigación. Redactó y aprobó el manuscrito final.

Ing. Yadira García García: Apoyó con la búsqueda bibliográfica. Revisor crítico del manuscrito, realizó recomendaciones importantes. Aprobó el manuscrito final.

