

Fodein shm 2020

by JAIME VITOLA OYAGA

Submission date: 09-Aug-2019 05:17PM (UTC-0500)

Submission ID: 1158970814

File name: 802_JAIME_VITOLA_OYAGA_Fodein_shm_2020_274941_1140681947.docx (330.55K)

Word count: 4601

Character count: 26888



1

DECIMOQUINTA CONVOCATORIA PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN 2020

Título del proyecto	
Diseño de un sistema para la localización de daños en estructuras metálicas y de material compuesto expuestas a cambios de temperatura (Etapa II).	
Campo de acción	Transdisciplinariedad - Aporte al PIM
Sociedad	Las líneas de la planeación integral multicampus (PIM) con las que se vincula el proyecto son: - Compromiso con el proyecto educativo - Proyección social e investigación pertinentes - Personas que transforman sociedad
Articulación con funciones sustantivas y el sector social y productivo	
Las acciones del Plan General de Desarrollo Bogotá, se articula el proyecto: - Fortalecer las estrategias y proyectos de proyección social en sinergia con docencia e investigación en el marco de los campos de acción definidos. - Consolidar el desarrollo de los procesos de investigación en posgrado, fomentando los procesos de investigación en pregrado.	
Grupo de investigación	Línea de investigación en la que se inscribe el proyecto
Modelado Electrónica Monitoreo - MEM	Automática

Nombre del Investigador principal	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Jaime Vitola Oyaga	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000379204	https://orcid.org/0000-0003-4367-0592	https://scholar.google.com/citations?user=dTnXl1dcAAAAJ&hl=es&oi=ao
División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Ingenierías	Ingeniería Electrónica	Ingeniería Electrónica	Modelado Electrónica Monitoreo - MEM
Nombre del Co-investigador	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Maribel Anaya Vejar	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000	https://orcid.org/0000-0002-0241-4771	https://scholar.google.com/citations?user=7czJgy0AAAAJ&hl=es



	726559		
División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Ingenierías	Ingeniería Electrónica	Ingeniería Electrónica	Modelado Electrónica Monitoreo - MEM
Nombre del Co-investigador	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Jairo Alejandro Rodríguez Martínez	http://scienti.colciencias.gov.co/8081/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000273821	https://orcid.org/0000-0001-6754-1838	https://scholar.google.com/citations?user=orwDdywAAAAJ&hl=es
División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Ingeniería	Ingeniería Electrónica	Ingeniería Electrónica	Modelado Electrónica Monitoreo - MEM

Resumen de la propuesta	Palabras clave
Dada la necesidad del ser humano en reducir el riesgo que pueden suponer las estructuras ya sea por fallas en su construcción o detrimento en sus cualidades por factores como el uso, los cambios climáticos, o accidentes que afecten su integridad, el Monitoreo de la Salud Estructural ha venido posicionándose en un lugar relevante, dado que apunta a reducir precisamente este riesgo, además de mejorar la eficiencia de los procesos de mantenimiento, tanto predictivos como correctivos, aunado a la reducción de tiempo por interrupción de funcionamiento, hecho que repercute positivamente en las actividades del ser humano que interactúa con estructuras civiles y/o militares. El presente proyecto busca desarrollar un sistema, que haciendo uso de ondas de Lamb, permita la localización de diferentes tipos de daños en estructuras metálicas y de material compuesto, pero considerando daños diferentes al de masa deliberadamente incorporada (tipo de daño este que se había venido trabajando en proyectos anteriores),	Structural Health monitoring, SHM, localización, Monitorización estructural



tales como perforaciones, fisuras completas y superficiales. Además se explorará mejorar la ubicación de los sensores, bien sea para reducir su cantidad o para mejorar la sensibilidad, y dado que las estructuras generalmente por cuestiones medioambientales se encuentran sujetas a cambios de temperatura, el presente proyecto buscará que el sistema sea inmune a variaciones térmicas, y de igual manera se explorará la insensibilidad a daños en los transductores de sensado verificando su tolerancia a fallas, con aplicación en aerogeneradores, aviones y drones, entre otras estructuras, que tienen en el material compuesto y el aluminio sus principales materiales de construcción.

Problema de investigación

El Monitoreo de Salud Estructural o SHM (Structural Health Monitoring) se ha venido posicionando como un área de conocimiento de reconocido interés dado que aporta de manera significativa a diversos sectores entre los que se encuentran el industrial, el civil y el militar. Haciendo parte de la salud estructural, se encuentra la localización de daños en estructuras que se presenta como una herramienta que permite no solo saber si la estructura presenta algún tipo de daño como perforaciones, fisuras, de laminaciones, masas añadidas, debilitamientos, sino que además informa de la ubicación de los mismos, y dado que las estructuras generalmente se encuentran sujetas a cambios de temperatura, es una variable a tener en cuenta para el desarrollo de esta tecnología.

