



INGENIA**DRON**

Sevilla, 4 y 5 de mayo de 2021

Libro de resúmenes

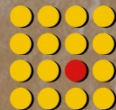
Editores

Cristina Torrecillas Lozano

Sergio Esteban Roncero

Antonio Miguel Pérez Romero

José Ramiro Martínez de Dios



EGREGIUS
ediciones

IngeniaDRON 2021

Sevilla, 4 y 5 de mayo de 2021

Seville, May 4-5th 2021

Libro de resúmenes

Abstracts book

Editores/ Editors

Cristina Torrecillas Lozano
Sergio Esteban Roncero
Antonio Miguel Pérez Romero
José Ramiro Martínez de Dios

INGENIADRON 2021. LIBRO DE RESÚMENES

Ediciones Egregius
www.egregius.es

Diseño de cubierta y maquetación: Francisco Anaya Benítez

© de los textos: los autores

© de la presente edición: Ediciones Egregius

1ª edición, 2021

ISBN 978-84-18167-59-1

NOTA EDITORIAL: Las opiniones y contenidos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de Ediciones Egregius ni de los editores o coordinadores de la publicación; asimismo, los autores se responsabilizarán de obtener el permiso correspondiente para incluir material publicado en otro lugar.

COORDINADORA GENERAL / *GENERAL COORDINATOR*

Cristina Torrecillas Lozano, *Universidad de Sevilla*

COORDINADORES SIMPOSIOS/ *SYMPOSIA COORDINATORS*

DISEÑO Y FABRICACIÓN / *DESIGN AND MANUFACTURING:*

Sergio Esteban Roncero, *Universidad de Sevilla*

APLICACIONES / *APPLICATIONS:*

Antonio Miguel Pérez Romero, *Universidad de Sevilla*

**NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES /
*NAVEGATION AND COMMUNICATIONS:***

José Ramiro Martínez de Dios, *Universidad de Sevilla*

SECRETARÍA TÉCNICA / *TECHNICAL SECRETARY*

Francisco Anaya Benítez (*EGREGIUS*)

ingeniadron.secretaria@gmail.com

COMITÉ TÉCNICO / *COMMITTEE STAFF*

Carmen Marín Buzón, *Universidad de Sevilla*

Rubén Martínez, *Universidad de Sevilla*

José Antonio Barrera Vera, *Universidad de Sevilla*

José Lázaro Amaro Mellado, *Instituto Geográfico Nacional*

Eduardo Vázquez López, *Universidad de Sevilla*

Ignacio Barbero Guerrero, *D.G. del Catastro*

Juana M. Martínez Heredia, *Universidad de Sevilla*

Julio José L. Paneque, *Universidad de Sevilla*

Agustín Villar Iglesias, *Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía*

Laura García Ruesgas, *Universidad de Sevilla*

Francisco Javier Mesas Carrascosa, *Universidad de Córdoba*

Israel Quintanilla, *Universitat Politècnica de València*

Francisco Jesús Ramos Sánchez, *Universidad de Sevilla*

ÍNDICE / TABLE OF CONTENTS

PRESENTACIÓN/ *PRESENTATION*..... 1

PROGRAMA DEL EVENTO/ *EVENT SCHEDULE* 12

S01. DISEÑO Y FABRICACIÓN / *DESIGN AND MANUFACTURING*..... 7

 DISEÑO DE RPAS EN EL MARCO DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA8

 OPTIMISATION OF THE FLIGHT SPEED IN A HYBRID RPAS WITH DISTRIBUTED ELECTRIC PROPULSION AND BOUNDARY LAYER INGESTION 10

 DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DRONES AS A MULTIDISCIPLINARY ENGINEERING LEARNING TOOL 12

 ANÁLISIS DE LA GEOMETRÍA DE LAS SUPERFICIES DE CONTROL DE UN ALA FIJA PARA MEJORAR SU CONTROLABILIDAD 14

 X QUAD – PASO VARIABLE..... 15

 NUMERICAL AERODYNAMIC STUDY OF A BICP-VTOL UAV FOR WIDE RANGE OF ANGLES OF ATTACK AND SIDESLIP ANGLES (EMERGENTIA PROJECT)..... 16

 AERODYNAMIC STUDY IN A WIND TUNNEL OF A BICP-VTOL UAV FOR SAR MISSIONS 18

 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN UAV MULTIRROTOR DE USO PROFESIONAL.....20

 HORUS UPV: EQUIPO DE ESTUDIANTES DE LA UPV CON EL OBJETIVO DE DISEÑAR, FABRICAR Y OPERAR UN UAV CON DESPLIEGUE RÁPIDO Y FLEXIBLE EN LAS CONDICIONES ADVERSAS DE UN DESASTRE NATURAL22

 IMPRIME PARTES DE TUS DRONES CON 3D 24

 ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA PRODUCIDA POR EL FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULO AUTÓNOMO NO TRIPULADO (UAV).....26

 MARCADO CE Y ETIQUETA DE CLASE PARA UAS DE LA CATEGORÍA ABIERTA Y ESPECÍFICA COMO MEDIOS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE PRODUCTO DENTRO DE LA UNIÓN EUROPEA27

 ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS DRONES DE CARRERAS A PARTIR DE SU GEOMETRÍA.....34

 AEROELASTIC REDUCED ORDER MODEL FOR COMPOSITE MATERIAL WINGS....36

 DEL DISEÑO A LA FABRICACIÓN. CÓMO LA IMPRESIÓN 3D TE PERMITE OPTIMIZAR AL MÁXIMO TU DISEÑO Y REALIZAR TODO EL PROCESO SIN DEPENDER DE TERCEROS.....38

 CÓMO UNA MULTINACIONAL COMO PARROT DESARROLLA SUS DRONES40

S02. APLICACIONES / APPLICATIONS.....	41
GEOMÁTICA CON DRONES	43
USO CONJUNTO DE LA FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE Y AÉREA PARA EL ESTUDIO DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO DISEMINADO. EL CASO DEL MOLINO DE CHARCÓN DEL SIGLO XVIII EN LA PROVINCIA DE ÉCIJA	45
PROYECTO ERASMUS + NEW SKILLS DEVELOPMENT IN PRECISION AGRICULTURE (PRE-AGRI)	46
APPLICATIONS OF UAV FOR PAVEMENT MANAGEMENT	48
RPAS EN INCENDIOS FORESTALES. EXPERIENCIA Y VISIÓN DESDE INFOCA	50
SOLUCIÓN CLOUD DE ARCGIS PARA EXPLOTACIÓN DE DATOS DE DRONES EN EL SECTOR AEC	50
GEOMOTIONVIDEO. EMPLEO DE VIDEO EN DIVERSOS SECTORES	52
VERIFICACIÓN DE RADIOAYUDAS CON RPAS	55
EL USO DE LOS DRONES, UNA HERRAMIENTA EFICAZ Y PRECISA EN LA CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE ZONAS CON GRAN VARIABILIDAD HIDROLÓGICA	57
RELACIÓN DE CONTENIDO DE NITRÓGENO Y DATOS UAV-HIPERESPECTRALES EN CULTIVO DE ESPINACA	59
INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS GEOMÁTICAS PARA LA DOCUMENTACIÓN PATRIMONIAL. CASO DE ESTUDIO: ANTIGUO VARADERO PÚBLICO DE VALENCIA (ESPAÑA).....	60
EXPERIENCIAS Y CASOS DE ÉXITO EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON LIDAR EMBARCADOS EN RPAS	62
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE COSTA PERUANA CON USO DE UN RPAS	63
ESTUDIOS PRELIMINARES DE LAS MURALLAS DE TAPIA DEL CASTELLÓN DE OLIÁS: LEVANTAMIENTO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA AÉREA Y TERRESTRE	65
CARACTERIZACIÓN DE LAS ENVOLVENTES DE LOS EDIFICIOS DE UN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TIGS). APLICACIÓN EN CORNELLÁ DE LLOBREGAT (BARCELONA).....	67
FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON UAS PARA LA DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO. EL CASO DE TORRE BENZALÁ, TORREDONJIMENO, JAÉN, ESPAÑA.....	69
LOS UAV COMO HERRAMIENTA DE DOCUMENTACIÓN EN INMUEBLES PATRIMONIALES DE CARÁCTER DEFENSIVO	71
USO DE DRONES EN COMBINACIÓN CON LA TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA STRUCTURE FROM MOTION PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MACIZOS ROCOSOS	73
POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE DRONES EN ESTRUCTURAS CIVILES Y DE EDIFICACIÓN.....	75
DRONES Y SUS APLICACIONES A NUESTRA SOCIEDAD	76
DRONES HIPERESPECTRALES EN INGENIERÍA DE EXPLORACIÓN	80

CEGAELECTRIC. EL VALOR DE LOS DATOS.....82

S03. NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES / *NAVEGATION AND COMMUNICATIONS*..... 85

 ROBUSTNESS ANALYSIS IN TRUCK-DRONE ROUTING PROBLEMS.....86

 A MULTI-AGENT APPROACH TO TRUCK-DRONE ROUTING PROBLEMS87

 DRONES E IA. TECNOLOGÍAS DE ROBÓTICA AÉREA Y SUS APLICACIONES.89

 PLATAFORMA DE SIMULACIÓN AVANZADA MEDIANTE HARDWARE-IN-THE-LOOP PARA SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS90

 GENERACIÓN DE DATOS DE ENTRENAMIENTO A PARTIR DE IMÁGENES SINTÉTICAS PARA ALGORITMOS DE ESQUIVACIÓN DE OBJETOS BASADOS EN MACHINE LEARNING.....93

 A EFFICIENT HEURISTIC FOR MULTI-DROP TRUCK-DRONE ROUTING PROBLEMS94

 A COLLABORATIVE TANDEM TRUCK MULTI-DRONE FOR LOGISTICS PROBLEMS96

 NUEVOS SISTEMAS DE TRANSPORTE AÉREO PARA UNA PLANIFICACIÓN URBANA Y TERRITORIAL MÁS EQUITATIVA: LA MOVILIDAD EN LA ERA POST-COVID97

Sevilla, 4 y 5 de mayo de 2021 / Seville, May 4-5th 2021

PRESENTACIÓN/ *PRESENTATION*

En los últimos años, el interés de la ciudadanía por los drones se ha incrementado, así como sus aplicaciones, nuevos diseños, nuevos gadgets o vuelos grupales. El evento “Ingeniería aplicada a drones”, celebrado entre el 4 y el 5 de mayo de 2021, nace bajo el lema de «IngeniaDRON» para transmitir a la sociedad, desde el usuario aficionado, al estudiante de ramas tan diversas como ingeniería o graduados en audiovisuales, así como al investigador, al empresario y al trabajador en general, una muestra del estado del arte actual de esta herramienta y sus posibles aplicaciones.

Estas jornadas nacen con el claro objetivo de poner en valor la bidireccionalidad existente entre la **Ingeniería** y los **Drones**, abordando aplicaciones de ingeniería en su diseño, fabricación, gestión de navegación y comunicaciones, así como aplicaciones de drones al sector de la ingeniería y a otros muy diversos. Esta **multidisciplinaridad** no está muy presente en la mayoría de los eventos que se realizan en temáticas de drones a nivel nacional e internacional. Esta es la principal razón de su creación, el abrir una línea que se espera que tenga continuidad en futuras ediciones del mismo. Concretamente, las secciones del evento de este año son las siguientes, en las que además se definen los coordinadores de Universidad de Sevilla que las han gestionado:

- **Simposium Diseño y Fabricación:** D. Sergio Esteban Roncero del Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos.
- **Simposium Navegación y Comunicación:** D. José Ramiro Martínez de Dios del Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática.
- **Simposium Aplicaciones:** D. Antonio Miguel Pérez Romero del Dpto. de Ingeniería Gráfica.

Su celebración en la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI)**, no puede ser más acertada, principalmente por dos razones clave: en

primer lugar, la gran variedad de titulaciones relacionadas de alguna forma con el diseño, fabricación, programación o usos de estas máquinas, así como la concentración en dicho centro de grupos de investigación relacionados con los mismos; y, en segundo lugar, por la disponibilidad de un **espacio propio para realizar exhibiciones aéreas**.

Los tiempos de pandemia que nos han tocado vivir obligaron a su cancelación en 2020 a falta de 15 días de su celebración. La espera de mejores condiciones sanitarias ha sido larga y, finalmente, ha obligado a que su celebración deba realizarse bajo las exigencias COVID, definiéndose como un evento **en modalidad híbrida** (semipresencial con retrasmisión online de algunas sesiones). A este formato se ha unido que sea un evento **abierto, gratuito y accesible** dónde las ponencias se han transformado en **video-ponencias**, un formato con mayor trazabilidad temporal.

Los asistentes al evento podrán **interactuar con IngeniaDRON**, registrándose en su web. Esto les permite realizar preguntas a los ponentes sobre sus video-ponencias desde la propia web del evento o, asistir presencialmente o virtualmente a las sesiones de los **simposios, conferencias plenarias y mesa redonda**. En modo solo presencial, se podrán admirar varias **exhibiciones** de vuelo.

Tras el evento, se espera poder realizar una selección de las mejores ponencias para formar parte de un libro divulgativo denominado “Ingeniería y Drones”. Su objetivo es ayudar a la difusión de las ponencias presentadas en el mismo.

Finalmente, **agradecer** a todos los que ha hecho posible su realización: a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería por la cesión de sus instalaciones, al **VI Plan Propio de Investigación y Transferencia** de la Universidad de Sevilla por el apoyo financiero, al Comité técnico del mismo y, fundamentalmente, a los **ponentes, moderadores y asistentes**, incluyendo a nuestros dos padrinos de inauguración y principales bazas de la Universidad de Sevilla en dicha materia, a los profesores **D. Anibal Ollero** (“Presente y futuro de la robótica aérea”) y a **D. Manuel Pérez** (“Los drones en la agricultura digital”). No podemos olvidar a los miembros de la **mesa redonda** denomina “¿Necesita la sociedad drones?” y en

la que participan personas de distintos sectores a nivel nacional como son **D. Alfonso García Ferrer** (Universidad de Córdoba, Alimentación), **Dña. M^a Ángeles Fernández Barrero** (Universidad de Sevilla, Prensa audiovisual), **D. José Luis Boto Mejías** (Policía Nacional, Seguridad ciudadana), **D. Israel Quintanilla García** (Universitat Politècnica de València, Legislación) y **D. Rodrigo Valdivieso Raffo** (AERTEC, Empresa). También merecen ser nombrados las empresas **Tepnitop** y **Aeromedia** que tan amablemente ofrecerán sus **exhibiciones** en la carpa de drones de la ETSI.

Esperamos volver a vernos el año que viene, con una mayor presencialidad, y con su tan esperada Ferias de Muestras asociada.

La Organización del evento

PROGRAMA DEL EVENTO/ *EVENT SCHEDULE*

4 mayo de 2021

Lugar sesiones Híbridas: Salón de grados
(planta ático, ETSI, Campus Cartuja, Sevilla)

9.30-10h Inauguración (Híbrida)

10-11h. Charla invitada: “Presente y futuro de la robótica aérea” (Híbrida)

— D. Aníbal Ollero (Universidad de Sevilla)

11.30-13.30h Sesiones paralelas

S01-01 Diseño I (online)

Modera: Dña. Juana M. Martínez-Heredia (Universidad de Sevilla)

S02-01 Aplicaciones I (online)

Modera: D. José Antonio Barrera (Universidad de Sevilla), apoyo técnico: D. Eduardo Vázquez (Universidad de Sevilla)

S03-01 Navegación I (Híbrida)

Modera: D. José Ramiro Martínez de Dios (Universidad de Sevilla)

16.00-18.00h Sesiones paralelas

S01-02 Diseño II (Híbrida)

Modera: D. Sergio Esteban (Universidad de Sevilla)

S02-02 Aplicaciones II (online)

Modera: D. Agustín Villar (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía), apoyo técnico: Dña. Cristina Torrecillas (Universidad de Sevilla)

S02-03 Aplicaciones III (online)

Modera: D. José L. Amaro (Instituto Geográfico Nacional), apoyo técnico: D. Ignacio Barbero (D.G. Catastro)

18.15-19.15: Exhibición aérea (presencial en la carpa de drones en los jardines ETSI)

5 mayo de 2021

Lugar sesiones Híbridas: Salón de grados
(planta ático, ETSI, Campus Cartuja, Sevilla) y
Salón Azul (planta baja, ETSIA, antigua Universidad Laboral)

9.00-11.00h Sesiones paralelas

S01-03 Diseño III (online)

Modera: D. Sergio Esteban (Universidad de Sevilla)

S02-04 Aplicaciones IV (Híbrida)

Modera: D. Antonio Miguel Pérez (Universidad de Sevilla), apoyo técnico: Dña. Carmen Marín (Universidad de Sevilla)

S03-02 Navegación II (online)

Modera: Julio L. Paneque (Universidad de Sevilla)

11.30-12.30h Charla invitada: "Los drones en la agricultura digital" (Híbrida)

— D. Manuel Pérez (Universidad de Sevilla)

12.45-14.00h Mesa Redonda: Necesita la sociedad Drones (Híbrida)

Moderador D. José Ramiro Martínez de Dios (Universidad de Sevilla),

Participan:

- D. Alfonso García Ferrer (Universidad de Córdoba, Alimentación)
- Dña. M^a Ángeles Fernández Barrero (Universidad de Sevilla, Prensa audiovisual)
- D. José Luis Boto Mejías (Policía Nacional, Seguridad ciudadana)
- D. Israel Quintanilla García (Universitat Politècnica de València, Legislación)
- D. Rodrigo Valdivieso Raffo (AERTEC, Empresa)

14.00h Clausura (Híbrida)

SIMPOSIOS/ *SYMPOSIA*

S01

DISEÑO Y FABRICACIÓN /
DESIGN AND MANUFACTURING

DISEÑO DE RPAS EN EL MARCO DEL MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

ALEJANDRO SÁNCHEZ CARMONA
MIGUEL ANTONIO ANTÓN DÍEZ
CRISTINA CUERNO REJADO
MIGUEL ÁNGEL GÓMEZ TIERNO
Universidad Politécnica de Madrid

INTRODUCCIÓN

El empleo de los Sistemas Aéreos no Tripulados, o RPAS, está cada día más extendido en la sociedad, tanto desde el punto de vista de misiones civiles como para un uso simplemente lúdico. Esta expansión en cuanto a clientes o usuarios se refiere, tiene una retroalimentación directa sobre los diseñadores de RPAS. Los clientes destacan fortalezas y debilidades de los productos que los diseñadores deben considerar en las futuras aeronaves a desarrollar, adaptándose así a las necesidades del mercado.