Es por ello que el presente proyecto buscará que el sistema sea inmune a las variaciones de temperatura, y proyectándose a tener aplicación en aerogeneradores, aviones y drones, se concentrará en material compuesto y aluminio, ya que son estos los materiales de construcción más utilizados para la fabricación de dichas estructuras. El presente trabajo ofrece el estudio y desarrollo de un sistema localización de daños en estructuras elaboradas con este tipo de materiales con un horizonte de aplicación muy amplio que promete estructuras más seguras, económicas de mantener y con un tiempo reducido de interrupción de funcionamiento, lo cual impactará positivamente las actividades del ser humano que hacen uso de ellas. En este contexto se construye la pregunta problémica como:

¿Cuáles son los elementos fundamentales constitutivos de un sistema de salud estructural orientado a la localización de daños en estructuras metálicas y de material compuesto que aporte significativamente a la seguridad y al mantenimiento de infraestructura civil y/o militar?

Justificación

Un área de estudio y desarrollo que ha tomado recientemente mucha relevancia es la salud estructural en virtud de la necesidad de conocer de primera



mano el estado de estructuras, civiles y/o militares, aumentando con ello la seguridad al informar de daños potenciales que puedan afectar la estabilidad o funcionamiento de las mismas, pero conocer su estado también puede repercutir positivamente en otros aspectos como el mantenimiento, dado que permite mejorar y apoyar estos procesos, reduciendo costos y tiempos tanto de mantenimiento como de periodos en los cuales las infraestructura no se pueda utilizar, ya sea por intervenciones, así como por daños leves y de gran envergadura. En este aspecto es de vital importancia resaltar que mucha de la infraestructura es muy costosa, lo que hace que reemplazarla regularmente sea inviable, como es el caso de aviones, aerogeneradores, drones y otras estructuras que hacen uso intensivo de materiales compuestos y metales para su construcción. El presente proyecto contribuye directamente a dos líneas del grupo de investigación. Por un lado, a la línea de procesamiento de señales en la cual aporta dadas las estrategias de procesamiento de señales, el uso de análisis multivariable y el uso de técnicas de reconocimiento de patrones para la localización de daños en la estructura, teniendo como referente las señales de la misma en estado saludable. Por otro lado, en la línea de automática, donde la contribución se encuentra en la automatización del proceso de inspección de la estructura y de los sensores usados, esto comparado con el proceso clásico de inspección en el que se usan métodos principalmente visuales, lo que permitirá reducir costos y aminorar los tiempos de inactividad de una estructura, y dotar de confiabilidad la evaluación de los daños.

Objetivo general

Desarrollar metodologías alternativas para la localización de daños en estructuras metálicas y de material compuesto expuestas a cambios de temperatura que mejore aspectos como la ubicación y la cantidad de transductores utilizados.

Objetivos específicos

- Desarrollar una metodología para la localización de daños como perforaciones y fisuras en estructuras metálicas que no sea sensible a los cambios de temperatura, y que involucre la ubicación más eficiente de los transductores, además de propender por la reducción de los mismos.
- Desarrollar una metodología para la localización de daños en estructuras de material compuesto que no presente sensibilidad a los cambios de temperatura, y que involucre la ubicación más eficiente de los transductores, además de propender por la reducción de los mismos.
- Implementar el pre-procesamiento suficiente y pertinente que permita acondicionar las señales provenientes de un sistema de adquisición de señales de ondas superficiales de Lamb.
- Explorar la inmunidad de las metodologías ante fallas en los transductores, como pueden ser desprendimientos o fracturas.

Estado del arte y marco conceptual

Nit. 860.012.357-6

SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ - PBX: (571) 587 87 97 Línea gratuita nacional: 01 8000 111 180
Carrera 9.ª n.º 51-11 / contactenos@usantotomas.edu.co
www.usta.edu.co

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
PBX: (571) 595 00 00 ext. 2044 / Carrera 10.ª n.º 72-50 / admisiones@ustadistancia.edu.co
www.ustadistancia.edu.co





La monitorización de estructuras SHM (por sus siglas en inglés Structural Health Monitoring), se ha venido convirtiendo en un mecanismo muy efectivo para conocer el estado de diversos tipos de estructuras, tanto civiles como militares, teniendo un campo de aplicación supremamente amplio, como en puentes [1], edificios [2], equipos aeronáuticos [3], vehículos de transporte fluvial y terrestre [4][5][6], aerogeneradores [7][8], y cada vez con una mayor relevancia dado que se construyen en una mayor cantidad, y por otro lado, los ya construidos que han experimentado un importante proceso de envejecimiento como es el caso de edificios, puentes y un sinnúmero de máquinas, trayendo consigo nuevas dificultades [9], aunadas a las ya existentes, como son el desgaste por el uso o la inadecuada utilización, así como el detrimento producido por el medio ambiente con el cual interactúan[10], incluyendo otras como dificultades extremas o como los movimientos telúricos[11][12]. Dado que en su mayoría reemplazarlas podría ser muy costoso o traumático, realizar procesos de mantenimiento preventivo y correctivo es la mejor opción, y es aquí donde puede aportar información invaluable el SHM (Structural Health Monitoring) reduciendo costos y haciendo más eficientes y confiables estos procesos [13][14][15][16].