En este contexto, desde la ETSI Aeronáutica y del Espacio de la Universidad Politécnica de Madrid y, a través de una metodología de aprendizaje basada en proyectos, se propone a los alumnos de las asignaturas de Sistemas Aéreos no Tripulados y de Sistemas de Control de Vuelo, ambas del Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica, un proyecto de diseño de un RPAS. El proyecto, que ha constado con el apoyo y supervisión de Airbus, parte de un aeromodelo de radiocontrol de referencia, sobre el cual se deberán realizar los cambios de diseño oportunos para obtener la mejor ratio autonomía-peso posible. Puesto que el objetivo del trabajo es maximizar este cociente, los alumnos forman grupos para así establecer una competencia entre ellos.

MÉTODOS

El proyecto de diseño propuesto consta de dos bloques principales: caracterización del aeromodelo de referencia y rediseño del mismo.

La primera fase permite a los estudiantes familiarizarse con las herramientas de cálculo necesarias para determinar las actuaciones y la estabilidad y control de un RPAS de pequeño tamaño. Estas herramientas son las que habitualmente se emplean en el diseño conceptual de aeronaves, tales como los métodos de Roskam o Torenbeek para los cálculos de las derivadas de estabilidad y la polar; softwares comerciales para la estimación de la potencia proporcionada y consumida por los motores eléctricos brushless; o experimentos y cálculos sencillos para la estimación de las propiedades másicas de la aeronave completa.

Para la segunda fase se establecerá una misión de diseño que el aeromodelo rediseñado deberá cumplir. A continuación, se implementarán los cambios en el aeromodelo de referencia, estando impuesto que, al menos, se debe modificar una superficie sustentadora. Aplicando las metodologías de cálculo validadas con el aeromodelo de referencia, se estimará su ratio autonomía-peso, así como su estabilidad y controlabilidad. Tras ello, se deberán fabricar los elementos rediseñados por medio de impresión aditiva, que son los medios que proporciona la universidad. Finalmente, se diseñará de forma teórica los Sistemas de Aumento de Estabilidad (SAS) y Autopilotos (AP) del aeromodelo rediseñado siguiendo una metodología análoga a la empleada en la industria para aeronaves convencionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los diseños presentados por los alumnos fueron muy innovadores y de un nivel técnico elevado, a la vista del tiempo disponible. El requisito de tener que utilizar impresión aditiva no pudo llevar a mejorar la ratio autonomía-peso del aeromodelo de referencia, pero sí hubo diferencias entre las soluciones alcanzadas por los diferentes grupos. El diseño teórico de los SAS y AP fue satisfactorio y están disponibles para su implementación hardware.

PALABRAS CLAVE

DISEÑO, DRONES, MÁSTER UNIVERSITARIO, RPAS

OPTIMISATION OF THE FLIGHT SPEED IN A HYBRID RPAS WITH DISTRIBUTED ELECTRIC PROPULSION AND BOUNDARY LAYER INGESTION

LUIS MIGUEL GARCÍA-CUEVAS GONZÁLEZ
PEDRO MANUEL QUINTERO IGEÑO, PAU BARES MORENO
PAU VARELA MARTÍNEZ
CMT - Motores Térmicos. Universitat Politècnica de València

INTRODUCTION

Distributed electric propulsion (DEP) and boundary layer ingestion (BLI) are becoming a research hot topic as they can be used to reduce the energy or fuel consumption of fixed wing aircraft, from small and medium remotely piloted aircraft systems (RPAS) to big airliners. Furthermore, they can be used to mitigate the risks associated to aircraft loss due to foreign object damage. This work presents a method for optimising the mission profile in RPAS, which presents novel challenges against classic configurations.

METHOD

A 25 kg of maximum take-off mass, fixed wing, propeller-driven RPAS powered by a 1 kW internal combustion engine is characterised by means of experimental and computational methods. Then, computational fluid dynamics (CFD) simulations are carried out with a DEP+BLI architecture, generating response surfaces that cover the whole flight domain with the minimum number of computations. These simulations are produced assuming that the thrust of the complete set of propellers is equal to the total drag of the aircraft, including all the interactions between the wing and the propellers, and are generated for a wide range of Reynolds numbers and lift coefficients. After that, and taking into account the added mass due to the series hybridisation of the powerplant, specific range and specific endurance maps

can be produced and the flight speed can be optimised to maximise either the range or the endurance. The optimisation can be performed for different distributions of propellers in the trailing edge of the wing, so the best configuration can be selected when designing a new RPAS.

RESULTS

Using the precomputed specific range and specific endurance maps, the optimum strategy of internal combustion engine and propellers rotational speeds can be chosen in order to maximise the distance travelled or the amount of time flying over a region, depending on the mission. For a maximum range mission, applying this method achieves fuel savings of 16% against a pure non-hybrid, single-propeller configuration and 4% against a hybrid electric, single-propeller configuration. The complex interactions between the optimum operating conditions of the internal combustion engine, the aerodynamic performance of the aircraft and the performance of the propellers produce some non-obvious results in the optimum flight speed, with changing trends in its evolution against the instantaneous mass of the aircraft.

DISCUSSION

The generation of specific range and specific endurance interpolation maps require the characterisation of the powertrain, as well as the aerodynamic and propulsive performance of the airframe and the propellers. Due to the effects of BLI and the close position of the propellers to the trailing edge of the wing, there are strong interactions between the aerodynamic performance and that of the propellers. With the method described in this work, these interactions are easily taken into account and the interpolation maps are generated with low experimental and/or computational costs. The specific range and specific endurance maps can be used inflight by the autopilot module to select the optimum flight speed and are also a valuable tool during the design phase of new RPAS.

KEYWORDS

BLI, DEP, HYBRID ELECTRIC, OPTIMISATION, RPAS

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DRONES AS A MULTIDISCIPLINARY ENGINEERING LEARNING TOOL

JUANA MARTÍNEZ-HEREDIA

SERGIO CAMARGO

ANA ISABEL GÁLVEZ, JAVIER UTRERA

Universidad de Sevilla

INTRODUCTION

An extracurricular project was proposed, addressed to third year undergraduate students of Aerospace Engineering, consisting of research about autonomous aerial vehicles (UAVs, drones, RPAS) with the aim of allowing applicants to achieve the technological knowledge necessary to design, manufacture and operate a customized vehicle conceived for a specific application, which was to be defined as part of the project itself.

METHOD

First, it was necessary to conduct a previous study regarding the feasibility of the project and the potential uses for such vehicles. A budget was allocated for the materials that would be needed to complete the project. Certain restrictions were imposed, mainly on the maximum allowed dimensions and weight of the aircraft. These restrictions were based primarily on legal limitations.

It was decided that the implementation of the vehicle would take the form of a quadrotor due to its relative ease of manufacturing and the widespread documentation available thanks to the recent boom in amateur quadrotor building. Another positive aspect of employing such an aircraft would be the possibility to focus more on the customization and the specific final use of the drone rather than on the mechanics of achieving controlled flight of a technology that is not mature yet.

Two missions were proposed for two different drones: the first consisted of an autonomous vehicle capable of following a movable object, e.g. a person running, while avoiding potential obstacles and thus preventing the aircraft from crashing. The second consisted of a drone with onboard thermal vision and signal processing capabilities, enabling it for a variety of purposes, ranging from pest control to wildlife and crop health monitoring, detection of targets in search and rescue operations or military missions.

RESULTS

Along the course of the project, the students had to do extensive research on the state of the art of quadrotor propulsion and control technology, design a system adjusted to a tight budget, integrating several different Commercial-Of-The-Shelf items together with custom designed parts, mainly manufactured through additive layer technologies (3D printing), and engineer a system to provide for the needs defined in the specifications required from each project, all while adhering to the given deadlines.

Every single part of both drones was successfully tested, with special care with the power supply. Finally, with both drones ready and tested, a few flight tests could be made. Parameters such as controllability, stability and flight modes provided by the flight controller were taken into consideration. The results were satisfactory.

CONCLUSIONS

With this project of design and construction of an operational drone, the involved students of the degree in Aerospace Engineering have been able to put into practice knowledge of other branches of engineering such as materials, aerodynamics, mechanical engineering, electronic engineering, graphic design, control, etc., or acquire new knowledge on those branches. Besides, they have worked as a team to combine knowledge, skills and efforts pursuing a single and broad goal: the successful drone flight.

KEYWORDS

DRONES, EDUCATIONAL INNOVATION, ENGINEERING EDUCATION, UNMANNED AERIAL VEHICLES

S01-04

ANÁLISIS DE LA GEOMETRÍA DE LAS SUPERFICIES DE CONTROL DE UN ALA FIJA PARA MEJORAR SU CONTROLABILIDAD

DAVID VILLOTA
MONTSERRAT GIL-MARTÍNEZ
JAVIER RICO-AZAGRA
Universidad de la Rioja

Actualmente, el campo de los vehículos autónomos no tripulados (UAV) está en auge debido en parte al abaratamiento de la electrónica. Esto ha causado que la tecnología de control y maniobra de este tipo de sistemas llegue a multitud de desarrolladores (*makers*) que diseñan y fabrican sus propios prototipos. Especialmente, en el campo de las alas fijas no abunda una literatura que marque pautas de optimización o mejora en el diseño. Con este trabajo, se pretende delimitar una serie de parámetros para mejorar la controlabilidad y estabilidad del sistema.

Se analiza cómo diferentes geometrías de superficies de control afectan a la controlabilidad de un prototipo de ala fija sin cola. Esta arquitectura no es convencional y, al no tener cola, presenta un desafío al contar únicamente con dos superficies de control para la estabilidad longitudinal y lateral de la aeronave.

En primer lugar, se estudia el punto de trimado del prototipo con el fin de tener una referencia de velocidad entorno a la que enfocar el estudio. Para ello se utilizarán cálculos numéricos y el software libre XFLR5.

Después, se estudian las características aerodinámicas y de estabilidad de la arquitectura, tratando de comparar varios parámetros de las superficies de control; en particular, el porcentaje en cuerda y la posición del centroide. Se realizan numerosos estudios aerodinámicos en los que, variando estos parámetros, se analiza la posición de los polos en la representación en función de transferencia de ambos modelos (longitudinal y lateral). Así mismo, se estudia la ganancia del sistema para comprobar que este no se haga excesivamente sensible y que el punto de trimado esté situado en la zona central del rango de actuación.

Tras el estudio se concluyen unos valores de la geometría de la superficie de control (cuerda y distancia eje central a centroide de superficie) para un comportamiento óptimo.

PALABRAS CLAVE

ESTABILIDAD LATERAL Y LONGITUDINAL, TRIMADO, UAV, XFLR5

S01-05

X QUAD – PASO VARIABLE

PABLO FLORES PEÑA
Drone Hopper

DRONE HOPPER es una empresa española de I+D en el ámbito de la ingeniería aeronáutica. Una compañía firmemente comprometida con los drones de alta capacidad, que pueden posicionarnos como pioneros, revolucionando el sector con nuestra tecnología patentada.

Recientemente, hemos podido llevar a cabo una prueba de vuelo en la cual nuestra plataforma X-QUAD, multi rotor con 4 motores y 4 rotores, ha validado su paso variable. Una combinación innovadora centrada en el uso de motores térmicos controlados con hélices de paso variable, que puede marcar la diferencia permitiendo a la aeronave llevar cargas

más pesadas durante más tiempo. Además, todos los sistemas electromecánicos son redundantes, para garantizar su correcto funcionamiento aun en caso de fallo en alguno de sus componentes, permitiendo una terminación segura del vuelo.

Todo ello, con el objetivo de conseguir una aeronave que integre los requisitos de certificación desde su diseño y que alcance una capacidad de carga de unos 18 kg y una autonomía de vuelo de unas 2 horas. Estas características supondrían una auténtica revolución del sector, siendo de aplicación a nuevos mercados emergentes en los cuales, los drones se abren paso con fuerza, mercados tales como logística urbana o trabajos aéreos industriales

PALABRAS CLAVE

AUTOPILOTOS, AUTONOMÍA, CARGA, INDUSTRIA, LOGÍSTICA, LOGÍSTICA URBANA, MULTI ROTOR, PASO VARIABLE, PATENTE, TECNOLOGÍA

S01-06

NUMERICAL AERODYNAMIC STUDY OF A BICP-VTOL UAV FOR WIDE RANGE OF ANGLES OF ATTACK AND SIDESLIP ANGLES (EMERGENTIA PROJECT)

VICTORIA MARÍA PRIETO RUEDA
PABLO NOGALES CRIADO
SERGIO ESTEBAN
Universidad de Sevilla

This article presents numerical analysis conducted on a Bi-rotor Convertible Vertical Take Off and Landing (BiCP-VTOL) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in order to validate the entire full aerodynamic flight envelope. The motivation behind these studies comes from the need of having precise aerodynamic models that will serve as benchmark where to test the innovative design presented within the EMERGENTIA pro-

ject. The EMERGENTIA project (acronym for the full title: *DevElopment of an unManned convERTible aircraft for rapid and efficient deployment in emerGENcy situationTions*) arises from the fact that emerging technologies are radically changing traditional operating procedures in disaster relief and emergency response management. For the numerical analysis, ANSYS 18.1 has been already used in order to have a first approach to the method, and, specifically, Fluent module to analyse the geometry and meshing previously generated.

Two different models of the BiCP-VTOL-UAV are studied, being the only difference that Aircraft 1 has a forward sweep wing of , while Aircraft 2 has a straight wing. The original full-size model had to be scaled in order to conduct the wind tunnel experiments, and, as this study is going to reproduce the exact same disposition, it will use the same dimensions: a 1:4 scale prototype that allows to make the blocking effects negligible. Also, the model's geometry was originally designed in CATIA, so it needed several modifications to be adapted for the CFD analysis.

The wind tunnel is an open circuit one of 23.52 meters length, divided into three sections: contraction chamber, test chamber and diffuser, with a length of 5 meters and a rectangular section 1.4 meters wide and 1.8 meters high for the test chamber, and a maximum design speed of 30 m/s. The numerical analysis conducted in this paper will only focus on the contraction chamber, to reflect the same conditions as those measured during the experimental tests. For the numerical resolution, a structured mesh has been made and, after studying diverse turbulence model, the model with SST transition was finally chosen, which solves all the problems encountered with the other models, but raises the computational cost.

Some representative obtained results for the Aircraft 1 configuration and selected characteristic speed (10.69 m/s) will be presented. Also, sample values of lift and drag coefficients for $\alpha=10$ deg are $C_l=0.15681$ and $C_d=0.14499$.

KEYWORDS

ANGLE OF ATTACK, CFD, COMPLETE FLIGHT ENVELOPE, SIDESLIP ANGLE, SOLID BLOCKAGE, WIND TUNNEL

S01-07

AERODYNAMIC STUDY IN A WIND TUNNEL OF A BICP-VTOL UAV FOR SAR MISSIONS

FRANCISCO JAVIER ALMAGRO GUERRERO
VICTORIA M. PRIETO RUEDA
LORETO VÁZQUEZ DEL REY PERDOMO
SERGIO ESTEBAN
Universidad de Sevilla

This article presents wind tunnel experiments conducted on a Bi-rotor Convertible Vertical Take Off and Landing (BiCP-VTOL) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in order to characterize the entire full aerodynamic flight envelope. The motivation behind these experiments come from the need of having precise aerodynamic models that will serve as benchmark where to test the innovative design presented within the EMERGENT_{Ia} (acronym for the full title: *DevElopment or fan un-Manned convERTible aircraft for rapid and efficient deployment in emerGENcy situationTions*) project.

In this paper, two different VTOL-UAV models are studied, being the only difference the forward sweep, suppressed for the second model. The elements have also been tested separately, resulting in six different systems to study: wing 1 (forward sweep wing), wing 2 (straight wing), fuselage, v-tail, aircraft 1 (wing 1) and aircraft 2 (wing 2). The airfoils used for wing and v-tail are the Bell A821201 and a NACA 0012 respectively. The original full-size model had to be scaled in order to conduct the wind tunnel experiments following two criteria to select the

scaling factor of 1:4: the wind tunnel blockage factor and the size limitations of the 3D-printer. Dimensions of the scaled model are fuselage length of 42.3 cm, wingspan of 62.73 cm, wing surface of 310 cm², wing dihedral of 5.27° and v-tail dihedral of 29.3°.

The wind tunnel is an open circuit one of 23.52 meters length, divided into three sections: contraction chamber, test chamber and diffuser, with a length of 5 meters and a rectangular section 1.4 meters wide and 1.8 meters high for the test chamber, and a maximum design speed of 30 m/s. Speeds used for the experiments range of 5.69 -19.44 m/s from which a (10.69 m/s) speed is defined as “characteristic” for being the one with a highest value possible that avoids including oscillations into the measures.

The number of experiments and systems to study have been increased with respect to previous studies, doing experiments of angle of attack and sideslip in the range of [-90°, 90°]. In addition, CFD analyses have been conducted in order to validate the results obtained by the wind tunnel experiments.

A *smoothing* technique is applied to the results, which captures the presumed underlying trend in noisy data acquired experimentally and allows the extraction of interpolation polynomials of the different parameters for all systems tested. Examples of the process of obtaining these interpolation polynomials will be shown in the final article. A key aspect is the study of all the different elements that constitute the aircraft separately (wing, fuselage, and V-tail) that reduces the number and cost of experiments. Then, the superposition principle was applied in order to compare the results obtained with the numerical ones (CFD).

All wind tunnel experiments have already been carried out for each of the six systems: wing 1, wing 2, fuselage, v-tail, aircraft 1 and aircraft 2. Results for the forces and moments have been obtained and will be detailed in future versions of this paper.

KEYWORDS

ANGLE OF ATTACK, CFD, COMPLETE FLIGHT ENVELOP, SIDESLIP ANGLE, SOLID BLOCKAGE, WIND TUNNEL

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN UAV MULTIRROTOR DE USO PROFESIONAL

JESÚS MIGUEL LALIENA
JAVIER RICO AZAGRA
SILVANO NÁJERA CANAL
MONTSERRAT GIL MARTÍNEZ
Universidad de La Rioja

Partiendo de un chasis prefabricado, así como de una serie de componentes ya adquiridos (motores, hélices, reguladores de velocidad...), se plantea la construcción de un hexacóptero de gran envergadura capaz de portar una carga útil de hasta 9 kilos. Como principal requisito, se fija un tiempo de vuelo en hover superior a los 30 minutos. Esto exige estudiar todas las posibles alternativas Li-Ion, tecnología de baterías recargables que predomina en este sector. Con anterioridad a estos cálculos, se realizan varios ensayos para identificar los parámetros que caracterizan a los rotores según el nivel de batería con que son alimentados. Estos resultados permiten estimar de forma fiable el tiempo de vuelo propiciado por cada tipo de batería. Como novedad, se decide incluir en el estudio los modelos Li-Ion INR, de gran fama y asequibilidad en los últimos años. Frente a las tradicionales baterías Li-Ion LiPo, las INR despuntan en prácticamente todos los campos (menor precio, mayores tiempos de vuelo, mayor vida útil y seguridad). Además, su formato estándar 18650 permite albergarlas en el interior del chasis del UAV, previo rediseño del mismo.

Bajo estas premisas, el presente trabajo propone un sistema modular de baterías Li-Ion INR que se toma como punto de partida para el diseño y mecanizado del chasis del UAV. Se aprovecha la ocasión para dotarlo de una mayor robustez, ergonomía, funcionalidad y maniobrabilidad.

Se plantean varias distribuciones de baterías, optándose finalmente por la que facilita la extracción de cada módulo para su carga o reemplazo. Esta tarea se simplifica por medio del diseño de carcasas que los alojan

e interconectan a una placa electrónica central de distribución de potencia, lográndose así que el fallo de uno de los módulos de baterías no afecte a ningún motor en particular.

De cara a la fabricación del chasis, se estudian cuatro tipos de planchas de 2 milímetros de espesor, dos de ellas puras (fibra de carbono y fibra de vidrio) y otras dos de tipo sándwich (fibra de carbono-kevlar, y fibra de carbono-vidrio). La plancha pura de fibra de carbono es la finalmente seleccionada debido a sus excelentes propiedades mecánicas y precio. Para su fresado se utiliza el complemento SolidCAM de la plataforma SolidWorks y la fresadora High-Z S-1000T.

Por otro lado, el diseño de las carcasas presenta dos compartimentos, uno reservado para el módulo de baterías y otro para la electrónica encargada de informar de su estado de carga (SOC, State Of Charge) y de salud (SOH, State Of Health) durante el vuelo y el reposo. El despiece de la carcasa procura evitar un uso excesivo de material de soporte durante su impresión, cuidar las calidades superficiales y aportar la máxima resistencia a la rotura.

El ensamble final del UAV demuestra cumplir con los requisitos iniciales: se comprueba que las inercias y la posición del centro de gravedad son las idóneas para su futuro control. Conocido el peso definitivo del UAV, se realizan ensayos de descarga sobre las baterías INR seleccionadas que validan experimentalmente la obtención de un tiempo de vuelo en hover superior a los 30 minutos.

PALABRAS CLAVE

AUTONOMÍA DE VUELO, BATERÍAS LI-ION, DRONE, FUSELAJE, IDENTIFICACIÓN

HORUS UPV: EQUIPO DE ESTUDIANTES DE LA UPV CON EL OBJETIVO DE DISEÑAR, FABRICAR Y OPERAR UN UAV CON DESPLIEGUE RÁPIDO Y FLEXIBLE EN LAS CONDICIONES ADVERSAS DE UN DESASTRE NATURAL

MARAVILLAS MÁRQUEZ LÓPEZ
JORGE MIRET MARCO
ALONSO MORALES VILA
Universidad Politécnica de Valencia

INTRODUCCIÓN

HORUS UPV nació en 2018 como fruto del interés por un pequeño grupo de estudiantes de la Universidad Politécnica de Valencia por diseñar, fabricar y operar de forma autónoma un UAV versátil. A día de hoy, el equipo está conformado por un total de 70 alumnos de distintas especialidades y cuenta además con la ayuda de docentes, investigadores y técnicos de laboratorio universitarios.

La consolidación del equipo ha sido posible gracias a la estrecha relación con el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA) e Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2), el cuál ayuda profesional y económicamente al grupo empleando la aeronave como base de investigación para la incorporación de baterías de hidrógeno. También es imprescindible el soporte que presta, del mismo modo, el grupo de Generación Espontánea (GE) del Vicerrectorado de Alumnado, Cultura y Deporte y el Instituto de Tecnologías de Materiales de la UPV cediendo laboratorios.

MÉTODO

El equipo se subdivide en diversos grupos; CAD, Fabricación, Aerodinámica, Estructuras, Sistemas y Control de vuelo y, Visión e Inteligencia Artificial. Como nexo de unión se encuentran los grupos de Organización e Imagen.

Cada subgrupo cuenta con un coordinador (puesto que representa exclusivamente su experiencia, ya que HORUS UPV apuesta por una estructura horizontal) que guía, identifica, asigna y controla las tareas a realizar. Para ello, todos trabajan con una misma herramienta de organización y comunicación (*Microsoft Planner* y *Microsoft Teams*). Semanalmente se programan reuniones de equipo para poner en común los avances de cada grupo.

Como herramientas de trabajo, destacan los softwares *Autodesk Inventor*, *Nastran*, *OpenFOAM*, *SU2*, *xflr5*, *Python* y *Matlab* entre otros. Pese a que la universidad supone un papel fundamental en lo que a licencias se refiere, el equipo fomenta la utilización de software de código abierto.

En cuanto a la maquinaria, materiales y espacios de trabajo, estos se obtienen gracias a las prestaciones recibidas. No obstante, el equipo trata de involucrarse en la producción para abaratar costes. Esto es, como ejemplo reciente, obtener componentes y montar de forma autónoma estaciones de cálculo, de corte por hilo y de torneado CNC.

RESULTADOS

El prototipo se encuentra actualmente en fase de fabricación con un fuselaje ensamblado. Las alas y estabilizadores están en fase de producción (gracias a la maquinaria obtenida recientemente) mientras se trabaja en la telemetría y detección de blancos. Tras la producción se llevará a cabo el ensamblaje de componentes electrónicos y otros sistemas diseñados con anterioridad como el tren de aterrizaje.

DISCUSIÓN

Por todo esto, HORUS UPV pretende mostrarse como un equipo que, pese a la media disponibilidad de sus miembros, ya que es un proyecto que desarrollan de forma paralela a sus responsabilidades estudiantiles y, pese a la situación pandémica actual que paralizó durante un año la producción, ha logrado consolidarse como un equipo de renombre dentro de la UPV, tratando ahora de darse a conocer más allá de los límites universitarios para potenciar las oportunidades y capacidad de desarrollo.

PALABRAS CLAVE

CÓDIGO ABIERTO, EQUIPO, ESTUDIANTE, HORUS UPV, UAV, UPV

S01-10

IMPRIME PARTES DE TUS DRONES CON 3D

MARÍA SUÁREZ RODRÍGUEZ

JUAN POUS DE LA FLOR

Universidad Politécnica de Madrid

La construcción de drones, mediante la fabricación de los mismos, es una alternativa a la adquisición de modelos ya fabricados y disponibles en el mercado. La idea surge, de como nosotros mismos montamos nuestras propias impresoras de 3D, eso sí adquirimos los distintos componentes por internet y esta metodología nos parece una opción muy interesante para ser replicada en parte aquí. Esta iniciativa, va en la línea de la nueva ola de adquirir los componentes online, con un meticuloso proceso de selección, tanto de calidades como de precios y posteriormente realizar tu propio montaje. Algunos de los componentes estructurales del dron o incluso elementos de propulsión, pueden ser diseñados por ti mismo e impresos en tus mismas dependencias.

Nuestro objetivo, consiste en volver a exponer, lo que fue una aplicación de esta tecnología, ya situada en internet con éxito en un curso MOOC, diseñamos en el ordenador piezas del dron, principalmente varillas que forman la estructura, trenes de aterrizaje, piezas que cubren y protegen, incluso otras que dotan a nuestro dron de mayor aerodinámica, sin olvidar que podemos diseñar e imprimir también hélices para mejorar prestaciones o para sustituirlas si se deterioran.

Los sistemas de control e impulsión del dron son ofertados en la red en una constante variedad y mejora, solamente debemos seleccionar los más interesantes, además de fijarnos en potencias, duración de baterías, distancias de control, debemos fijar nuestra atención en la manera de

anclarse a la futura estructura del dron. A partir de esto, adquirimos los sistemas de sujeción principalmente tuercas, tonillos y fijadores, entonces comienza nuestra etapa de diseño e impresión en 3D de las piezas que componen el dron. Partimos de unos sistemas de control, comunicaciones y potencia, que debemos instalar en nuestro diseño, imprimimos las piezas y montamos el conjunto, todo sencillo, barato y abierto a cambios de diseño, imagina que no adquieres un dron ya fabricado, sino que tú mismo fabricas este dron y lo montas.

Las ventajas son impresionantes, puedes realizar los rediseños que desees de tu dron, a precios muy económicos, incluso poseer un catálogo de piezas a utilizar y sustituir según las condiciones del vuelo. Imagínate hélices de tamaños adecuados, de materiales más o menos robustos, en definitiva, con características óptimas para esta climatología.

Una última ventaja consiste en la facilidad de sustituir piezas deterioradas, sin depender de plazos de proveedores y pudiendo tú mismo ser el fabricante. La faceta del ahorro económico es la más interesante, pues los precios son muy competitivos, ya que los materiales origen con los que imprimimos en 3D las piezas son muy baratos y disponibles. Invitamos a la comunidad del congreso a explorar las ventajas de este proceso e incluso a si se ven con éxito, producir sus propios componentes o porque no, colocar sus drones en el mercado.

PALABRAS CLAVE

FABRICACIÓN, IMPRESIÓN, VENTAJA

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA PRODUCIDA POR EL FUNCIONAMIENTO DE VEHÍCULO AUTÓNOMO NO TRIPULADO (UAV).

JAUME FUSTÉ, FRANCISCO JAVIER GARCÍA LÓPEZ
PRISMACIM

INTRODUCCIÓN

En esta última década se han ido incorporando en muchos ámbitos de uso civil la utilización de vehículos no tripulados (UAV). Algunas funciones de estos vehículos son: Transporte de objetos, extinción de incendios nocturnos, operaciones de rescate, cartográficas o incluso vuelo libre... El desarrollo de diversos sistemas para poder llevar a cabo todas estas funciones ha sido posible gracias a los micros controladores, a la miniaturización de los sensores (MEMS-Micro Electromechanical Systems) y a mejoras en los sistemas de almacenamiento de energía. El objetivo principal de este proyecto es conocer cómo afecta el uso de estos UAV y la contaminación acústica producida en entornos urbanos.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es poder saber con certeza el ruido producido por el aparato distinguiendo dos situaciones a simular:

- Momento de arranque muy cercano al suelo.
- Vuelo estable a una cierta altura.

Se realiza una simulación CFD de las hélices que contiene el aparato, estudiando su forma, sentido de giro y su velocidad de rotación.

SOFTWARE EMPLEADO

Se usan productos del portfolio Siemens Digital Industries Software. Para la creación de la geometría de la hélice se usa Solid Edge (CAD) esta parte se tendrá realizada previamente a la simulación acústica, que para este caso se usa Solid Edge FloEFD (CFD)

RESULTADOS

Se obtiene dinámicamente la variación de sonido en función de la posición y la altura del aparato, con respecto a elementos urbanos conociendo las molestias sonoras ocasionadas.

PALABRAS CLAVE

ANÁLISIS CONTAMINACIÓN ACÚSTICA, SIMULACIÓN CFD HÉLICES, SOLID EDGE, SOLID EDGE FLOEFD

S01-13

MARCADO CE Y ETIQUETA DE CLASE PARA UAS DE LA CATEGORÍA ABIERTA Y ESPECÍFICA COMO MEDIOS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE PRODUCTO DENTRO DE LA UNIÓN EUROPEA

JOSE AUGUSTO MONTERO VIZARRETA
ALTER

INTRODUCCIÓN

Los últimos documentos normativos publicados por la Comisión Europea a través de la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA): Reglamento Delegado 2019/945 y Reglamento Implementado 2019/947 (incluidos los correspondientes *amendment*) ofrecen una lista completa de los requisitos esenciales para UAS/Drones como producto a ser comercializado dentro de los Estados Miembros de la Unión Europea, así como los medios de cumplimiento y directrices relacionados con las licencias para pilotos y centros de formación correspondientes.

Tomando dichos documentos como referencia, esta propuesta analizará, principalmente, aquellos requisitos y directrices relacionados con la conformidad del UAS como producto (*product safety*) y planteará, de forma simple y sencilla, la hoja de ruta que todo fabricante de este tipo de sistemas deberá seguir para realizar el marcado CE y la etiqueta de clase correspondiente a la categoría abierta o específica.

Otro punto importante que será tomado en cuenta en este análisis es el rol de los Organismos Notificantes y Notificados en la inspección y verificación del funcionamiento adecuado del mercado, asegurando la calidad y funciones de los sistemas que se comercialicen dentro de la Unión Europea.

OBJETIVO DE LA NUEVA REGULACIÓN EUROPEA PARA UAS

El Reglamento Delegado 2019/945 ha sido desarrollada con el fin de establecer los requisitos para el diseño y la fabricación de sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS/Drones) destinados a ser utilizados con arreglo a las normas y las condiciones definidas en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947. También se define el tipo de RPAS/UAS cuyo diseño, producción y mantenimiento estarán sujetos a certificación. Asimismo, establece las normas relativas a la comercialización de estos sistemas destinados a ser utilizados en la categoría abierta y a su libre circulación en la Unión Europea. Este Reglamento también establece las normas aplicables a los operadores de RPAS/UAS de terceros países cuando realicen operaciones con arreglo al Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 dentro del espacio aéreo del cielo único europeo.

Por otro lado, el Reglamento Implementado 2019/947 establece disposiciones detalladas para la utilización de RPAS/UAS, así como para el personal, incluidos los pilotos a distancia, y las organizaciones que participen en dichas operaciones. Del mismo modo, el Reglamento 2020/639 modifica este último Reglamento Implementado para incluir, principalmente, dos escenarios operacionales estándar más allá de la línea de vista (BVLOS) y con sistemas con marcado CE de categorías 5 y 6 (marcados de categoría específica)

ESTRUCTURA Y ANÁLISIS DEL REGLAMENTO EUROPEO 2019/945

ASPECTOS GENERALES

Este Reglamento contiene los requisitos esenciales para que los distintos fabricantes puedan desarrollar sus sistemas de forma segura. En este sentido, podemos empezar destacando el Artículo 4[1]: *“Los UAS que no sean juguetes en el sentido de la Directiva 2009/48/CE[2] deberán cumplir los requisitos de salud y seguridad pertinentes establecidos en la Directiva 2006/42/CE[3] únicamente en relación con riesgos distintos de los relacionados con la seguridad del vuelo de los UAS”*

Este punto, si bien puede pasar de ser percibido en una primera lectura, nos indica algunos aspectos muy importantes. Uno de ellos indica que los UAS de pequeño tamaño (hasta 250gr) pueden ser considerados o no como juguetes, dependiendo de sus características internas mas no solo del peso.

Una vez definida la naturaleza del sistema, en caso de considerar al sistema como un UAS (no juguete), los riesgos que no correspondan a la operación como tal, es decir, aquellos riesgos del sistema como producto comercializable deberán ser analizados bajo las directrices proporcionadas por la Directiva de Máquinas. En este sentido, se tendrán en cuenta, principalmente, conceptos tales como Seguridad Funcional y Seguridad Eléctrica y los estándares armonizados asociados.

OBLIGACIONES DE LOS FABRICANTES

En relación con las obligaciones propias de los fabricantes, este Reglamento es muy claro al respecto. Por destacar:

- Los fabricantes elaborarán la documentación técnica y llevarán a cabo o subcontratarán el procedimiento de evaluación de la conformidad pertinente al que se hace referencia. Cuando se haya demostrado, mediante ese procedimiento de evaluación de la conformidad, que un producto cumple los requisitos establecidos en las partes 1 a 6 del anexo, los fabricantes elaborarán una declaración UE de conformidad

y colocarán el marcado CE. Esta documentación debe conservarse por 10 años.

- El fabricante deberá asegurarse que cada sistema cuente con un número único de identificación, sobre todo debido a la obligatoriedad de la identificación remota (*remote ID*).
- Los fabricantes se asegurarán de que el producto va acompañado del manual y de la nota informativa que se exigen, así como de facilitar a la autoridad correspondiente toda la documentación relacionada con el producto comercializado.
- Del mismo modo, cabe señalar que los importadores deberán asegurarse de que los productos cumplen con todos los requisitos correspondientes para ser comercializados y, de no ser así, inmediatamente informar al fabricante de cualquier irregularidad detectada.
- Así mismo, los distribuidores deberán actuar con la debida diligencia en relación con los requisitos establecidos en el Reglamento, verificando el marcado CE correspondiente del producto, la inclusión del manual, etc.

CONFORMIDAD DE PRODUCTO

La conformidad de producto se realiza mediante procedimiento de evaluación de la conformidad. El fabricante efectuará esta evaluación mediante uno de los procedimientos siguientes con el fin de establecer su conformidad con los requisitos expuestos:

- Control interno de la producción,
- Examen UE de tipo seguido de la conformidad con el tipo basada en el control interno de la producción, o
- Conformidad basada en el aseguramiento de la calidad total.

Esta Declaración de conformidad deberá demostrar que el producto cumple con los requisitos esenciales establecidos en el Reglamento, especificando su clase, las cuales pueden ser desde clase 0 a 4 para la cate-

goría abierta y 5 o 6 para la categoría específica. Este punto es fundamental ya que un tema muy recurrente es la definición de los medios aceptables para demostrar cumplimiento con dichos requisitos.

En este sentido, podemos comentar que estos medios de cumplimiento se están desarrollando por los Grupos de Trabajo del ASD-STAN. Más adelante mencionaremos algunos alcances adicionales en este aspecto.

MARCADO CE

En primer lugar, es necesario dejar clara la definición de este marcado. El marcado CE es el proceso mediante el cual el fabricante/importador informa a los usuarios y autoridades competentes de que el equipo comercializado cumple con la legislación obligatoria en materia de requisitos esenciales, en este caso, el Reglamento 2019/945.

El marcado CE se colocará de manera visible, legible e indeleble en el producto o en la placa de datos fijada a él. Cuando esto no sea posible o no esté justificado debido al tamaño del producto, se colocará en el embalaje.

La etiqueta de identificación de clase de los UAS se colocará en el vehículo y en su embalaje de manera visible, legible e indeleble y tendrá como mínimo 5 mm de altura. Se prohibirá colocar en un producto marcados, signos o inscripciones que puedan inducir a confusión a terceros en cuanto al significado o la forma de la etiqueta de identificación de clase.

La indicación del nivel de potencia sonora contemplada en uno de los anexos se colocará, si es aplicable, de manera visible, legible e indeleble en el UAS, salvo cuando no sea posible o no esté justificado debido al tamaño del producto, así como en el embalaje.

El marcado CE irá seguido del número de identificación del organismo notificado cuando sea aplicable. Este punto también es fundamental ya que se introduce el concepto de Organismo Notificado para esta Directiva. Más adelante, veremos cuáles son las responsabilidades de esta figura recomendada para acompañar a los distintos fabricantes.