A manera de contextualización sobre los niveles de información que puede ofrecer un sistema de monitoreo de salud estructural, en la investigación desarrollada por Rytter [17], se determinan cuatro niveles los cuales se relaciona a continuación:

Nivel 1. Detección, en el cual sólo se determina la presencia o no del daño.

Nivel 2. Localización, en el cual no sólo se determina la presencia del daño, sino también es considerada su ubicación dentro de la estructura.

Nivel 3. Valoración, nivel que introduce información sobre el tamaño del daño, o inclusive su severidad.

Nivel 4. Consecuencia, para este apartado se ofrece información sobre la seguridad de la integridad de la estructura, la posibilidad de funcionamiento en el tiempo y sus condiciones.

Estos niveles de información pueden ofrecer desde datos muy simples hasta información mucho más estructurada, y responden a las preguntas más sensibles que se pueden tener para diagnosticar el estado de una estructura, siendo estas: ¿existe daño?, ¿dónde se encuentra localizado?, ¿qué tipo de daño es?, ¿qué tan severo es?, y finalmente, ¿cuánto tiempo de vida útil le queda y en qué condiciones? [18].

Y es precisamente en este contexto que el presente trabajo aportará de manera significativa al nivel 2, que responde a la pregunta de dónde se encuentra localizado el daño.

Para ello se vienen desarrollando una cantidad importante de técnicas y utilizando igualmente variedad de estrategias, entre ellas podemos contar con el uso de redes neuronales [19], la aplicación de análisis de componentes principales en conjunto con índices Q y T^2 [20], otros estudios aprovechan las bondades de las redes de sensores inalámbricas para construir una infraestructura que permita la localización basándose en la respuesta en frecuencia de las estructuras, en particular de edificios [21], o también en puentes utilizando la distancia euclidiana y la técnica del vecino más cercano [22], o en otro estudio utilizando la correlación cruzada para cumplir el objetivo [23]; sin embargo, también son utilizados varios índices de caracterización cuya confluencia permite localizar daños, en particular las desviaciones de frecuencia aunada a los cambios de energía [24], y también los que utilizan una



técnica denominada respuesta superficial a la excitación, en la cual se implementa un medidor de vibraciones por láser [25].

En algunos estudios también se explora la posibilidad de recibir información no solo concentrándose en una frecuencia, sino por el contrario, utilizando una batería de frecuencias así como de filtros aplicados sobre transductores adheridos a los puentes, buscando el objetivo de mejorar la precisión con la cual se pueden localizar daños en los mismos [26].

Muchos aspectos pueden afectar la exactitud de la localización de daños, es por ello que algunos estudios centran su esfuerzo en verificar mediante la simulación de métodos finitos el efecto que tiene el tamaño del daño para la ubicación del mismo, utilizando una técnica denominada tiempo de vuelo o TOF (Time of Flight) por sus siglas en inglés [27].

Sin embargo también se están monitoreando otro tipo de estructuras civiles, por ejemplo en el estudio desarrollado por Zrelli – Ezzedine, se verifica la localización de daños en túneles, para lo cual utilizan dos técnicas ⁴⁵ se concentran en la forma de onda de la energía, una denominada diferencia de curvatura normalizada de la forma de onda de la energía de tirón (Mean Normalized Curvature Difference of Waveform Jerk Energy), y otra que se denomina diferencia de probabilidad de la forma de onda de tirón (Curvature Difference Probability waveform Jerk) [28].

Pero el tema de la localización ha permitido hacer búsquedas que pueden aportarle y ayudar a brindar una información más completa, para ello se han desarrollado técnicas de localización no precisamente de daños, pero si de impactos que apuntan el mismo objetivo [29].

En general los sistemas de monitoreo de salud estructural se encuentran constituidos por varios elementos o subsistemas, que a continuación se describen.

Los sistemas de monitorización de daños en estructuras tienen una de las dos arquitecturas que se presentan a continuación. En primera instancia, están los sistemas en los cuales únicamente se colocan sensores en la estructura para captar algún tipo de información, es el caso por ejemplo de algunos tipos de monitorización de puentes, en los cuales los sensores obtienen información de las frecuencias mecánicas presentes en el mismo, y mediante la búsqueda de pequeños cambios en dichas frecuencias y su comparación, se puede derivar su salud [30]. Por otro lado está el sistema activo en el que se genera algún tipo de estímulo sobre el sistema, para inferir de ello el estado de la estructura comparando la respuestas de su estado inalterado con el alterado [31].