Finalmente, cabe destacar que el fabricante deberá preparar toda documentación técnica que acompañe a la declaración de conformidad y que incluirá todos los datos y detalles pertinentes acerca de los medios utilizados por el fabricante para asegurarse de que el producto cumple los requisitos establecidos.

De acuerdo con el artículo 19 de este Reglamento, los Estados Miembros designarán a una Autoridad Notificante que será responsable del establecimiento y la aplicación de los procedimientos necesarios para la evaluación y notificación de los organismos de evaluación de la conformidad y del seguimiento de los Organismos Notificados.

Si la autoridad notificante delega la evaluación, la notificación o la supervisión a las que se hace referencia en un organismo que no sea una entidad pública, o le encomienda esas tareas de otra forma, dicho organismo será una persona jurídica y cumplirá, *mutatis mutandis*, los requisitos establecidos, los cuales son, principalmente:

- Organizar y gestionar preservando la imparcialidad y objetividad en las actividades
- Verificar que toda decisión relativa a la notificación de un organismo de evaluación de la conformidad sea adoptada por personas competentes, distintas de las que llevaron a cabo la evaluación.
- Preservar la confidencialidad de información

Del mismo modo, dichas Autoridades Notificantes deberán designar a los Organismo Notificados encargados de la evaluación de la conformidad, y que a su vez deberá cumplir, principalmente, con los siguientes requisitos:

- El organismo de evaluación de la conformidad será un organismo independiente (tercero) de la organización que evalúe. Se puede considerar, de acuerdo con este Reglamento, al organismo de evaluación de la conformidad un organismo perteneciente a una asociación empresarial o una federación profesional que represente a las empresas que participan en

el diseño, la fabricación, el suministro, el montaje, el uso o el mantenimiento del producto evaluado, es decir toda la cadena de valor de un UAS, a condición de que se demuestre su independencia y la ausencia de todo conflicto de intereses.

- El organismo de evaluación de la conformidad, sus directivos y el personal responsable de la realización de las tareas de evaluación de la conformidad no serán el diseñador, el fabricante, el proveedor, el comprador, el propietario, el usuario o el encargado del mantenimiento del producto, ni el representante de una de esas partes, precisamente, para preservar el precepto de ausencia de conflicto de intereses en este sentido. Por ello, todos estos actores de dicho organismo no deberán efectuar ninguna actividad que pueda entrar en conflicto con su independencia de criterio o su integridad en relación con las actividades de evaluación de la conformidad respecto a las cuales sean notificados.
- En todo momento, respecto a cada procedimiento de evaluación de la conformidad y cada tipo o categoría de productos para los que haya sido notificado, el organismo de evaluación de la conformidad deberá disponer de personal cualificado y con experiencia suficiente para realizar estas tareas, así mismo, de los procedimientos que garanticen la transparencia distinguiendo las tareas que realice como organismo notificado de cualquier otra actividad.
- No menos importante, cabe mencionar que el personal del organismo de evaluación de la conformidad observará el secreto profesional acerca de toda la información recabada en el marco de sus tareas.

ETIQUETA DE CLASE PARA UAS Y MEDIOS DE CUMPLIMIENTO

Es importante destacar que se han establecido hasta 7 clases distintas de UAS. Cinco de ellas, para la categoría abierta (C0 a C4) y dos más para la categoría específica (C5 y C6) asociadas a dos escenarios estándar

desarrollados por la Comisión Europea para facilitar la solicitud de permisos y el análisis de seguridad correspondientes.

Al tratarse de un resumen de la propuesta de ponencia, cabe destacar que algunos detalles más específicos relacionados con los requisitos de cada una de las clases identificadas, así como los medios de cumplimiento correspondientes a cada una de ellas serán desarrollados de forma amplia durante la ponencia.

[1] Capítulo II: Sistemas destinados a ser utilizados en la categoría abierta y subsistemas de identificación remota. Sección 1: Requisitos aplicables a los productos

[2] Directiva de juguetes

[3] Directiva Europea de Máquinas

PALABRAS CLAVE

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD, EASA, ETIQUETA DE CLASE, MERCADO CE, UAS

S01-14

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LOS DRONES DE CARRERAS A PARTIR DE SU GEOMETRÍA

JOSÉ M. CASTIBLANCO QUINTERO
SERGIO GARCÍA-NIETO RODRÍGUEZ
Universidad Politécnica de Valencia

Los Drones diseñados para carreras son pequeños vehículos aéreos que desarrollan un alto rendimiento dinámico. Alcanzan velocidades relativamente altas, sus pequeños y potentes componentes electrónicos están soportados por un cuerpo no aerodinámico fabricado usualmente de un

material compuesto para agilizar su peso y así, minimizar los tiempos por vuelta. Lograr un rendimiento con dichas características es una muestra de los importantes avances científicos relacionados con las técnicas para controlar estos vehículos y sus componentes, por lo que el objetivo de esta ponencia se aleja de las técnicas de control y se centra en estudiar rigurosamente el diseño geométrico de su cuerpo-estructura. Se hizo una recopilación de diferentes estructuras de vuelo y fueron clasificadas en función de sus características geométricas. Sobre una pista de carreras fueron ubicados un conjunto de sensores de velocidad y tiempo, relacionando cada una de las estructuras con los resultados de dichos sensores. Para identificar una tendencia de diseño y establecer el aporte de la estructura al comportamiento dinámico en general del Drones de carreras, entonces, los resultados de las pruebas de vuelo fueron analizados en dos pasos: En primera instancia, mediante una técnica estadística conocida como diagrama de cajas y bigotes para reconocer la equivalencia de las estructuras según su comportamiento de velocidades y tiempos durante tramos rectos y con curvas. En segundo paso la información recogida de la telemetría de los modelos fue estudiada. Específicamente, las aceleraciones de los modelos destacados y equivalentes geoméricamente serán analizados para validar los comportamientos o tendencias encontradas.

PALABRAS CLAVE

ACELERACIÓN, DINÁMICA, DISEÑO DE ESTRUCTURAS, PRUEBAS DE VUELO, TELEMETRÍA

AEROELASTIC REDUCED ORDER MODEL FOR COMPOSITE MATERIAL WINGS

ANTONIO GIL MEGÍAS
LUIS MIGUEL GARCÍA-CUEVAS GONZÁLEZ
PEDRO MANUEL QUINTERO IGEÑO
ANDRÉS CREMADES BOTELLA
Universidad Politécnica de Valencia

INTRODUCTION

Aeroelastic calculations have been crucial in the design and optimization of structural components of UAVs. Traditionally, aeroelastic phenomena have been predicted using simplified theories as an equivalent section, due to the high computational cost associated with the solution of the coupled continuity equations for the solid and the fluid. In addition, the aerodynamic loads are usually simplified with potential and linear theories. The previous simplifications lead to a lack of accuracy when dealing with nonlinear aerodynamics: near stall, vortex shedding, bluff bodies... Moreover, the traditional section does not consider bending-twist coupling, as may appear in orthotropic materials. The present work tries to overcome the described limitations while maintaining a low computational cost. A Reduced Order Model (ROM) is developed. The solid physics are simulated by an orthotropic thin wall cross-section 1D beam. Relative to the aerodynamics, a hybrid method is used. This method combines the quasi-steady polar of the 2D section, the tip vortex effects of Prandtl Lifting Line Theory and a neural network to include the unsteady effects.

METHOD

The aeroelastic ROM can be divided in three main blocks: initialization, load estimation and coupled solver.

The initialization block contains the information relative to the initial and boundary conditions, as the initial position, velocity and accelera-

tion of the beam, its kinematic restrictions and the free stream definition. Moreover, this block reduces the cross-section of the beam into a stiffness, a mass and a damping matrices following Librescu's theory.

Aerodynamic loads are calculated as the quasi-steady forces corrected with the dynamic effects. The quasi-steady forces are interpolated from the 2D problem and corrected with the three dimensional effects applying LLT. The dynamic effects are calculated from a Feed-Forward Neural Network.

The coupled solver calculates the displacement, velocity and acceleration of the beam nodes by a modal transformation and truncation of the degrees of freedom. Then the nodal coordinates are recalculated and the time step is advanced.

RESULTS

For a certain aerodynamic surface and using the aerodynamic data calculated though CFD simulations and a neural network to include the dynamic aerodynamic effects, fiber directions are evaluated to optimize its dynamic behavior. The results of a laminated flat plate beam of two plies (carbon fiber and Styrofoam) show that a good selection of the fiber orientation can improve flutter velocity by a 12%. The code is also applied to a wing section allowing and restricting warping. The results evidence the influence of the fiber direction in the aeroelastic response.

DISCUSSION

Due the high stiffness to weight ratio of composite materials, their use in modern aircraft structures has been increased. A correct orientation of the fiber may take benefit from the bending-coupling effects of the section, increasing its dynamic limitations without weight penalty. This work provides a fast calculation tool to consider previous effects. In addition, the present work allows the user to also include nonlinear aerodynamics. Thus, structural behavior near stall conditions can be evaluated with a relative low computational cost.

KEYWORDS

AERODYNAMICS, AEROELASTICITY, COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS, NEURAL NETWORKS, REDUCED ORDER MODEL

S01-16

DEL DISEÑO A LA FABRICACIÓN. CÓMO LA IMPRESIÓN 3D TE PERMITE OPTIMIZAR AL MÁXIMO TU DISEÑO Y REALIZAR TODO EL PROCESO SIN DEPENDER DE TERCEROS

IRENE DÍAZ JIMÉNEZ

IÑAKI QUINTANA

Area Manager Additive Manufacturing at COMHER

DAVID BARRADO

CSE & AE at COMHER

MARTÍ SOLÀ

Sales & AE at COMHER

Los drones han sido percibidos como juguetes o como armas durante muchos años. Ha sido el espacio de un número muy limitado de aplicaciones hasta que, tras años de avances tecnológicos, se han convertido en soluciones comunes en los campos audiovisual, seguridad, ingeniería, espeleología, agricultura, transporte o rescates de emergencia, entre otros.

Podemos decir que la industria de los drones, muy ligada a la aeronáutica, es una de las que exigen mayor capacidad de innovación y flexibilidad a la hora de adaptar diseños a nuevas necesidades. También exigen que los componentes de dichos drones, ya en fase de producción, sean optimizados topológicamente para obtener reducciones de peso o mejoras en resistencia.

Y es, precisamente en este tipo de escenarios, donde la fabricación aditiva aporta soluciones únicas.

Es un hecho ampliamente aceptado que la incorporación de la impresión 3D a cualquier área de desarrollo e innovación ayuda a reducir plazos y a generar mejores soluciones. Por lo tanto, la capacidad de innovación de cualquier fabricante de drones que se apoye en la impresión 3D para la fabricación de prototipos y la realización de pruebas, logrará modelos más eficientes, optimizados, y terminará su desarrollo en menos tiempo.

Pero cuando llega el momento de convertir nuestro diseño, su prototipo, en un modelo comercial, necesitamos estudiar el proceso de fabricación que utilizaremos. ¿Qué proceso nos puede ofrecer la capacidad de fabricar series cortas o medias de diseños complejos optimizados topológicamente y con materiales resistentes y ligeros? La fabricación aditiva es la única tecnología que ofrece la solución a necesidades tan exigentes.

En el próximo INGENIADRON 2021, mostraremos como un ingeniero de COMHER diseña un dron, explicaremos qué elementos de dicho dron conviene fabricar con impresión 3D y cuáles no, qué materiales recomendamos para cada componente, y qué beneficios ofrece esta solución.

COMHER ofrece la tecnología que lleva años utilizándose en la fabricación de aviones comerciales en nuestro país. Esa misma tecnología tiene la ventaja de poder escalar fácilmente, tanto para crecer como para aplicaciones de menor envergadura. Por este motivo es la tecnología que servirá para abrir la puerta al ahorro en costes en fabricación y a la reducción de plazos en los ciclos de desarrollo de la próxima generación de drones.

PALABRAS CLAVE

ALTO RENDIMIENTO, DISEÑO 3D, DRON, DRONES, DRONES3D, FABRICACION ADITIVA, IMPRESION3D, MATERIALES LIGEROS, MATERIALES RESISTENTES, PIEZAS FUNCIONALES, PROTOTIPADO

CÓMO UNA MULTINACIONAL COMO PARROT DESARROLLA SUS DRONES

ANTONIO RUIZ Y FRANCISCO J. GALA
Origen

INTRODUCCIÓN

En la última década la industria de los drones ha experimentado una eclosión exponencial que ha permitido crear un suculento negocio más allá de los primeros UCAV, o los más sofisticados UAS. Fenómenos como la reducción de costes, la accesibilidad de los componentes, las posibilidades que ofrece la fabricación aditiva o la mejora en la experiencia de manejo han contribuido notablemente a ello.

Esta democratización del dron ha facilitado a su vez que aumente los diferentes usos que hoy le podemos dar a estas aeronaves, desde su uso de recreo por un coste irrisorio a los cada vez más diversos y cotidianos usos profesionales cómo la observación y vigilancia de cultivos o ganado, la documentación cartográfica, servicios logísticos o la atención y rescate de personas por citar sólo algunos ejemplos.

“PRÁCTICAMENTE CUALQUIER PERSONA PUEDE FABRICAR SU DRON HOY DÍA, PERO ¿CÓMO LO HACEN LOS QUE LLEVAN TIEMPO EN EL NEGOCIO? ¿QUÉ LES PREOCUPA Y CÓMO RESUELVEN SUS DUDAS DE INGENIERÍA?”

OBJETIVOS

Descubriremos cómo el ECOSISTEMA de soluciones de SOLIDWORKS, ha ayudado al desarrollo del Parrot BEBOP, desde la conceptualización y mejora de rendimiento, a la comercialización. Y cómo la multinacional se apoya en 3DEXPERIENCE® para la creación de sus nuevos modelos.

PALABRAS CLAVE

CAD, DISEÑO, OPTIMIZACIÓN, REDUCCIÓN DE PESO, SIMULACIÓN, TEST DE IMPACTO

S02

APLICACIONES / *APPLICATIONS*

GEOMÁTICA CON DRONES

MARCO ANTONIO ORTIZ SUAREZ

INTRODUCCIÓN

Los datos espaciales son de vital importancia en el desarrollo de proyectos basados en infraestructuras existentes, bien sean: civiles, arquitectónicas o medioambientales. Una de las áreas técnicas especializadas en esta temática es la GEOMÁTICA y la TOPOGRAFÍA.

Por todo ello y acorde al presente evento, exponemos el modo de aplicación del uso de drones en el área de la GEOMÁTICA y la TOPOGRAFÍA, en los proyectos de los que formamos parte, ofreciendo para los mismos una calidad centimétrica o milimétrica.

METODOLOGÍA

Como fase previa se diseña el plan de vuelo con drones acorde al proyecto demandado por el cliente. Posteriormente se diseña un muestreo de puntos de control en función de la geometría del elemento a modelar, bien sea un elemento antrópico o natural.

Posteriormente con el plan de vuelo definido en el exterior, bien sea en un entorno rústico o urbano, con las autorizaciones administrativas pertinentes según la zona aérea a volar, que puede clasificarse como: C.T.R., Urbana y/o Militar. Y actuando como piloto y operadora de drones autorizados por AESA, se procede a la obtención de la información por medio de los sensores instalados en el dron. Estos sensores pueden ser: lidar, rgb, multiespectral o térmica.

RESULTADOS

Actualmente venimos desarrollando proyectos de diversa índole, tanto los ámbitos de: la arquitectura, obra civil, las energías, agricultura, patrimonio histórico, turismo y videojuegos.

Cada área lleva una metodología concreta y específica pues cada una de ellas requieren de productos finales distintos. En unas áreas se requiere

una precisión geométrica que puede llegar a los 5 milímetros y en otras este factor no lo es tanto, donde se presta más atención a la componente artística.

En esta presentación nos centraremos más en la calidad geométrica del producto resultante mediante técnicas fotogramétricas obtenidas con vuelos no tripulados con drones.

Los trabajos y proyectos llevados a cabo han dado una diversidad de productos finales, como: modelados 3D, imágenes multispectrales para la agricultura, variación de fenómenos naturales o antropicos en el tiempo y ortofotos.

ANÁLISIS

Según las técnicas indicadas en los apartados anteriores se han obtenido diversos productos, pero los que más están destacando actualmente son: las ortofotos, los modelos digitales de superficie, los modelos digitales del terreno, los modelados 3D de infraestructuras, los mapas térmicos y las imágenes multiestpectrales.

Estos productos son de útil aplicación para:

- El análisis de cultivos (riego, plagas, variaciones de tierra, conteo de plantas, etc...)
- El análisis de la evolución de patologías en el ámbito de la obra civil, arquitectura y geotécnica.
- Modelados 3D para tecnología Building Information Modeling (BIM).
- Modelos digitales del terreno y modelos digitales de superficies.
- Difusión del Patrimonio histórico andaluz y español.
- Difusión de entornos naturales de especial interés.
- Planes de actuación medioambientales.
- Mapas térmicos para el ámbito de la eficiencia energética de edificios.
- Mapas térmicos para el análisis de pérdidas de calor en determinadas instalaciones industriales.
- El análisis de líneas de transporte de energía eléctrica y modelado 3D de torres de alta tensión.

PALABRAS CLAVE

GEO-DRONE

S02-02

**USO CONJUNTO DE LA FOTOGRAMETRÍA
TERRESTRE Y AÉREA PARA EL ESTUDIO DEL
PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO
DISEMINADO. EL CASO DEL MOLINO
DE CHARCÓN DEL SIGLO XVIII EN LA
PROVINCIA DE ÉCIJA**

EDUARDO ACOSTA
JORGE MOYA MUÑOZ
Universidad de Sevilla

El objetivo de esta comunicación es demostrar las ventajosas capacidades que tienen los drones para el estudio y preservación del patrimonio arquitectónico diseminado. El caso de estudio es un molino del siglo XVIII en Écija, una pieza de gran valor que se inserta en la red histórica de molinos oleícolas de la provincia. El molino de Charcón, situado estratégicamente en las inmediaciones de un cauce fluvial y en medio de la campiña astigitana, representa en la actualidad un modelo de gran interés patrimonial por un doble aspecto. El primero de ellos es que apenas ha sido alterado morfológicamente, lo que facilita la identificación espacial de todas sus estancias originarias, tanto de la almazara como de sus dependencias auxiliares. En segundo lugar, y quizás más importante, es que representa un modelo de gran interés a nivel constructivo: erigido mediante diferentes sistemas de construcción y de ornamentación representativas de la arquitectura culta sevillana, no tan común y extendida en este tipo de edificaciones.