A su vez estos sistemas activos están compuestos por las siguientes unidades [32]:

El sistema de excitación, que cumple con la función de generar algún tipo de estímulo, mecánico, térmico, magnético, lumínico u otros, mientras que para evidenciar el daño, se encuentra subdividido en:

Generador de señales: puede ser de onda arbitraria o un generador de señal convencional; es el encargado de entregar la forma de la señal necesaria para que el transductor produzca el estímulo pertinente.

Sistema de acondicionamiento de señal: es un mecanismo que puede incluir amplificación y acoplamiento de impedancias; cumple la función de actuar



de enlace entre el sistema de generación y el transductor detector.

Transductor: es el mecanismo que toma la señal entregada por el anterior sistema, y lo traduce en una señal de estímulo para la pieza bajo inspección.

Por otro lado está el sistema de adquisición, que cumple con la función de obtener la información, y que está compuesto por:

Sistema de acondicionamiento de señal: es un mecanismo que puede incluir amplificación, filtrado y acoplamiento de impedancias, cumple la función de obtener la señal de interés de la manera menos distorsionada posible, y en las mejores condiciones.

Sistema de digitalización: cumple la función de convertir la señal analógica a una señal digital interpretable por los sistemas de procesamiento.

El sistema de procesamiento, es el que interpreta ³⁴ la señal de salida en función de la señal de entrada, y su interacción con el objeto bajo estudio; puede ser analógico o digital, de igual manera podría incluirse almacenamiento, presentación y transmisión. Consideraciones de portabilidad y manejo de carga computacional son elementos pertinentes a este sistema, en el caso de ser digitales pueden ser desarrollados con microprocesadores [3], microcontroladores [33], con dispositivos lógicos programables [34], o con procesadores digitales de señales [35], y sistemas embebidos [36].

Uno de los temas que está tomando relevancia cuando se habla de monitoreo de salud estructural, así como en muchas otras tecnologías, es la tolerancia a fallas [37], en particular y en el entendido que no es un objetivo principal del presente proyecto, se explorará este aspecto dado que en una situación normal de funcionamiento se pueden presentar dificultades como el rompimiento sensores o el desprendimiento de los mismos de la estructura bajo estudio, para este caso sería relevante verificar qué tan eficiente o resistente son las metodologías ante esta eventualidad.

Metodología

El presente proyecto será orientado a explorar metodologías para la localización de daños en estructuras metálicas y de material compuesto, en este orden de ideas tendrá como elementos constitutivos para su desarrollo los cinco elementos que se articularán en la búsqueda de los objetivos así:

Revisión del estado del arte.

Uno de los elementos fundamentales es recorrer la documentación en bases de datos especializadas, libros y artículos que ofrezcan orientaciones que permitan verificar cuáles son las metodologías y mecanismos más exitosos para la localización de daños en estructuras, contextualizando y sintonizado el trabajo a ser desarrollado con los avances que en este tema se han realizado a nivel mundial, permitiendo evidenciar ventajas y desventajas de los diferentes estudios y apoyándose en estas experiencias construir una metodología o metodologías propias que logren alcanzar los objetivos, evitando la



pérdida de tiempo y esfuerzos en enfoques que no hayan sido exitosos o con resultados comprometidos.

26

Desarrollo de una metodología para la localización de daños que involucre daños como perforaciones y grietas.

Para esta etapa del proyecto y con un marco de referencia sólido, se profundizará en la búsqueda de una metodología o metodologías que puedan ser viables, se implementará el modelo y se harán las pruebas iniciales equivalentes verificando su eficacia en comparación con otros estudios previos. Posteriormente se elaborará un banco de pruebas con la trazabilidad correspondiente que permita acreditar cada una de las unidades constitutivas independientemente, el pre-procesamiento así como las metodologías implicadas evidenciando la repetibilidad y estabilidad del sistema, así como comprobar la funcionalidad y su ajuste a objetivos, tanto en estructuras metálicas como de material compuesto.

Elaboración de experimentos y recopilación de datos.

En esta etapa se procederá a realizar pruebas de captura de datos con el objetivo principal de obtener suficiente cantidad de información para determinar la eficacia de los algoritmos implementados y su inmunidad a variables de temperatura, así como verificando el tema de ubicación de transductores y cantidad de los mismos. También se explorará la posibilidad de que incluir sensores con algún tipo de avería, esto con el fin de evidenciar la robustez de la metodología ante estos imprevistos.

Verificación y análisis de resultados.

Una vez diseñadas las metodologías para la localización de daños, se procederá a verificar su uso en diferentes escenarios incluyendo cambios en la temperatura con la finalidad de poder explorar sus efectos, dado que las estructuras reales están expuestas a las inclemencias del clima, aunado a daños o fracturas en algunos transductores por la misma naturaleza del uso y sus condiciones de funcionamiento. En este mismo sentido se verificará qué ubicación y qué cantidad de transductores ofrecen mejor respuesta.

Elaboración de informes y documento final.

Esta etapa comprende la realización del documento final del trabajo donde se incluirán los desarrollos alcanzados a lo largo del proyecto. De igual manera en esta etapa se encuentran la realización de artículos con los resultados obtenidos, con el fin de ser enviados a una revista reconocida para su posterior publicación.

Apoyo externo.

A pesar que no se cuenta con apoyos formales de otros grupos de investigación, o instituciones, es importante mencionar que de igual manera y continuando con la colaboración que se ha sido ⁴⁴permanente durante la etapa I del proyecto realizada con el apoyo de la convocatoria FODEIN 2018, los doctores Diego Alexander Tibaduiza Burgos, profesor de la Universidad Nacional de Colombia, el Doctor Francesc Pozo Montero, de la Universidad Politécnica de Cataluña, han manifestado su interés para seguir participando y asesorando activamente esta investigación.



Resultados esperados

Producto	Descripción	Beneficiario
Un (1) artículo de Investigación	A1, A2, B o C. (Clasificación Publindex 2017.)	• Contribución al conocimiento del grupo de investigación y la Facultad. • Socialización de información a nivel institucional, local, nacional e internacional.
Un (1) evento científico.	Congreso, simposio o ponencia científica.	• Visibilización del grupo de investigación, facultad y universidad.
Dos (2) Registros de software	Registro de software	• Contribución al conocimiento del grupo de investigación y la Facultad.
Un (1) trabajo de grado.	Tesis pregrado	• Integración de la investigación al proceso educativo de nuestros estudiantes.



Presupuesto					
Horas nómina					
Concepto	Nombre	Escalafón	Horas mes	Sede / Seccional o Externo	Total (\$)
Horas Nomina (Investigador Principal)	Jaime Vitola Oyaga	4	50	Sede central	28485500
	Maribel Anaya Vejar	3	40	Sede central	19573600
Horas Nomina (Co-Investigadores)	Jairo Alejandro Rodríguez Martínez	4	20	Sede central	11394200

FINANCIACIÓN	RECURSO	DESCRIPCIÓN	Valor partida	Valor contrapartida (Externa)	Total (\$)
RUBROS	Servicios Técnicos				\$ 0
	Salidas de campo				\$ 0
	Equipos				\$ 0
	Materiales, insumos y software	Componentes electrónicos, materiales para pruebas.	\$ 6.000.000		\$ 6.000.000
BOLSAS	Papelería				\$ 0
	Fotocopias				\$ 0
	Material bibliográfico				\$ 0
	Auxilio de transporte				\$ 0
	Movilidad				\$ 0
	Publicaciones (Artículos, proceso editorial y traducción)	Para el pago de los procesos de publicación en revistas indexadas.	\$4.000.000		\$4.000.000
TOTAL DEL PROYECTO:					\$10.000.000



Referencia bibliográficas

- [1] Wang L, Chan THT. Review of vibration-based damage detection and condition assessment of bridge structures using structural health monitoring, 2009.
- [2] Raju KS, Pratap Y, Sahni Y, Naresh Babu M. Implementation of a WSN system towards SHM of civil building structures. *Intell. Syst. Control (ISCO)*, 2015 IEEE 9th Int. Conf., 2015, p. 1–7. doi:10.1109/ISCO.2015.7282303.
- [3] Giurgiutiu V, Zagari A, Bao J. Damage Identification in Aging Aircraft Structures with Piezoelectric Wafer Active Sensors. *J Intell Mater Syst Struct* 2004;15:673–87. doi:10.1177/1045389x04038051.
- [4] Wang Q, Su Z, Hong M. Online Damage Monitoring for High-Speed Train Bogie Using Guided Waves: Development and Validation. *7th Eur Work Struct Heal Monit* July 8-11, 2014 La Cité, Nantes, Fr 2014.
- [5] Vendittozzi C, Sindoni G, Paris C, del Marmo PP. Application of an FBG sensors system for structural health monitoring and high performance trimming on racing yacht. *Sens. Technol. (ICST)*, 2011 Fifth Int. Conf., 2011, p. 617–22. doi:10.1109/ICSensT.2011.6137057.
- [6] Gruden M, Jobs M, Rydberg A. Empirical Tests of Wireless Sensor Network in Jet Engine Including Characterization of Radio Wave Propagation and Fading. *Antennas Wirel Propag Lett IEEE* 2014;13:762–5. doi:10.1109/LAWP.2014.2316311.
- [7] Rolfes R, Zerbst S, Haake G, Reetz J, Lynch JP. Integral SHM-System for Offshore Wind Turbines Using Smart Wireless Sensors. *6th Int Work Struct Heal Monit* 2007:1–8.
- [8] Rumsey MA, Paquette JA. Structural health monitoring of wind turbine blades. *Proc SPIE 6933, Smart Sens Phenomena, Technol Networks, Syst* 2008:1–15. doi:10.1117/12.778324.
- [9] Staszewski WJ, Worden K. Signal processing for damage detection. *Encycl Struct Heal Monit* 2009.
- [10] Dervilis N, Worden K, Cross EJ. On robust regression analysis as a means of exploring environmental and operational conditions for SHM data. *J Sound Vib* 2015;347:279–96. doi:10.1016/j.jsv.2015.02.039.
- [11] Lorenzoni F, Caldon M, Modena C, Aoki T. Structural health monitoring for post-earthquake controls: Applications in l'Aquila. *Environ. Energy Struct. Monit. Syst. (EESMS)*, 2015 IEEE Work., 2015, p. 162–7. doi:10.1109/EESMS.2015.7175871.
- [12] Ibbrocino G, Rainieri C. Some remarks on the design of smart SHM systems for advanced seismic protection of health facilities. *Environ. Energy Struct. Monit. Syst. (EESMS)*, 2013 IEEE Work., 2013, p. 1–6. doi:10.1109/EESMS.2013.6661698.
- [13] Mrad N. SHM implementation. *Fly by Wirel. Work. (FBW)*, 2011 4th Annu. *Caneus*, 2011, p. 1–4. doi:10.1109/FBW.2011.5967626.