Se plantea por tanto la necesidad de obtener una planimetría precisa y a escala del molino, donde se pudiese además reconocer su diversidad constructiva. Todo ello con una importante limitación: el levantamiento debía valerse de técnicas no intrusivas dado el estado avanzado de degradación del objeto arquitectónico. Debido a estos condicionantes se optó por un levantamiento fotogramétrico. Se emplearon dos técnicas complementarias: fotogrametría terrestre y fotogrametría aérea mediante UAV. El modelo tridimensional resultante y la metodología que exponemos en esta comunicación han servido para profundizar en el estudio pasado y actual de estos molinos. Constatamos aquí la idoneidad del dron para el levantamiento arquitectónico de este tipo de obras por su capacidad de abarcar espacios inaccesibles, por la precisión métrica y paramental que nos ofrece y por su bajo coste.

PALABRAS CLAVE

DRONE, FOTOGAMETRÍA AÉREA, FOTOGAMETRÍA TERRESTRE, MOLINO ACEITERO, PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

S02-03

PROYECTO ERASMUS + NEW SKILLS DEVELOPMENT IN PRECISION AGRICULTURE (PRE-AGRI)

ANA MARÍA FORTES BARRAL
Inercia Digital

La Industria 4.0 es un concepto amplio, así como una nueva tendencia en la industria manufacturera (y otros sectores relevantes) basada en la integración de un conjunto de tecnologías que permiten crear ecosistemas de fábricas inteligentes, autónomas y descentralizadas y productos y servicios integrados (C. Santos, 2017). La tendencia de la Industria 4.0 está alterando las capacidades de producción de todas las industrias,

incluido el sector agrícola. Se basa en una variedad de tecnologías digitales: Internet de las cosas, Big Data, Inteligencia artificial y las prácticas digitales: cooperación, movilidad, innovación abierta. Se trata de una transformación de las infraestructuras de producción como granjas "conectadas", nuevos equipos de producción y equipos "conectados". El objetivo es permitir tanto el aumento de la productividad y la calidad como la protección del medio ambiente. Pero también crean modificaciones en la cadena de valor y modelos de negocio, haciendo más hincapié en la recopilación, el análisis y el intercambio de conocimientos. La agricultura de precisión es la metodología básica que se utiliza en la definición de la digitalización de la agricultura.

El principal obstáculo para la adopción de la Metodología de la Agricultura de Precisión es la habilidad de los agricultores para invertir y mejorar sus métodos de producción. La mano de obra en la agricultura está envejeciendo, con más del 56% sobre 55 en Europa (Euractiv, 2016). Por lo tanto, las habilidades digitales de la mano de obra son limitadas y requieren una inversión adicional en formación para incorporar las tecnologías.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, los miembros del consorcio del proyecto Pre-Agri decidieron que este contribuirá al desarrollo de una plataforma de aprendizaje electrónico como herramienta digital para satisfacer las necesidades de los interesados en la agricultura en lo que respecta a su educación y formación, en lo que se refiere a la incorporación de aplicaciones de Agricultura de Precisión en sus granjas.

El propósito del proyecto es ayudar a los agricultores y otros interesados en la agricultura a reevaluar sus necesidades agrícolas utilizando la Agricultura de Precisión como instrumento de desarrollo en la línea con las tendencias internacionales del sector. El proyecto actual se dirige principalmente a los siguientes grupos destinatarios:

1. Los agricultores
2. Personal técnico en la producción rural
3. Consultores agrícolas / Agrónomos
4. Formadores de EFP especializados en desarrollo rural

Los objetivos del proyecto se centran en

1. El fomento de los agricultores y el personal técnico que trabajan en la producción rural para que se enfrenten a las técnicas y metodologías más actualizadas relativas a la agricultura digital y, más concretamente, a la agricultura de precisión.
2. La elaboración del programa de estudios (conocimientos y aptitudes) de los instructores y consultores del sector agrícola sobre las aplicaciones de la agricultura de precisión.
3. La introducción de metodologías y aplicaciones innovadoras para los agricultores de acuerdo con el progreso tecnológico moderno y la reforma de las directrices institucionales en las políticas europeas y las sugerencias internacionales.
4. La puesta en marcha de una plataforma digital de aprendizaje sobre la agricultura de precisión, que será un instrumento útil para los instructores de formación profesional en materia de educación y enseñanza, incorporando los efectos del proyecto en sus sesiones. La plataforma de aprendizaje digital y el manual que la acompaña se elaborarán para que sirvan de medio de utilidad a los instructores de enseñanza y formación profesional, proporcionándoles una nueva metodología de enseñanza durante su proceso de formación.

PALABRAS CLAVE

AGRICULTURA DE PRECISIÓN, PROYECTOS EUROPEOS

S02-04

APPLICATIONS OF UAV FOR PAVEMENT MANAGEMENT

MARCO LIMONGIELLO

The monitoring of pavement distress takes a key role with respect to the functionality of a road structure, which is necessary to schedule mainte-

nance works, optimizing the available resources. Due to the high payload capacity and to the weight loss, nowadays, the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) systems are having a great success in the infrastructure field. To evaluate the surface condition, it is possible to use 3D models obtained through UAV data. Different solutions exist on the market and research program that are pushing for faster and more economical solutions using the innovative technology of surveying and data computation. The research aims to compare the rough measurements of the surface of the road, obtain through the standard methods and UAV data. We conducted a test on a portion of an urban local road network, the straight stretch of road is approximately 200 meters long, inside the University Campus of Salerno. The test area has different types of pavement distress, good enough for a validation test. The potential of small size and weight UAV system (DJI Mavic 2 Pro) was analyzed. In photogrammetric flight plane, different flight heights were set. The UAV was set to a target altitude of 10, 15, 20 and 25 meters, above the point of take-off (road surface) in order to obtain different resolutions (2,3,5 and 6 mm respectively) and analyze the differences. For the comparison, a reference roughness measurement was carried out using the Static Level Method, according to ASTM E1364. The estimated Roughness was conducted using the International Roughness Index (IRI). The analyses were carried out on four different part of tire tracks, taking into account the vehicles generally travelling on that route. The results showed a good correlation ($r > 0.75$), particularly that the best results were obtained from the photogrammetric flights at 10- and 15-meters flight heights. Even more so, it is possible to notice that the differences are not very significant; the results dictated by IRI place the different surfaces in the same classes of judgment.

KEYWORDS

IRI, PAVEMENT MANAGEMENT, UAV

RPAS EN INCENDIOS FORESTALES. EXPERIENCIA Y VISIÓN DESDE INFOCA

JAVIER NIÑO ORTI

Se desarrolla las particularidades del uso de RPAs en emergencias por incendios forestales.

Describiendo la operatividad de las distintas misiones, tipos de RPAs adecuados, normativa bajo la que se opera, sensores, productos y su interfaz con el resto del dispositivo.

Se detallarán las experiencias hasta hoy del uso de RPAs por el dispositivo INFOCA y la visión que se tiene sobre los retos para los próximos años.

PALABRAS CLAVE

EMERGENCIAS, INCENDIOS FORESTALES, RPA

SOLUCIÓN CLOUD DE ARCGIS PARA EXPLOTACIÓN DE DATOS DE DRONES EN EL SECTOR AEC

ESRI ESPAÑA

La propuesta de ponencia muestra el uso de soluciones cloud del sistema ArcGIS para la captura, procesamiento y difusión de datos capturados por drones en diferentes campos dentro del sector AEC, por ejemplo, obra civil y construcción para control y movimiento de tierras, excavaciones, avance en la construcción e incluso en el ámbito de la minería,

entre muchas otras. El caso concreto que vamos a exponer es el seguimiento y evolución de la explotación de una mina a cielo abierto.

MÉTODO

El método empleado para llevar a cabo este seguimiento se centra en el uso de la solución cloud SiteScan del sistema ArcGIS de Esri. Esta solución permite llevar a cabo las siguientes tareas:

- Planeamiento y ejecución de los vuelos.
- Gestión de la flota de drones.
- Gestión de GCPs, así como documentos y planos auxiliares para dar apoyo.
- Procesamiento de los datos capturados durante el vuelo.
- Generación de productos 2D, tales como ortomosaicos, modelos digitales de elevaciones, ya sean modelos digitales del terreno y modelos digitales de superficies, y curvas de nivel.
- Generación de productos 3D, tales como nubes de puntos y mallas y texturas 3D.
- Difusión de los productos 2D y 3D a través de aplicaciones web que permiten visualizar mapas en 2D y escenas 3D

RESULTADOS

Los resultados permiten llevar a cabo la monitorización y seguimiento de los trabajos realizados en la explotación minera. Mediante la interfaz web de la solución cloud SiteScan se puede consultar la información y realizar tareas de análisis:

- Visualización de ortomosaicos, modelos digitales de elevaciones y curvas de nivel.
- Consulta de fotogramas, puntos de control capturados en el terreno y archivos auxiliares como planos georreferenciados.
- Cálculo de posiciones de puntos y mediciones de líneas y áreas.
- Comparaciones temporales entre vuelos realizados en diferentes fechas

- Visualización de nubes de puntos e identificación de posiciones de puntos, mediciones lineales, poligonales, angulares y perfiles del terreno.
- Visualización de mallas y texturas 3D.
- Integración con datos BIM

Los productos de valor añadido procesados a partir de las imágenes de drones se pueden descargar en diferentes formatos para su posterior análisis y se pueden compartir con otros usuarios de una manera rápida y sencilla a través de ArcGIS Online. Además, todos estos productos se pueden integrar en visores web de mapas y escenas, y se complementan con herramientas de monitorización como los Cuadros de Mando de ArcGIS Online, que permiten tener una visión en conjunto del avance del proyecto AEC que se desee acometer.

DISCUSIÓN

La solución cloud SiteScan permite ahorrar a las empresas y organizaciones el tiempo de procesamiento y el dinero necesario invertido en arquitecturas on-premise, así como su gestión y mantenimiento a lo largo del tiempo

PALABRAS CLAVE

AEC, ARCGIS, BIM, DRONES

S02-07

GEOMOTIONVIDEO. EMPLEO DE VIDEO EN DIVERSOS SECTORES

LUIS MURAT SALINERO

INTRODUCCIÓN

La utilización de videos obtenidos desde diferentes dispositivos, como por ejemplo drones, y la información contenida en ellos, es cada vez más

abundante y de mayor calidad. No obstante, en la mayoría de los casos se almacenan y no se explotan sus posibilidades al máximo. Su consulta se convierte en una tarea laboriosa y de elevado empleo de tiempo.

MÉTODO

Con el empleo de las nuevas tecnologías se ha desarrollado la plataforma GeoMotionVideo añadiendo nuevas capacidades, aprovechando la importante información contenida en los videos y con la posibilidad de compartirlo con diferentes usuarios, clientes, o miembros del equipo. A todo lo anterior se le puede añadir la capacidad colaborativa de la plataforma, con lo que las posibles utilidades son infinitas.

RESULTADOS

Sectores en los que se está utilizando GeoMotionVideo:

Turismo

Utilizando cualquier tipo de video, ya sea tomado desde un drone, un avión, desde un coche, con una cámara GoPro, utilizando nuestro teléfono móvil, etc.

Es posible mostrar interesante información sobre lugares de interés que ayuda a los viajeros, publicidad sobre las rutas, monumentos, puntos a visitar, información sobre la flora y fauna de una ruta, etc.

Tareas de mantenimiento

Resulta muy útil para marcar lugares en donde hace falta la intervención en labores de mantenimiento y reparación, así como marcar zonas donde hay falta de señalización para tráfico, aparición de óxido en grandes grúas en infraestructuras portuarias, líneas eléctricas, etc...

Ingeniería

Poder disponer de información actual consultada desde cualquier ubicación en remoto, aporta una gran ayuda, tanto en labores de gestión de un proyecto de ingeniería, evitando en ocasiones el desplazamiento a la instalación u obra para ver el avance actual, como a la hora de estimar labores a realizar. Se puede disponer de un histórico en formato video

del avance de la obra, del estado de conservación de una infraestructura, etc...

Deportes al aire libre

La utilización en multideportes al aire libre permite poder tener las rutas geolocalizadas de los trayectos realizados, aportando cualquier tipo de información de ayuda a los deportistas, como advertencias de los tramos, servir de repositorio de imágenes también geolocalizadas a través de las etiquetas con los momentos más destacados.

Emergencias

En intervenciones de emergencias o cuerpos y fuerzas de seguridad del estado, es de gran ayuda poder disponer de información de este tipo para comprobar si la intervención ha sido óptima o en qué aspectos mejorar, de cara a despliegues futuros, coordinación ante un evento concreto, tareas indoor, etc.

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Podemos disponer de toda la información de interés geolocalizada en un mapa a través de dinámicas anotaciones que pueden incluir información completa sobre los activos de nuestra organización, elementos de interés, puntos de observación, daños en infraestructuras, zonas que precisan de reparación, zonas peligrosas, etc. Toda esta información puede ser consultada rápidamente vía web sin tener que instalar ningún software o aplicación y pudiéndola compartir públicamente o de manera restringida, según sean nuestras necesidades.

PALABRAS CLAVE

DRONES, EMERGENCIAS, RPAS, UAV

VERIFICACIÓN DE RADIOAYUDAS CON RPAS

IVÁN BENEYTO RODRÍGUEZ

INTRODUCCIÓN

Las radioayudas utilizadas en Navegación Aérea tienen que ser calibradas en vuelo regularmente para garantizar que la señal que proporcionan está dentro de los límites de tolerancia establecidos por OACI.

Actualmente, las calibraciones en vuelo se realizan con aeronaves equipadas con consolas de calibración para registrar y analizar la señal y llevan a bordo, además de la tripulación, a operadores de consola especializados.

La realización de calibraciones en vuelo mediante **RPAS** puede **facilitar la planificación** y gestión de estas calibraciones para los ANSP, además de **abaratar notablemente los costes** y permitir realizar vuelos de ingeniería para probar los efectos de los ajustes propuestos en los equipos.

MÉTODO

Para recoger la señal RF procedente de las radioayudas se necesita de un dispositivo pequeño y ligero, fácilmente integrable en un RPAS. Los dispositivos **SDR** (“*Software Defined Radio*”) cumplen con estos requisitos permitiendo, además la configuración de sus parámetros de recepción mediante software (frecuencia, muestreo, ancho de banda, etc.)

La recepción de la señal RF se realizará a través de una antena adaptada a las frecuencias de trabajo y a la polarización utilizada por las radioayudas.

A su salida, la SDR nos proporciona la señal de RF digitalizada, por lo que se necesita de una **microcomputadora** capaz de recoger y analizar estos datos. Además, debe estar equipada con un **software desarrollado específicamente** para el análisis de este tipo de señales, extrayendo de ellas la información necesaria para la calibración.

En la arquitectura empleada por INECO, todos estos componentes se encuentran embarcados en un **octocóptero coaxial**, capaz de soportar gran peso y con una autonomía de hasta media hora. Además, este RPAS, necesita disponer de una fuente de navegación extremadamente precisa, ya que los parámetros de las radioayudas se encuentran relacionados con la posición. Por ello, este octocóptero está equipado con un sistema **RTK** (“*Real Time Kinematic*”) capaz de proporcionar una precisión con un error inferior a 1 metro.

Los **resultados son visualizados** a través de una herramienta desarrollada por INECO, que permite visualizar los parámetros calculados junto a la posición del RPAS (**en 3D**) de manera sencilla e intuitiva tanto en **tiempo real** como en post-procesado.

RESULTADOS

Hasta la actualidad, Ineco ha realizado numerosas **pruebas en entorno real**, verificando radioayudas como VOR (“*Very-High-Frequency Omnidirectional Range*”) e ILS (“*Instrument Landing System*”), donde se han realizado vuelos radiales, verticales, horizontales, órbitas y aproximaciones en función del tipo de radioayuda.

Los resultados obtenidos se han encontrado dentro de los rangos establecidos por OACI más del 95% del tiempo, cumpliendo así la normativa actual. Con lo cual, se ha validado la arquitectura empleada en entorno real, estableciéndose un nivel de **madurez TRL7**.

DISCUSIÓN

Esta tecnología se encuentra preparada para entrar en funcionamiento como un **servicio de mantenimiento**, que permita comprobaciones puntuales y un espaciado entre vuelos de calibración.

A día de hoy, no es posible sustituir por completo los vuelos tripulados, ya que la **autonomía de los RPAS es limitada** y no existe una **integración con la aviación convencional**.

PALABRAS CLAVE

ILS, RADIOAYUDAS, RPAS, SDR, UAV, VOR

EL USO DE LOS DRONES, UNA HERRAMIENTA EFICAZ Y PRECISA EN LA CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE ZONAS CON GRAN VARIABILIDAD HIDROLÓGICA

CARLOS A. PUIG-MENGUAL

*Institut d'Investigació per a La Gestió Integrada De Zones Costaneres (IGIC),
Universitat Politècnica De València (UPV), Grau De Gandia, Valencia, España.
Miembro Asesor-Colaborador de la Junta Delegada Territorial de la Comunidad
Valenciana y Región de Murcia del Ilustre Colegio Oficial de
Ingeniería Geomática y Topográfica*

JUAN PABLO NAVARRO BATET

*Gerente Territorial en la Comunidad Valenciana y Región de Murcia del Ilustre
Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica*

INTRODUCCIÓN

La irrupción de los drones en el mundo científico está llevando al desarrollo de numerosas aplicaciones basadas en la información que estos dispositivos pueden llegar a capturar. Uno de los numerosos ejemplos es el modelado de la topografía del lecho de un río y su caracterización geomorfológica. Los procesos hidráulicos y la dinámica asociada que pueden llegar a sufrir los ríos, ramblas, barrancos, y demás accidentes geográficos relacionados definen la necesidad de modelar su comportamiento. Los drones nos permiten obtener imágenes a baja altura, obteniendo productos con una resolución espacial mucho más alta comparada con las que tradicionalmente se trabajaba, imágenes aéreas o satelitales. Además, este tipo de aeronaves nos aportan una mayor autonomía a la hora de llevar a cabo vuelos y captura de imágenes, mejorando la resolución temporal y siempre planteando una reducción de costes muy significativa con respecto a otras técnicas. Los datos capturados nos permiten analizar y cuantificar los cambios físicos a lo largo del tiempo. La modelación y cuantificación de procesos como la erosión o la sedimentación y la evaluación de las características hidráulicas del flujo dominante en estas zonas naturales de escorrentía nos aportan una información clave.

MÉTODOS

A partir de un vuelo fotogramétrico con dron previo a un suceso de crecida de importante magnitud y repitiendo ese mismo vuelo una vez ha sido amortiguado el flujo de agua y sedimentos por el escenario de estudio, hemos analizado la dinámica erosión-sedimentación que ha sufrido el área. Se generaron los modelos digitales del terreno y la nube de puntos densa clasificada a partir de técnicas Structure from Motion (SfM). Con estos datos precisos y georreferenciados se pudo analizar el comportamiento de la zona de escorrentía por la que discurrió el caudal y entender los patrones y dinámica en la deposición y transporte de sedimentos.