- [14] Rohrmann RG, Thöns S, Rücker W. Integrated monitoring of offshore wind turbines – requirements, concepts and experiences. *Struct Infrastruct Eng* 2010;6:575–91. doi:10.1080/15732470903068706.
- [15] Caizzone S, DiGiampaolo E. Wireless Passive RFID Crack Width Sensor for Structural Health Monitoring. *Sensors Journal*, IEEE 2015;15:6767–74. doi:10.1109/JSEN.2015.2457455.
- [16] Derriso MM, McCurry CD, DeSimio MP. Global workspace theory inspired architecture for autonomous structural health monitoring. *Aerosp. Electron. Conf. (NAECON)*, 2012 IEEE Natl., 2012, p. 190–5. doi:10.1109/NAECON.2012.6531054.
- [17] Rytter A. *Vibrational Based Inspection of Civil Engineering Structures* 1993.
- [18] Farrar CR, Duffey T a, Doebling SW, Nix D a. A Statistical Pattern Recognition Paradigm for Vibration-Based Structural Health Monitoring Charles R. Farrar, Thomas A. Duffey, Scott W. Doebling, David A. Nix 1999:10.
- [19] Shen T, Wan F, Song B, Wu Y. Damage location and identification of the wing structure with Probabilistic Neural Networks. *Progn. Syst. Heal. Manag. Conf. (PHM-Shenzhen)*, 2011, 2011, p. 1–6. doi:10.1109/PHM.2011.5939524.
- [20] Mujica LE, Tibaduiza DA, Rodellar J. Data-Driven Multiactuator Piezoelectric System for Structural Damage Localization. *Fifth World Conf. Struct. Control Monit. Tokio-Japan*, 2010.
- [21] Chintalapudi K, Paek J, Gnawali O, Fu TS, Dantu K, Caffrey J, et al. Structural damage detection and localization using NETSHM. *Inf. Process. Sens. Networks*, 2006. IPSN 2006. Fifth Int. Conf., 2006, p. 475–82. doi:10.1109/IPSN.2006.243936.
- [22] Contreras W, Ziavras S. Efficient infrastructure damage detection and localization using wireless sensor networks, with cluster generation for monitoring damage progression. *2017 IEEE 8th Annu. Ubiquitous Comput. Electron. Mob. Commun. Conf.*, 2017, p. 173–8. doi:10.1109/UEMCON.2017.8249020.
- [23] Chehami L, de Rosny J, Prada C, Moulin E. Passive flaw detection and localization in thin plate from ambient noise cross-correlation. *Ultrason. Symp. (IUS)*, 2014 IEEE Int., 2014, p. 138–41. doi:10.1109/ULTSYM.2014.0035.
- [24] Hajrya R, Verge M, Mechbal N. Active damage detection and localization applied to a composite structure using piezoceramic patches. *Control Fault-Tolerant Syst. (SysTol)*, 2010 Conf., 2010, p. 849–54. doi:10.1109/SYSTOL.2010.5676018.
- [25] Tansel IN, Rojas J, Uragun B. Localization of problems with Surface Response to Excitation method. *Recent Adv. Sp. Technol. (RAST)*, 2013 6th Int. Conf., 2013, p. 33–7. doi:10.1109/RAST.2013.6581227.
- [26] Michaels JE, Michaels TE. Guided wave signal processing and image fusion for in situ damage localization in plates. *Wave Motion* 2007;44:482–92. doi:10.1016/j.wavemoti.2007.02.008.
- [27] Qatu KM, Abdelgawad A, Yelamarthi K. Structure damage localization using a reliable wave damage detection technique. *2016 Int. Conf. Electr. Electron. Optim. Tech.*, 2016, p. 1959–62. doi:10.1109/ICEEOT.2016.7755031.