RESULTADOS

A partir del modelo de elevación digital de diferencia topográfica (DoD) podemos definir cuáles han sido las áreas más expuestas a ser erosionadas y cargar de material sedimentario la escorrentía a lo largo de la red de drenaje. De igual forma las zonas que han tendido a la sedimentación también han sido delimitadas y hemos podido cuantificar su efecto. También la comparativa de los perfiles longitudinales previos y posteriores al suceso nos muestra como se ha comportado la zona de estudio.

DISCUSIÓN

El uso de los drones en la modelación geomorfología y el cálculo de variables fundamentales para el análisis de la hidráulica y los hábitats fluviales son la base para la aplicación de técnicas de modelado de hábitats. El poder modelar el hábitat fluvial con variables bien definidas nos ayudará a alcanzar un resultado y conclusiones aceptables, con las que podremos llevar a cabo medidas de control, restauración y conservación de estos espacios.

PALABRAS CLAVE

GEOMORFOLOGÍA, MODELOS DIGITALES DEL TERRENO (MDT), SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), TOPOGRAFÍA

RELACIÓN DE CONTENIDO DE NITRÓGENO Y DATOS UAV-HIPERESPECTRALES EN CULTIVO DE ESPINACA

FRANCISCO JAVIER MESAS CARRASCOSA
NATIVIDAD LUQUI MUÑOZ
ALFONSO GARCÍA-FERRER
FERNANDO PÉREZ PORRAS
Universidad de Córdoba

Las imágenes hiperespectrales son una excelente herramienta no destructiva para la monitorización de cultivos durante su ciclo fenológico. El objetivo de este trabajo es evaluar las relaciones entre índices de vegetación derivados de un sensor hiperespectral en una plataforma de vuelo aérea no tripulada (UAV) y el contenido de nitrógeno en el cultivo de espinaca. En este estudio se han realizado un total de cuatro vuelos empleando un sensor Nano-Hyperspec (Headwall Photonics), cubriendo un rango espectral entre 400 y 1000 nm, presentando una resolución espectral igual a 274 bandas espectrales, siendo embarcado éste en una plataforma UAV DJI Matrice 600 pro. La campaña de vuelo se realizó entre diciembre 2019 y febrero 2020, volando a una altura de vuelo de 50 metros sobre el terreno. El diseño experimental consistió en 16 micro-parcelas distribuidas en cuatro tratamientos de abonado nitrogenado, repartidas en bloques al azar, con cuatro repeticiones cada uno. De cada una de las micro-parcelas se tomaron dos muestras de cultivo para determinar posteriormente en laboratorio su contenido de nitrógeno. Una vez procesados los datos de uno de los vuelos UAV se obtuvo un cubo hiperespectral de la zona de estudio. A partir de éste se calculó la diferencia normalizada entre cada dos bandas espectrales, obteniendo un total de 37401 índices de vegetación normalizados diferentes en cada vuelo. Posteriormente, se analizó la relación estadística a nivel de tratamiento entre los índices de vegetación y el contenido de nitrógeno en el cultivo. Los resultados obtenidos mostraron como aparecen dos diferencias normalizadas que muestran siempre una relación significativa con el contenido de nitrógeno en el cultivo.

Los resultados preliminares obtenidos muestran como el uso de sensores hiperespectrales embarcados en plataformas áreas no tripuladas son una herramienta útil para el seguimiento del cultivo a lo largo de su ciclo fenológico. Además, la selección de unas determinadas longitudes de onda dentro del espectro electromagnético ofrece la posibilidad de estimar el contenido de nitrógeno en el cultivo de espinaca a través de una diferencia normalizada entre ellas, permitiendo diseñar sensores multi-espectrales con estas longitudes concretas, con un menor coste económico y adaptados a necesidades concretas.

PALABRAS CLAVE

ESPINACA, HIPERESPECTRAL, NITRÓGENO

S02-11

INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS GEOMÁTICAS PARA LA DOCUMENTACIÓN PATRIMONIAL. CASO DE ESTUDIO: ANTIGUO VARADERO PÚBLICO DE VALENCIA (ESPAÑA)

ANGEL COLLADO

RICCARDO FERRI

FLORENT GOMBERT

ROMAIN ZANON

Universidad Politécnica de Valencia

En el **siglo XXI** y desde finales del siglo XX, la conservación y la preservación del patrimonio ha tomado una relevancia importante, produciéndose un auge en el interés de la sociedad en todo el **patrimonio cultural**, así como los profesionales que se dedican a ello.

Es por ello, que es inevitable entender el “*ciclo patrimonial*”, el proceso por el cual se forja un compromiso de la sociedad entorno al patrimonio

cultural existente y como hacer que el pasado sea parte de nuestro futuro. Dicho ciclo describe las etapas fundamentales del pensamiento actual respecto a la conservación del patrimonio. Se trata de **entenderlo**, ya que a través del entendimiento del patrimonio cultural la gente le puede dar un valor; **valorarlo**, ya que, al valorar ese legado cultural, las personas desean conservarlo; **cuidarlo**, ya que al cuidar y conservar todo ello la gente quiere disfrutarlo y contemplarlo; y **disfrutarlo**, ya que al disfrutar, observar y deleitarse con el patrimonio cultural se genera un deseo de entender dicho patrimonio. Un ciclo circular que se retroalimenta continuamente y se ayuda de las sinergias generadas.

En dicho ciclo, aquello que nos incumbe a los **ingenieros geomáticos** es la puesta en valor del patrimonio de forma que generemos productos en el ámbito métrico y gráfico de alta calidad para la sociedad.

El objetivo del presente trabajo es documentar gráfica y métricamente el edificio del **Antiguo Varadero Público de Valencia** de 1914 del arquitecto-ingeniero Federico G. de Membrillera, situado en la zona de la Marina, en el Puerto de Valencia.

Dicho objetivo se alcanzará a través de diversas **técnicas geomáticas** de adquisición, tratamiento y visualización de la información geoespacial, en este caso, aplicadas a la documentación patrimonial arquitectónica. Dichas técnicas son las del croquizado, la **fotogrametría aérea** con dron, para poder capturar el techo o zona alta del edificio; y el **láser escáner terrestre** (TLS) para el resto de la edificación.

Estas técnicas permiten obtener productos gráficos y métricos finales como, en nuestro caso, son un **modelo 3D** generado por la fusión de las técnicas de fotogrametría y lasergrametría; y diversas planimetrías, entre otros. Todo el proyecto se ha difundido a través de la creación de un **geoportal web** y en un **vídeo promocional** que se ha compartido por las redes sociales.

Después de realizar todas las tareas necesarias para documentar el edificio del Antiguo Varadero Público de Valencia, concluimos que se han podido aplicar todos los conocimientos geomáticos, en el ámbito fotogramétrico, lasergramétrico y cartográfico; así mismo, hemos visto que, aunque se haga un buen trabajo, si éste no se difunde y comparte a la

sociedad, es como si no hubiese sido hecho y, por ello, hemos creado un geoportal web que ha reunido todos los productos generados. Finalmente, como conclusión principal del proyecto expuesto, es que, gracias al trabajo de documentación gráfico y métrico realizado por los ingenieros geomáticos, al Antiguo Varadero Público de Valencia se le podrá dar un valor patrimonial que permitirá iniciar el ciclo patrimonial expuesto anteriormente.

PALABRAS CLAVE

FOTOGRAMETRÍA AÉREA, GEOMÁTICA, LÁSER ESCÁNER, PATRIMONIO, VALENCIA

S02-12

EXPERIENCIAS Y CASOS DE ÉXITO EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS CON LIDAR EMBARCADOS EN RPAS

ALEJANDRO ÁVILA

El propósito de la presente ponencia es el de poder divulgar y dar a conocer la tecnología LiDAR embarcada en RPAS, con experiencias y casos reales realizados en 3 años.

Sin lugar a dudas, este tipo de soluciones son una herramienta única e innovadora para una variedad de aplicaciones.

Desde el año 2017, en AEROMEDIA UAV venimos dando servicios con este tipo de tecnología y además somos distribuidores en España y Portugal de PHOENIX LIDAR SYSTEMS.

Gracias a este know-how, conocemos a la perfección las ventajas e inconvenientes del empleo de este tipo de tecnología embarcada en drones.

Hemos realizado trabajos en diversas partes del mundo, destacando: Nicaragua (240 km para repotenciación de LLEE) Armenia (15000 has para futuro Parque Eólico) Croacia (1000 Has para PFV) Angola (500 Km para futuras LLEE) y en España tenemos diversos contratos marco para realizar topografía en futuros PFV y PPEE.

En nuestra presentación hablaremos de nuestras experiencias y de cómo vemos el futuro de cara a este tipo de trabajos de topografía con LiDAR embarcado en RPAS.

PALABRAS CLAVE

INGENIERIA, INSPECCION, LIDAR, PROYECTOS, RENOVABLES, RPAS, TOPOGRAFÍA

S02-13

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE COSTA PERUANA CON USO DE UN RPAS

RICARDO OLIVER UNZUETA BONIFACIO

YESSICA BEATRÍZ DEBO MONTERO

*Escuela Internacional de Doctorado en estudios del Mar de la
Universidad de Cádiz*

IVÁN TALAVERA LÓPEZ

Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú

JUAN JOSÉ TERRY GUILLÉN

Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú

El presente trabajo se centra en el análisis comparativo de dos métodos orientados a la elaboración de cartografía náutica que se desarrolla en un ámbito costero, el método clásico o convencional y el método con empleo de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS por sus siglas en inglés).

El método convencional consiste en mediciones con equipamiento topográfico que determina las características de una zona, este tipo de tra-

bajo está limitado por la geomorfología del lugar, por ejemplo, la presencia de acantilados o enrocamientos que vuelven inaccesible el ingreso de personal a la zona de trabajo. El método alternativo con el que se emplea el RPAS consiste en usar un dron que vuela por encima del área de trabajo, durante el vuelo se registran fotos georreferenciadas (fotogrametría) y altimetría, generando ortofotos por cada vuelo realizado.

El trabajo se realizó para determinar la línea de más alta marea (LAM) y la línea de costa, dentro de las actividades hidrográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación que permitió medir la efectividad del uso de un método alternativo, en este caso un levantamiento topográfico con el uso de un RPAS.

Se realizó una comparación entre dos tipos de metodologías para identificar el nivel de error, por ello, se hizo un levantamiento topográfico convencional y otro con el uso de una RPAS, durante el mismo mes y en la misma zona. La prueba se realizó en una playa con pendiente suave constituida de arenas y con variaciones topográficas mínimas considerando que un terreno plano debería mostrar el menor error entre ambos métodos.

La zona seleccionada posee hitos georreferenciados al sistema nacional, el trabajo de campo (metodología convencional) se realizó del 20 al 22 de agosto con una cuadrilla de 6 personas, la metodología con uso del RPAS se realizó el día 26 de agosto con una cuadrilla de 3 personas.

La comparación entre metodologías se dividió en 4 partes: planteamiento previo a la salida de campo, levantamiento topográfico, tiempo y procesamiento de la data y finalmente la exactitud del resultado. El producto final fue obtener la LAM y el perfil de costa.

Se observaron errores de ± 0.05 m en la LAM, en el perfil de costa el error fue de ± 0.0385 m. Considerando que la Organización Hidrográfica Internacional (OHI) acepta el error de hasta 10 m en los perfiles de costa en cartas náuticas a escala 1:5 000 (Norma S-44) los errores encontrados con el uso del RPAS están dentro del rango permitido en levantamientos topográficos para realizar cartas náuticas.

El uso de un RPAS evita exponer al personal a realizar levantamiento en zonas inseguras, inestables o inaccesibles, sin embargo, un RPA no reemplaza el trabajo de una brigada. El RPAS tiene como limitante la autonomía, rango de operación, características del terreno para el despegue y condiciones climatológicas.

PALABRAS CLAVE

LINEA DE COSTA, PERÚ, RPAS, TOPOGRAFÍA

S02-14

ESTUDIOS PRELIMINARES DE LAS MURALLAS DE TAPIA DEL CASTELLÓN DE OLÍAS: LEVANTAMIENTO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA AÉREA Y TERRESTRE

JORGE MOYA MUÑOZ

El Castellón de Olías, construido entre los siglos X y XIII es una de las diversas fortificaciones que conformaba el sistema de defensa del sector nororiental del Reino nazarí de Granada. Situada en torno al Valle del Almanzora, dentro del actual municipio almeriense de Oria, tuvo un carácter de salvaguardia del núcleo de población de su alquería. Su enclave estratégico se relaciona con la acusada topografía del terreno en el que se asienta, caracterizado por la presencia de grandes rocas. Precisamente estos aspectos del relieve determinan una de las particularidades de esta fortificación de planta topográfica: parte de la estructura de defensa la conformaba la acusada pendiente de las rocas y, para las zonas abiertas se construyeron unas murallas que permitían cerrar el recinto fortificado. En la actualidad, estas estructuras murarias de tapia sufren un lógico proceso de degradación asociado a construcciones cuyo material principal es la tierra. Este aspecto, junto con el hecho de que no existe a día de hoy una planimetría de la fortificación hacen de especial

interés su levantamiento planimétrico, situándose como el objetivo principal de la presente comunicación. Para la obtención de la información es preciso acceder a todos los lienzos de muralla en todas sus caras. Si bien el acceso al interior es posible, la toma de datos de las partes altas de la muralla (de unos 5m de altura) son difíciles por lo que habría que acudir a sistemas auxiliares para acceder a estos puntos. Además, el carácter defensivo de las murallas hace que lógicamente extramuros sea difícil en muchos casos o incluso imposible aproximarse ni siquiera a la base de la fortificación donde la pendiente del terreno es abrupta. Ante esta dificultad se opta por la utilización de una cámara integrada en un dron que de manera complementaria a la cámara de mano permite obtener una secuencia de fotografías del recinto amurallado. Estas imágenes son procesadas posteriormente mediante el programa informático Agisoft Photoscan obteniendo una nube de puntos que conforma el modelo tridimensional del Castellón. Desde este modelo 3D se obtienen como resultado todas las vistas diédricas para definir completamente las murallas a partir del programa de diseño gráfico Autocad 2020. Esta información además supone una base gráfica fiable a partir de la cual poder realizar trabajos de caracterización tipológica-constructiva de la muralla, de identificación y localización de lesiones de sus lesiones, articulando posibles intervenciones de consolidación, o bien desarrollar un modelo de información patrimonial HBIM.

PALABRAS CLAVE

CASTELLÓN DE OLÍAS, DRON, FOTOGRAMETRÍA, LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO, MURALLA DE TAPIA

CARACTERIZACIÓN DE LAS ENVOLVENTES DE LOS EDIFICIOS DE UN ÁMBITO URBANO MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TIGS). APLICACIÓN EN CORNELLÁ DE LLOBREGAT (BARCELONA)

EMILIA ROMÁN LÓPEZ

Dra. Arquitecta. Universidad Politécnica de Madrid

GUSTAVO ROMANILLOS ARROYO

Arquitecto Doctor en Geografía. Universidad Complutense de Madrid

GLORIA GÓMEZ MUÑOZ

Dra. Arquitecta

INTRODUCCIÓN

La rehabilitación de las viviendas existentes es uno de los retos que debe abordar de manera urgente nuestro país, tanto para reducir el impacto ambiental de estas edificaciones derivado de su ineficiencia energética, como para mejorar su habitabilidad y la calidad de vida de los ciudadanos.

Teniendo en cuenta el elevado número de viviendas susceptibles de una rehabilitación integral, la incorporación de Tecnologías de Información Geográfica (TIGs) como, por ejemplo, en la toma de datos para el diagnóstico y análisis de la envolvente, supone un avance para agilizar y mejorar el proceso de redacción de proyectos y ejecución de las obras.

MÉTODO

Este trabajo tiene como objetivo definir una metodología para la caracterización, análisis y diagnosis del estado de las envolventes de los edificios de un ámbito urbano, a través del uso de Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs) y vuelos con aeronaves no tripuladas. El objetivo final es evaluar las oportunidades de incorporar estas nuevas tecnologías en los procesos de estudio y análisis de los edificios existentes,

necesarios para acometer obras para su mejora a través de las actuaciones de rehabilitación.

Para ello, y por encargo del Consorcio Metropolitano de la Vivienda de Barcelona, se ha realizado este trabajo en el barrio de San Ildefonso, en Cornellá de Llobregat (Barcelona), donde la toma de datos se ha realizado mediante una aeronave no tripulada. El dron elegido tiene posibilidad de visión en espectro visible y en termográfico, permitiendo la captura de imágenes visuales y térmicas de forma simultánea. El objetivo de esta doble cámara es proporcionar datos respecto a las deficiencias habituales que se pueden observar con inspección visual, así como otras relacionadas con los puentes térmicos, humedades y pérdidas energéticas a través de la envolvente.

Mediante técnicas de fotogrametría se obtienen distintos modelos digitales y tridimensionales de los edificios, que servirán de soporte para los análisis a realizar.

RESULTADOS

- La utilización de drones para la caracterización de la envolvente de los edificios estudiados ha permitido obtener los siguientes resultados:
- Información visual y termográfica detallada del edificio, incluyendo zonas de difícil acceso como cubiertas, aleros y zonas altas del edificio.
- Creación de distintos modelos 3D a partir de imágenes reales y térmicas que facilitan tanto el análisis general como el estudio más preciso de la envolvente. Esto permite realizar un mejor, y más rápido, diagnóstico del estado actual y, por tanto, una buena definición de las soluciones necesarias para la rehabilitación integral.

DISCUSIÓN

La realización de este estudio ha definido una primera metodología para la incorporación de la TIGs en los procesos de diagnóstico para la rehabilitación de edificios. Se han identificado los aspectos más relevantes en

el uso de drones para la caracterización de las envolventes de los edificios, con el objetivo de optimizar el uso de estas tecnologías de cara a su aplicación práctica en el proceso edificatorio.

PALABRAS CLAVE

DRONES, FOTOGRAMETRÍA AÉREA, REHABILITACIÓN DE VIVIENDAS

S02-16

FOTOGRAMETRÍA AÉREA CON UAS PARA LA DOCUMENTACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO. EL CASO DE TORRE BENZALÁ, TORREDONJIMENO, JAÉN, ESPAÑA

FERNANDO LERMA-COBO
ANTONIO ROMERO-MANCHADO
CARLOS ENRIQUEZ
MARÍA ISABEL RAMOS
Universidad de Jaén

Como sociedad, tenemos la responsabilidad de conocer y dar a conocer nuestro legado patrimonial como seña de identidad. Una correcta documentación de nuestro patrimonio permitirá realizar posteriores estudios arqueológicos e históricos, así como acciones que potencien y favorezcan la restauración y conservación del mismo. Las futuras generaciones no perdonarían que esta herencia única e irremplazable sufriera cualquier pérdida.

Hoy en día es patente la fuerte amenaza por el deterioro que sufre nuestro patrimonio histórico. Aunque existen partidas presupuestarias de ámbito nacional, autonómico y local para su conservación, puesta en valor y difusión, cabe decir que los yacimientos y restos arqueológicos de cualquier época pasada, en muchos casos, quedan olvidados a su suerte.

El caso de Torre Benzalá, no es ajeno a esta problemática y al paso del tiempo. Dicha torre está situada en la provincia de Jaén, en el término municipal de Torredonjimeno, sobre la cima del cerro Ben-Zala a 544 metros sobre el nivel del mar y rodeada de olivos. Actualmente sólo subsiste un torreón de planta trapezoidal, de mampostería, perteneciente a una mota o fortificación, de la que apenas se dispone de información histórica sobre su construcción. Así mismo, cerca de su emplazamiento, se encuentra un asentamiento íbero-romano.

El estado precario de Torre Benzalá, que presenta indicios de ruina y posible derrumbe debido a los efectos climatológicos y la acción antrópica, requiere registrar el estado actual como documento para su estudio y una posible intervención.

En este trabajo se analiza el contexto geoarqueológico e histórico de Torre Benzalá. Por otro lado, se esgrimen argumentos sobre la necesidad de la utilización de las nuevas tecnologías para el estudio de nuestro rico patrimonio cultural y arqueológico.

El uso de técnicas fotogramétricas y los sistemas de información geográfica (SIG) facilitan el trabajo de documentación y análisis de los enclaves arqueológicos, que abarcan desde uno pormenorizado hasta uno global o de contextualización.

El uso, cada vez más generalizado, de los drones o UAS (Unmanned Aircraft System), tal y como lo define la ICAO (International Civil Aviation Organization), permite la captura de datos rápida y precisa. Vieniendo a complementar otras técnicas no invasivas empleadas en entornos arqueológicos.

El levantamiento fotogramétrico ha permitido obtener un modelo 3D del objeto con un GSD de 1 mm. Una vez georreferenciado, por métodos topográficos, se han obtenido los MDEs (Modelo Digital de Elevaciones) de las cuatro caras de la torre y las correspondientes ortofotografías.

Los paramentos, desde el punto de vista de la arqueología de la arquitectura, han sido estudiados a partir de las ortofotografías, identificando los materiales utilizados y clasificándolos en unidades estratigráficas.

El estudio del contexto geoarqueológico constata que la ubicación geográfica de Torre Benzalá adquiere una importancia estratégica para el control del territorio. Con sus 544 metros de altitud, es uno de los puntos más elevados de la campiña sur de Jaén, facilitando la comunicación visual con otras fortificaciones enclavadas en lomas de similares características. Por último, el modelo 3D refleja y ayuda a cuantificar el grave deterioro de este Bien de Interés Cultural (BIC).

PALABRAS CLAVE

FOTOGRAMETRÍA AÉREA, PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, RECONSTRUCCIÓN 3D, SFM, UAS

S02-17

LOS UAV COMO HERRAMIENTA DE DOCUMENTACIÓN EN INMUEBLES PATRIMONIALES DE CARÁCTER DEFENSIVO

GINA MONSERRAT NÚÑEZ-CAMARENA

Actualmente son numerosas las investigaciones donde la tecnología BIM y los sistemas GIS (como herramientas integrales), se utilizan en campos como el de la arquitectura, la ingeniería, e incluso en la conservación y gestión del patrimonio. En nuestro caso, sumamos a ello la aplicación de los UAV multirrotor para la creación de una base de datos a nivel comarcal, en la cual se busca documentar el estado actual de las principales fortificaciones defensivas medievales, que conformaban la denominada “*Banda Gallega de los Castillos*” (ubicada en la sierra norte de Huelva y perteneciente al antiguo Reino de Sevilla).

En este proyecto de investigación, el uso del drone es una ventaja tecnológica aplicada a la investigación, pues su uso nos ha permitido abordar el análisis de diferentes inmuebles históricos, mediante la utilización

de un dron multirroto. Así, se han llevado a cabo una serie de levantamientos fotogramétricos de las principales fortificaciones de la zona, y se ha obtenido a nivel territorial su contexto geomorfológico de localización, así como el correspondiente modelo digital de elevación -lo cual derivará en la elaboración cartográfica basada en los datos obtenidos en el vuelo-. Al mismo tiempo se han elaborado diversos modelos 3D, que permiten disponer de documentación digital, la cual puede ser aprovechada más adelante en estrategias sostenibles vinculadas a la difusión, conservación y -si procediese- reconstrucción del patrimonio.

En la primera etapa del proyecto se analiza y evalúa una de las fortificaciones rehabilitadas hace poco más de una década, y que hoy está catalogada como Bien de Interés Cultural (BIC). De tal manera que con el trabajo de campo se ha puesto de manifiesto cómo el uso del dron nos permite acortar los tiempos de trabajo respecto a la toma de datos tradicionales; al mismo tiempo, la eficiencia en vuelo ha permitido abarcar una extensión de terreno suficiente para el análisis territorial. Mediante el vuelo del dron se obtuvieron dos lecturas: por una parte, con la construcción del modelo digital de elevación a escala territorial, se identifican una serie de elementos paisajísticos que aún continúan formado parte de la identidad comarcal; en una segunda lectura, con la elaboración de los modelos 3D, se pudieron documentar gráficamente las patologías que presenta el inmueble, pudiendo evaluar el estado actual del BIC rehabilitado.

Dada la experiencia obtenida en esta toma de datos mediante el dron, se podría afirmar que, como instrumento de nueva y accesible tecnología, su aplicación ha de ser tenida firmemente en consideración en los ámbitos de la conservación y rehabilitación de edificios histórico-patrimoniales, aclarando que su uso no debe dejar de lado los procesos de análisis tradicional.

Podemos concluir, que la fotogrametría permite obtener una mayor cantidad de datos en el análisis de inmuebles patrimoniales y de mayor calidad, por lo que resultan evidentes los valores sostenibles del sistema empleado, frente al modo vernáculo de obtención de información.

PALABRAS CLAVE

BIEN DE INTERÉS CULTURAL, FORTIFICACIONES, FOTOGRAMETRÍA, GIS, PATRIMONIO, SOSTENIBILIDAD

S02-18

USO DE DRONES EN COMBINACIÓN CON LA TÉCNICA FOTOGRAMÉTRICA STRUCTURE FROM MOTION PARA LA CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MACIZOS ROCOSOS

RAMIRO GARCÍA-LUNA

*E.T.S.I. de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid*

Las clasificaciones geomecánicas empleadas en el campo de la ingeniería geotécnica permiten realizar una estimación general de la calidad del macizo rocoso y nos ayudan a predecir su comportamiento en el futuro. Por normal general, todas las clasificaciones geomecánicas requieren de la correcta identificación y caracterización de las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso empleando criterios geométricos. Esta caracterización se realiza de manera habitual utilizando métodos manuales, a partir de la observación y toma de datos directamente sobre las superficies de la discontinuidad, lo cual conlleva varias dificultades. En primer lugar, supone un riesgo para la seguridad del operario que toma los datos, puesto que ha de trabajar en una zona del talud con mayor probabilidad de sufrir caída de bloques. Además, esta labor requiere de mucho tiempo para su realización y las medidas pueden verse afectadas por el factor humano/instrumental. Por último, la toma de estos datos está siempre limitada por las condiciones de acceso a la zona de estudio, que en ocasiones puede encontrarse en lugares de difícil acceso. Por lo tanto, la utilización de técnicas remotas de caracterización 3D, como el láser escáner (LiDAR) o las técnicas fotogramétricas, están

teniendo un inmenso desarrollo en los últimos años como alternativa a los métodos manuales para la identificación y el posterior análisis de las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso. En concreto, la técnica fotogramétrica Structure from Motion (SfM) basada en los mismos principios que la fotogrametría estereoscópica convencional, es capaz de realizar, con una inversión mínima, modelos 3D de alta resolución empleando únicamente información extraída a partir de imágenes obtenidas con una cámara digital. En este sentido, el reciente desarrollo que ha experimentado la tecnología dron en la última década, sumado a los últimos avances en la tecnología de sensores, ha supuesto toda una revolución para el mundo de la fotogrametría aérea. De este modo, la incorporación de vehículos aéreos no tripulados (drones) como herramienta auxiliar de campo para la caracterización geomecánica de macizos rocosos está siendo cada vez más habitual. En este trabajo presentamos una aplicación práctica de la técnica SfM, en combinación con el uso de drones, para el estudio un talud rocoso ubicado en el interior de una antigua mina a cielo abierto situada en el norte de España. Los resultados obtenidos a partir del análisis de los modelos 3D han sido comparados con medidas manuales efectuadas *in situ* con el objetivo de analizar el verdadero potencial de la técnica SfM en combinación con el uso de drones para la caracterización geomecánica remota de macizos rocosos. Estos resultados nos han permitido determinar tanto la orientación, como la rugosidad de las discontinuidades obteniendo unas precisiones muy similares a las proporcionadas por métodos manuales.

PALABRAS CLAVE

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA, DRONES, MACIZO ROCOSO, STRUCTURE FROM MOTION, TÉCNICAS REMOTAS

POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE DRONES EN ESTRUCTURAS CIVILES Y DE EDIFICACIÓN

ANTONIO AZNAR LÓPEZ
ANDREA VÁZQUEZ
JOSÉ I. HERNANDO

La utilización de drones en el área de la arquitectura y la ingeniería civil es cada vez más común en la actualidad. Aunque hoy en día esta posibilidad se explota principalmente para labores de marketing y difusión de las construcciones una vez ya terminadas, hay un importante campo de aplicación que se encuentra en constante evolución y que ayuda y complementa las tareas de Revisión y Control en obras de ingeniería civil y arquitectura, tanto fases intermedias de construcción como en las construcciones terminadas.

Los drones son capaces de captar información gráfica instantánea de elementos constructivos y su utilidad es manifiesta por la ventaja de poder llevarlo a cabo en altura, en elementos en movimiento, de difícil acceso, y tanto en espacios interiores como exteriores. Si bien es cierto que la realización de todas estas tareas de revisión y control es perfectamente posible empleando medios humanos, es indudable que la aplicación de drones supone una mayor facilidad, instantaneidad y, lo que es más importante, una seguridad y economización general de los medios materiales y humanos que intervienen en los procesos de construcción, seguimiento y control.

Los aspectos económicos resultan fundamentales en la construcción actual de estructuras civiles y de edificación. Desde el propio diseño, hasta la elección de los materiales y del tipo estructural se encuentran condicionados por ellos. Sin embargo, los aspectos relativos al ámbito de la seguridad y salud toman cada día un mayor peso, por lo que los aspectos generales de seguridad, junto con los económicos, suponen dos pilares fundamentales de la construcción actual. La labor que los drones pueden aportar en estos dos aspectos resulta de gran interés. Con los drones se

pueden realizar los trabajos de revisión y control que actualmente se ejecutan con medios humanos. La diferencia es que estos trabajos, además de resultar mejor documentados debido a la información que los drones son capaces de registrar, se llevan a cabo con una mayor economización de la obra y obteniendo una mayor seguridad, tanto en los bienes materiales como en los humanos.

Este trabajo tiene el objetivo de divulgar las posibilidades que los drones pueden aportar en el campo de la construcción de Estructuras Civiles y de Edificación, tanto en las tareas de revisión y control de las etapas constructivas, como en la comprobación y mantenimiento de obra terminada. Es muy probable que los drones continúen ampliando su papel en el campo de la construcción, mejorando sus posibilidades y ampliando sus prestaciones. Existen incluso augurios sobre la posibilidad de convertirse en herramientas autónomas de construcción, consiguiendo ser capaces de alzar edificaciones a partir de la adecuada programación y coordinación. Lo que es seguro aún de hoy, es que pueden aportar una gran mejora en la seguridad constructiva y en los aspectos económicos dentro del campo de las estructuras civiles y de edificación.

PALABRAS CLAVE

CONTROL DE OBRA, DISEÑO DE ESTRUCTURAS, DRONES, INGENIERIA CIVIL

S02-20

DRONES Y SUS APLICACIONES A NUESTRA SOCIEDAD

CÉSAR ALPACA CHACÓN

Los drones funcionan con control remoto (tipo joystick) o mediante aplicaciones para smartphones o tablets.

Actualmente hay diferentes apps desarrolladas para iOS, Android y hasta Linux para pilotar un dron, tomar fotos y filmar.

Las empresas que se dedican al desarrollo de este producto tienen como objetivo hacerlo cada vez más intuitivo y fácil de usar para todos los públicos.

su diseño con cámaras, GPS y sensores de todo tipo, fue inicialmente desarrollado para ser usado en el ámbito militar y actualmente podemos disponer de esta tecnología para otras funciones más nobles como la **investigación científica**, el **entretenimiento** y otros que están en plena fase de experimentación.

ALGUNAS APLICACIONES ACTUALES DE LOS DRONES

EN EVENTOS

Recitales, desfiles de moda, eventos deportivos, y hasta protestas, son captados por este mini helicóptero que pueden volar más bajo y más cerca de la gente que un helicóptero real y tiene muchas más posibilidades de maniobra que un brazo de grúa. Los drones abren una gama de posibilidades al periodismo fotográfico y los cineastas.

CÓMO DELIVERY

Ya se encuentran haciendo diferentes tipos de envíos de productos.

EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

Los drones se destacan por su efectividad en situaciones límites, especialmente en áreas aisladas o de difícil acceso. Son muy útiles en zonas que fueron afectadas por desastres naturales. Su velocidad de vuelo permite recorrer grandes áreas en poco tiempo permitiendo llevar la ayuda necesaria, traslado de bancos de sangre o en una fase previa para evaluar la ayuda necesaria en la zona o la forma de llegar al lugar.

BÚSQUEDA DE PERSONAS

La posibilidad de volar a poca altura junto con una cámara de alta calidad que transmite en tiempo real, permite el reconocimiento inmediato de personas perdidas en bosques o montañas, por ejemplo. En España

se desarrolló, LifeSeeker, un sistema integrado con los drones que permite a estos conectar con teléfonos móviles que quedaron sin señal e informar de su posición exacta.

CONTROL FISCAL

Para sobrevolar terrenos y se corrobora si efectivamente están construidos.

VIGILANCIA FRONTERIZA

España comenzará a utilizar a través de la Guardia Civil, para controlar los ingresos marítimos.

ZONAS RURALES

Para los agricultores, gracias a las fotos y vídeos de alta definición que permite la GoPro incorporada, posibilita la monitorización de grandes dimensiones y puede recorrer más de mil hectáreas a sólo una hora permitiendo la localización temprana de plagas o malas hierbas.- y también se utilizan para el control del rebaño.

CONTROL DE INCENDIOS FORESTALES

En España se crearon los primeros VANT especialmente diseñados para la prevención y el control de incendios forestales. Su tarea es reunir la información necesaria para anticiparse en lo posible la prevención y expansión de incendios.

INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS

Son utilizados para buscar y analizar restos arqueológicos gracias a su capacidad de recorrer y hacer fotografías de áreas extensas.

HASTA GEOLÓGICOS

En todo el mundo los drones se utilizan para acceder a zonas peligrosas para el ser humano. Tal es el caso de los volcanes en actividad. Los drones son capaces de tomar muestras del interior del volcán y de las cenizas que emite, permitiendo predecir erupciones consiguiendo alertar con

mayor anticipación a las poblaciones cercanas. Por otra parte, esta información también se utiliza para profundizar en la investigación científica del estudio del centro de la tierra. Asimismo, se han utilizado drones para estudiar e intentar predecir la ruta de un huracán.

INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

Se han utilizado estos aviones teledirigidos para reproducir la ruta de aves en libertad. Se registra el vuelo con un GPS incorporado al ave y luego se reproduce con un dron. Los investigadores pueden determinar de esta manera el por qué del recorrido animal en tener la posibilidad de registrar exactamente las características de la zona donde vuela.

MANIPULACIÓN DE MATERIALES NOCIVOS

Los drones son utilizados para las tareas que son demasiado peligrosas para el ser humano. Permitiendo la manipulación, limpieza y estudio de materiales nocivos para la salud de las personas.

COMO SATÉLITES

Se investiga la posibilidad de utilizar drones para crear redes de internet en áreas donde aún no llega. Estos drones funcionarían con energía solar y podrían cumplir las tareas de los satélites, pero más baratos y en una cobertura específica.

LOS DRONES COMO JUGUETES

Los drones están preparando el terreno para los juegos del futuro. Permitiendo capturar imágenes reales de los diferentes escenarios del mundo. Hay modelos disponibles para los aficionados del aeromodelismo con un precio medianamente accesible, vienen con cámaras de muy buena calidad, y muy fáciles de maniobrar desde cualquier dispositivo inteligente.

CONTROL DE OBRAS CON DRONES Y TOPOGRAFÍA

Pueden ser usados en topografía, cartografía, minera, ingeniería, industria de petróleo y gas, también es un elemento esencial para los profesionales que conducen obras civiles y cualquier otra construcción, ya que

permite operaciones como el control de progreso de obra y cálculo de volúmenes. Extiende sus aplicaciones en trabajos medioambientales (como el monitoreo de fenómenos naturales y relleno de tierras), además, permite hacer levantamientos de zonas peligrosas o de difícil acceso. Entre sus características, es importante mencionar que proporcionan imágenes con alta calidad y precisión, que ayudan, por ejemplo, al levantamiento inmobiliario urbano. Asimismo, se puede utilizar en todo tipo de clima y terreno y efectuar aterrizajes precisos en espacios confinados, proveyendo así flujos de trabajo completamente automatizados que facilitan el uso y permiten una operación rápida y segura. Permiten cubrir grandes superficies (varios kilómetros cuadrados) en muy poco tiempo (menos de una hora) desde un lugar seguro, y de manera más económica. Resulta una herramienta ideal para la adquisición de imágenes aéreas y modelos 3D.

PALABRAS CLAVE

DRON, FOTOGRAMETRÍA, SIG

S02-22

DRONES HIPERESPECTRALES EN INGENIERÍA DE EXPLORACIÓN

DÑA. YOLANDA SÁNCHEZ

D. JUAN POUS DE LA FLOR

D. JOSÉ EUGENIO ORTIZ MENÉNDEZ

Las aplicaciones del uso de drones no cesan de aumentar, aun así, existen algunas que todavía no son una realidad, desde la Universidad Politécnica de Madrid pretendemos conseguir la fabricación y el montaje de un dron con una cámara hiperespectral.