- [28] Zrelli A, Ezzedine T. Localization of damage using wireless sensor networks for tunnel health monitoring. 2017 13th Int. Wirel. Commun. Mob. Comput. Conf., 2017, p. 1161–5. doi:10.1109/IWCMC.2017.7986449.
- [29] Schrader K, Abedi A, Caccese V. Impact localization and scaling for SHM of inflatable habitats. Fly by Wirel. Work. (FBW), 2010 Caneus, 2010, p. 20–1. doi:10.1109/FBW.2010.5613793.
- [30] Wijetunge S, Gunawardana U, Liyanapathirana R. Wireless Sensor Networks for Structural Health Monitoring: Considerations for communication protocol design. Telecommun. (ICT), 2010 IEEE 17th Int. Conf., 2010, p. 694–9. doi:10.1109/ICTEL.2010.5478798.
- [31] Park G, Taylor SG, Kevin MF, Farrar CR. SHM of wind turbine blades using piezoelectric active-sensors. Fifth Eur. Work. Struct. Heal. Monit., 2010, p. 321–6.
- [32] Worden K, Farrar CR. Structural Health Monitoring: a machine learning perspective. 2013. doi:10.1177/1475921708090560.
- [33] Perelli A, Caione C, De Marchi L, Brunelli D, Mani A, Benini L. Design of an ultra-low power device for aircraft structural health monitoring. Des. Autom. Test Eur. Conf. Exhib. (DATE), 2013, 2013, p. 1127–30. doi:10.7873/DATE.2013.236.
- [34] Babjak B, Szilvasi S, Volgyesi P, Yapar O, Basu PK. Analysis and efficient onset time detection of acoustic emission signals with power constrained sensor platforms. SENSORS, 2013 IEEE, 2013, p. 1–4. doi:10.1109/ICSENS.2013.6688148.
- [35] Schubert L, Frankenstein B, Reppe G. Match-X Based Microsystem for Structural Health Monitoring. Electron. Syst. Technol. Conf. 2006. 1st, vol. 1, 2006, p. 635–41. doi:10.1109/ESTC.2006.280071.
- [36] Si L, Chen Z, Yu X, Zhang Q, Liu X. Embedded real-time damage detection and identification algorithms in wireless health monitoring system for smart structures. Commun. Technol. Appl. 2009. ICCTA '09. IEEE Int. Conf., 2009, p. 676–81. doi:10.1109/ICCOMTA.2009.5349114.
- [37] Liu X, Cao J, Tang S, Guo P. Fault Tolerant Complex Event Detection in WSNs: A Case Study in Structural Health Monitoring. Mob Comput IEEE Trans 2015;14:2502–15. doi:10.1109/TMC.2015.2405544.

Fodein shm 2020

ORIGINALITY REPORT

26%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

16%

PUBLICATIONS

17%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universidad Santo Tomas

Student Paper

6%

2

www.intechopen.com

Internet Source

2%

3

www.postershop-espana.com

Internet Source

1%

4

mdpi.com

Internet Source

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de Colombia

Student Paper

1%

6

link.springer.com

Internet Source

1%

7

Beata Mrugalska. "Towards Enhanced Performance of Neural-Network-Based Fault Detection Using an Sequential D-Optimum Experimental Design", Applied Sciences, 2018

Publication

1 %

8

Zenghua Liu, Honglei Chen. "Chapter 5 Application and Challenges of Signal Processing Techniques for Lamb Waves Structural Integrity Evaluation: Part B-Defects Imaging and Recognition Techniques", IntechOpen, 2018

Publication

1 %

9

Ramin Madarshahian, Paul Ziehl, Michael D. Todd. "Chapter 13 Bayesian Estimation of Acoustic Emission Arrival Times for Source Localization", Springer Science and Business Media LLC, 2020

Publication

1 %

10

www.spiedigitallibrary.org

Internet Source

1 %

11

Mrinai M. Dhanvijay, Shailaja C. Patil. "Internet of Things: A survey of enabling technologies in healthcare and its applications", Computer Networks, 2019

Publication

1 %

12	iopscience.iop.org Internet Source	1 %
13	Dianat, Sohail A., Michael D. Zoltowski, W. J. Tomlinson, B. Dong, S. Lorenz, and S. Biswas. "Node localization via analyzing multi-path signals in ultrasonic sensor networks", Wireless Sensing Localization and Processing IX, 2014. Publication	1 %
14	Submitted to Cranfield University Student Paper	1 %
15	proyeccionsocial.usta.edu.co Internet Source	1 %
16	ijircce.com Internet Source	<1 %
17	www.ragheb.co Internet Source	<1 %
18	planeacion.usta.edu.co Internet Source	<1 %
19	repositorio.unesp.br	

<1 %

20 iris.unimol.it
Internet Source

<1 %

21 Lynda Chehami, Emmanuel Moulin, Jamal Assaad, Julien De Rosny, Claire Prada. "Scattering Cross-Section Estimation Using Passive Imaging in Reverberating Elastic Plates: Case Study of Rigid Isotropic Inclusion", 2018 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), 2018
Publication

<1 %

22 William Contreras, Sotirios Ziavras. "Efficient infrastructure damage detection and localization using wireless sensor networks, with cluster generation for monitoring damage progression", 2017 IEEE 8th Annual Ubiquitous Computing, Electronics and Mobile Communication Conference (UEMCON), 2017
Publication

<1 %

23 Minami KAWASE, Takayoshi AOKI, Daisuke SATO. "灯台の静的・動的特性の長期観測", AIJ Journal of Technology and Design, 2018
Publication

<1 %

24	Stuart G Taylor, Gyuhae Park, Kevin M Farinholt, Michael D Todd. "Fatigue crack detection performance comparison in a composite wind turbine rotor blade", Structural Health Monitoring: An International Journal, 2013 Publication	<1 %
25	S. Yan, B.W. Li. "Impact Localization of Thin Plate Structures Using Pzt-Array Based Passive Wave Method", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019 Publication	<1 %
26	www.unionfenosa.com Internet Source	<1 %
27	fhgonline.fraunhofer.de Internet Source	<1 %
28	Ali Abedi, Kale Schrader. "chapter 13 Design and Analysis of Battery-Less Sensor Networks", IGI Global, 2012 Publication	<1 %
29	civilejournal.org Internet Source	<1 %

Sheikh Shanawaz Mostafa, Nuno Horta, Antonio G. Ravelo-García,

30	Fernando Morgado-Dias. "Analog Active Filter Design using a Multi Objective Genetic Algorithm", AEU - International Journal of Electronics and Communications, 2018 Publication	<1 %
31	Amira Zrelli, Hacen Khlaifi, Tahar Ezzedine. "Application of damage detection for bridge health monitoring", 2017 International Conference on Internet of Things, Embedded Systems and Communications (IINTEC), 2017 Publication	<1 %
32	www-personal.umich.edu Internet Source	<1 %
33	Mark M. Derriso, Richard S. Burns, Thierry Pamphile, Charles D. McCurry, Martin DeSimio. "Integrated Systems Health Management for Increased Autonomy", AIAA Infotech@Aerospace (I@A) Conference, 2013 Publication	<1 %
34	prezi.com Internet Source	<1 %
35	Eman Ahmed Khoursheed, Adel Sabry Essa. "EEGs Feature Extraction by Multi-Level DWT with Different Numbers of Principal	<1 %

Components", 2019 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE), 2019

Publication

36	www.dtic.mil Internet Source	<1 %
37	tesisexarxa.net Internet Source	<1 %
38	eprints.staffs.ac.uk Internet Source	<1 %
39	Submitted to SASTRA University Student Paper	<1 %
40	peisv.viniti.ru Internet Source	<1 %
41	eprints.ucm.es Internet Source	<1 %
42	J. Renteria, S. Legedza, R. Salgado, M.P. Balandin, S. Ramirez, M. Saadah, F. Kargar, A.A. Balandin. "Magnetically-functionalized self-aligning graphene fillers for high-efficiency thermal	<1 %

-
- | | | |
|-----------|---|----------------|
| 43 | Igor Mujan, Aleksandar S. Anđelković, Vladimir Munćan, Miroslav Kljajić, Dragan Ružić. "Influence of indoor environmental quality on human health and productivity - A review", Journal of Cleaner Production, 2019 | <1 % |
| <hr/> | | |
| 44 | tux.uis.edu.co
Internet Source | <1 % |
| <hr/> | | |
| 45 | An, Yonghui, Billie F. Spencer, and Jinping Ou. "Real-time fast damage detection of shear structures with random base excitation", Measurement, 2015. | <1 % |
| <hr/> | | |
| 46 | www.mexicoweb.com.mx
Internet Source | <1 % |
| <hr/> | | |
| 47 | www.cgu.com.uy
Internet Source | <1 % |
| <hr/> | | |
| 48 | Sami F. Masri. "Market-based frequency domain decomposition for automated mode shape estimation in wireless sensor networks", | <1 % |

Structural Control and Health Monitoring, 11/2010

Publication

Exclude quotes

Off

Exclude matches

Off

Exclude bibliography

Off