Las versatilidades que puede presentar esta idea, si conseguimos hacerla realidad, son impresionantes y desconocidas, la cantidad de posibles

aplicaciones son incontables, todavía muchas de ellas están por descubrir, y por ello pretendemos que cese de ser de una idea y se convierta en una realidad.

Los drones nos presentan todas sus ventajas y versatilidades, ahora no vamos a detenernos en enumerarlas; la instalación de cámaras digitales o incluso termográficas son ya muy usuales, por ello pretendemos un avance más, instalar una cámara en el dron que nos permita determinar qué compuestos existen en una zona de estudio.

La obtención de un espectro, a través de este tipo de cámaras hiperespectrales, nos permitiría identificar los afloramientos de distintos elementos y/o compuestos, algunos muy interesantes, buscados y demandados económicamente. Otra nueva aplicación, sería realizar inspecciones de zonas para el control de la producción o incluso para identificar zonas contaminadas, con el importante añadido de certificar el grado de contenido en los compuestos detectados.

La realización de las tradicionales campañas geológicas o de inspección, los denominados estudios de campo, son muy costosas económicamente hablando, sin olvidar que, a menudo presentan graves dificultades orográficas o para la salud, y por ello graves riesgos asociados a dicha actividad.

Desde nuestras instituciones, pensamos que esta novedosa aplicación en el uso de drones, amplía el abanico de posibilidades de observación y seguramente presentará resultados de gran valor en un futuro. Científicamente hablando, necesitaríamos una campaña de pruebas en campo y con los datos obtenidos, certificar a la comunidad científica la veracidad de los resultados obtenidos, publicar una validación, que permitiera certificar los valores obtenidos por el nuevo dispositivo sobre lugares ya identificados con metodología convencional. A partir de aquí, ponernos a volar el dron y realizar mediciones para identificar cualquier zona desconocida, es solamente cuestión de recibir propuestas y dedicarle tiempo, eso sí, de manera más cómoda, segura y sobre todo económica.

Por otro lado, el uso de drones se puede emplear en prácticas de campo con alumnos de cursos avanzados y máster para que comprueben la aplicación directa de esta tecnología, con lo que tendría un valor docente añadido muy importante.

PALABRAS CLAVE

CONTENIDO, ESPECTRO, EXPLORACIÓN

S02-23

CEGAELECTRIC. EL VALOR DE LOS DATOS

VÍCTOR MARTÍNEZ CAMARÓN
MIGUEL ÁNGEL DE VILLOTA
ÁNGEL BAZ

CEGAELECTRIC BY CEGADRONE

APP vía Cloud para la gestión y mantenimiento de activos técnicos.

“Hoy en día, generamos más datos en una hora que en todo el año 2020”

Las nuevas tecnologías de UAS y sus sensores, nos permiten recoger datos precisos y específicos sobre los activos a inspeccionar de manera muy rápida, y al mismo tiempo nos genera un problema de almacenamiento, gestión, acceso y generación de informes de dicho volumen de datos.

Tener la capacidad de acceder a esos datos OnLine, OnTime, InContext, y generar informes automáticamente, es imprescindible para otorgar el mayor valor añadido a nuestros datos, generar ahorros en estructuras y tener capacidad de reacción ante imprevistos o accidentes.

MÉTODO

CEGAELECTRIC es una plataforma vía cloud para gestión y mantenimientos de todo tipo de activos.

- Implantación de Assets via GIS o vectorial.
- Gestión de GCPs, así como documentos y planos auxiliares para dar apoyo
- Icono único por cada tipo de activo.
- Informe propio para cada tipo de activo.
- Clasificación de datos recogidos dentro de cada Activo.
- Imágenes de defectos encontrados en cada activo.
- Generación automática de informes PDF. (entidades certificadoras)
- Clasificación de defectos por IA.
- Edición de informes con registro de colaborador, fecha, hora e imagen.
- Visualización clara del estado de nuestros activos.
- Ahorros de tiempo y estructura.
- Generación de estadísticas.
- Visualización 2D.
- Visualización 3D (Interior y Exterior)

RESULTADO

Como resultado, CEGAELECTRIC nos permite llevar a cabo un seguimiento y monitorización del estado de nuestros activos en sus inspecciones y de las correspondientes AC y AP realizadas, generando ahorros a diferentes niveles sin necesidad de aumento de estructura.

Nos permite compartir con diferentes departamentos y/o empresas la información que deseemos, anticiparnos ante cualquier accidente o incidente y disponer de la información necesaria para la toma de decisiones ágiles y precisas.

DISCUSIÓN

CEGAELECTRIC nos da un valor añadido de nuestros datos a nivel Dirección, Ingeniería o mantenimiento Técnico.

Nos permite generar estadísticas del dato, programar alertas y generar una trazabilidad de nuestros activos y de los trabajos de mantenimiento realizados o por realizar.

Valor añadido de nuestros datos a nivel Dirección, Ingeniería o mantenimiento Técnico.

Nos permite generar estadísticas del dato, programar alertas y generar una trazabilidad de nuestros activos y de los trabajos de mantenimiento realizados o por realizar.

PALABRAS CLAVE

ENERGÍA, FOTOGAMETRÍA AÉREA, GENERACIÓN, INDUSTRIA, INGENIERIA, INSPECCION, UAS, VEGETACIÓN

S03

NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES /
NAVIGATION AND COMMUNICATIONS

ROBUSTNESS ANALYSIS IN TRUCK-DRONE ROUTING PROBLEMS

MARCOS CALLE
Universidad de Sevilla

INTRODUCTION

In recent years, there has been a rise in the use of drones in various areas, including logistics. After a disaster, a particular logistical problem occurs when the infra-structures collapse and difficult-to-access areas arise. In these situations, it is necessary to provide first healthcare aid with a combination of 1 drone and 1 truck.

METHOD

The present work consists in the study of the influence of different real factors on the solutions obtained in a previous work. The aim of this work is to support the decision making on the route to be implemented, considering real factors not usually taken into account. Among the usual assumptions in these routing problems is high battery reliability.

We propose using a multirotor system that will be operated with battery swaps to overcome the endurance limitation. The drone will fly over a set of challenging locations for delivering healthcare aid. The number of locations that the drone is able to visit on each sortie is limited by battery capacity. The ground vehicle (GV) plays the role of recharging station, and it is assumed that it just moves along a straight line between two points. This research focuses in the optimization of the completion time.

Simulation studies have been carried out following a full factorial design of experiments followed by an ANOVA analysis. The design of experiments contains two factors. The first factor includes the different endurance levels of batteries. The second factor is the drone type.

RESULTS

The results consist of a study of the influence of various factors on the robustness of the planned route. To this end, the importance level of the influences of both the different factors and their possible interactions has been evaluated.

CONCLUSION

The results obtained are promising in terms of the importance of considering various real influence factors, and therefore assess the risk of successfully carrying out the planned mission, previously optimized with the corresponding optimization algorithm.

KEYWORDS

DRONE, MISSION ROBUSTNESS, SIMULATION

S03-02

A MULTI-AGENT APPROACH TO TRUCK-DRONE ROUTING PROBLEMS

JOSÉ MIGUEL LEÓN BLANCO
PEDRO LUIS GONZÁLEZ-R
JOS'W LUIS ANDRADE PINEDA
DAVID CANCA ORTIZ

INTRODUCTION

The optimization of the combined use of trucks and other kind of vehicles in logistics is a study field with a rocketing interest by the research community. In this document, the problem of finding the shortest time needed to visit a set of locations, namely clients, using a truck and a drone is addressed using a Multi-Agent System (MAS). This is not only an abstract problem but a real one in this era of growing logistic needs.

METHOD

The optimization of last-mile delivery of parcels, like other routing problems is an NP-hard one. MASs have been seldom used in this kind of problems due to the computational overhead required by this architecture. MASs involve interaction between agents, mobility, intelligence or even react to changes in their environment. Conversely, MASs scale up better than other methods, so they are promising in large instances of problems, where exact methods or metaheuristics fail to find good quality solutions in a reasonable time.

The problem we have modelled consists in optimizing the route of a truck helped by a drone to visit a set of points starting from one depot and finishing in other. All the points must be visited once by the truck, the drone or both. The drone has a limited battery endurance and a limited payload capacity, but it is capable to visit more than one point in each flight. When the drone meets the truck, its battery is replaced and can begin another flight.

Our model consists in assigning an agent to each location, client or point in the route. Agents are organized in a grid where they can move to improve the quality of the solution, measured by total time. Our idea is to apply this architecture not only to the problem of one truck and one drone but to one truck and n drones and finally to the general case of m -trucks and n -drones.

RESULTS

The preliminary results in randomly generated instances of the 1-truck 1-drone problem confirm that our method scales up well with instances of the problem containing more than 100 clients. We have compared the quality of our solutions with those obtained by a solver in small instances. In this case, the solver wins the comparison. In greater instances, our method is capable to find solutions where the solver is not able to find one.

CONCLUSION

Obtained results are promising in medium and big size instances of the problem but are worse in small instances, where exact methods or even fast meta-heuristics like iterated greedy can find better results for the problem in a very short computing time.

Our architecture is currently being extended to deal with the problem of using n drones and to the use of n trucks and our hope is to obtain good quality solutions like those obtained in simpler problems.

KEYWORDS

MULTI AGENT SYSTEM, OPTIMIZATION, UNMANNED AERIAL VEHICLES, VEHICLE ROUTING PROBLEM

S03-03

DRONES E IA. TECNOLOGÍAS DE ROBÓTICA AÉREA Y SUS APLICACIONES.

ANTIDIO VIGURIA JIMÉNEZ

En esta ponencia se comentarán los últimos desarrollos que el centro tecnológico FADA-CATEC está realizando en relación al aumento de la capacidad de autonomía (a nivel de inteligencia artificial) de los drones. Estas tecnologías van a permitir que los drones operen de forma completamente desatendida, aumentando así la eficiencia de sus trabajos. Además, son un conjunto de tecnologías fundamentales para aumentar la seguridad operacional de los drones, lo cual es un aspecto clave en servicios de movilidad urbana, que tienen grandes expectativas de crecimiento en los próximos años. También es importante comentar que estas tecnologías permitirán reducir los requisitos de habilidad de los pilotos de drones, facilitando así la implantación de soluciones basadas en drones.

En concreto se presentarán soluciones de navegación sin GPS que permitan el vuelo autónomo en lugares con mala cobertura GNSS (como entornos urbanos, viaductos, túneles, etc.). Por otra parte, se presentarán sistemas de aterrizaje automático en localizaciones singulares (como por ejemplo encima de tuberías para su posterior inspección).

Todos los resultados se ilustrarán con vídeos de experimentos de validación y se presentarán brevemente los proyectos de I+D en los que se están desarrollando estas tecnologías.

S03-04

PLATAFORMA DE SIMULACIÓN AVANZADA MEDIANTE HARDWARE-IN-THE-LOOP PARA SISTEMAS AÉREOS NO TRIPULADOS

SERGIO GARCÍA-NIETO RODRÍGUEZ
JOSÉ M. CASTIBLANCO QUINTERO

INTRODUCCIÓN

La simulación avanzada mediante Hardware-In-the-Loop (HIL) es una técnica muy extendida en el sector de la automoción y en el ámbito aeroespacial. Su principal ventaja reside en la capacidad de realizar tests complejos con componentes reales en entornos controlados y no destructivos. En general, esta técnica es usada para el desarrollo y comprobación de sistemas embebidos complejos con características de tiempo real. La simulación HIL constituye una plataforma eficiente debido a que incorpora toda la complejidad dinámica de la planta que debe ser gestionada por el sistema de control embebido. Esto es posible mediante la incorporación de modelos matemáticos complejos que reflejan la dinámica completa de todos los subsistemas, formando lo que se denomina como "simulación de la planta". El sistema embebido de control que se desea testar, interactúa con el simulador del mismo modo que lo

haría en su funcionamiento normal. De este modo, es posible comprobar de manera robusta, flexible y no destructiva, todos los modos de funcionamiento y algoritmos de control del sistema embebido.

MÉTODO

El trabajo presentado abordará el desarrollo de un entorno de simulación HIL basado en plataformas de computación PXI con software VeriStand de National Instruments, modelado mediante Matlab-Simulink y entorno de visualización gráfica basado en FlightGear. El objetivo es describir de manera detallada el conjunto de elementos necesarios para establecer un entorno de simulación HIL avanzado, estableciendo las dependencias entre los distintos componentes hardware y software.

En particular, el framework de trabajo que se propone, permite desarrollar los modelos dinámicos complejos mediante diagramas de bloques en Matlab-Simulink para, posteriormente, integrarlos en el sistema de simulación como librerías dinámicas compiladas (DLLs). Por otra parte, la gestión, incorporación y virtualización del hardware que compondría el sistema de control real, se realiza bajo la plataforma Labview-Veristand de National Instruments. Finalmente, se emplea el entorno de visualización 3D de código abierto conocido como FlightGear, como plataforma para poder representar de manera gráfica la simulación completa.

La plataforma propuesta se analizará mediante la implementación de un ejemplo real basado en la aeronave Kadett 2400. Este Micro Vehículo Aéreo No Tripulado (MAV) presenta las siguientes características constructivas:

- Envergadura de 2400 \$mm\$
- Longitud: 1745 \$mm\$
- Peso: 5000 \$g\$
- Superficie alar: 100 \$dm^2\$
- Carga de Pago: 3 \$kg\$
- Propulsión: Eléctrica LiPo
- Autonomía: 40'

RESULTADOS

El trabajo presenta en detalle la incorporación de todos los elementos necesarios, tanto software como hardware, para poder generar un entorno de simulación HIL para el Kadett 2400. Asimismo, se muestra el resultado de simulación de los sistemas de control testeados.

CONCLUSIONES

El framework propuesta presenta una serie de ventajas relevantes comparado con otros sistemas de simulación existentes, tal y como se enumeran a continuación:

- No es necesario desarrollar una plataforma Software-Hardware específica
- Todos los módulos son reutilizables
- Reducción de tiempo de desarrollo ya que no es necesario portar los modelos a nuevas plataformas
- Entorno robusto, fiable y con soporte 24/7

Por todo ello, el sistema presentado es una alternativa robusta, confiable y flexible para la validación de nuevos sistemas de control dentro del ámbito de los sistemas UAS.

PALABRAS CLAVE

HARDWARE-IN-THE-LOOP, SIMULACIÓN, UAV

GENERACIÓN DE DATOS DE ENTRENAMIENTO A PARTIR DE IMÁGENES SINTÉTICAS PARA ALGORITMOS DE ESQUIVACIÓN DE OBJETOS BASADOS EN MACHINE LEARNING

DAVID VILLOTA
MONTSERRAT GIL-MARTÍNEZ
JAVIER RICO-AZAGRA
Universidad de la Rioja

El aprendizaje automático (*machine learning*) es capaz de dotar a los vehículos aéreos no tripulados (UAVs) de cierta inteligencia artificial para sus funciones de navegación autónoma. Una de las principales funciones que un UAV debe ser capaz de solventar es la evasión de objetos, en la cual se centrará este trabajo utilizando una red neuronal.

Para el adecuado entrenamiento de cualquier red neuronal se precisa gran cantidad de información. En este caso, imágenes de paisajes diversos que han de ser capturadas desde el vehículo en movimiento. Entonces, con el fin de salvaguardar la integridad del dron, los entornos virtuales utilizados en videojuegos serán de gran ayuda para generar imágenes sintéticas. Esto permitirá obtener secuencias de imágenes también en ambientes en los que sería impensable volar un dron como, por ejemplo, la superficie lunar o cualquier lugar desconocido e inaccesible a día de hoy. En particular, se ha utilizado el motor gráfico Unreal Engine, en combinación con el *plugin* Airsim, que embebe el movimiento del dron dentro del paisaje virtual y permite configurar el formato de adquisición de imágenes.

Para generar los datos de entrenamiento de la red neuronal se parte de las imágenes anteriores cuyos píxeles codificarán la profundidad y, por tanto, se obtendrá un indicador de la probabilidad de colisión. De esta manera se dará solución a uno de los principales problemas en algoritmos de *machine learning*, conocido como *transfer learning*. En muchas

aplicaciones, las redes neuronales aprenden características muy concretas de los elementos como texturas, colores o composiciones, que posteriormente merman la versatilidad de la red neuronal. En este caso, la imagen se codificará en escala de grises con el fin de que la red neuronal aprenda a diferenciar las geometrías que vayan apareciendo, insensibilizando su respuesta ante colores o texturas.

Con el fin de automatizar la generación del *ground-truth*, se han desarrollado tres algoritmos de segmentación, que generan como salida el punto (coordenadas X-Y) óptimo o de menor probabilidad de colisión. Los tres algoritmos (centro de masas, regresión, y sectorización) utilizan fórmulas físicas y estadísticas para el cálculo del centro de masas, o el cálculo de líneas de regresión utilizadas para la identificación de la posición y dirección de los píxeles de colisión. Finalmente se compararán los resultados de cada ellos en una red neuronal ResNet-8 que como salida arroje un punto objetivo dentro del área visualizada desde el UAV donde se estime la menor probabilidad de colisión.

PALABRAS CLAVE

AIRSIM, CNN, DATASET, GROUND TRUTH., NEURAL NETWORK, PYTHON, UNREAL ENGINE, VISIÓN ESTEREOSCÓPICA, VISUAL STUDIO

S03-08

A EFFICIENT HEURISTIC FOR MULTI-DROP TRUCK-DRONE ROUTING PROBLEMS

PEDRO LUIS GONZÁLEZ-R
DAVID CANCA
JOSÉ LUIS ANDRADE-PINEDA
MARCOS CALLE
VÍCTOR GORDO ARIAS

The practical application and use of UAVs presents a number of problems that are of a different nature to the specific technology of the components involved. Among them, the most relevant problem deriving

from the use of UAVs in logistics distribution tasks is the so-called “last mile” delivery. In the present work, we focus on the resolution of the truck-drone team logistics problem. The problems of tandem routing have a complex structure and have only been partially addressed in the scientific literature. The use of UAVs raises a series of restrictions and considerations that did not appear previously in routing problems; most notably, aspects such as the limited power-life of the batteries used by the UAVs and the definition of replacement or charging points. These difficulties have until now limited the mathematical formulation of truck-drone routing problems and their resolution to mainly small- size cases.

We present a novel truck-drone team logistic (TDTL) mathematical formulation, allowing multi-drop routes for the drone. Under the assumption of infinite travel autonomy for the truck and a limited battery life for the drone, we plan the synchronization events –namely, the sites wherein the drone will gain a fully-charged new battery- with the objective of minimizing the makespan. We assume that the truck-drone team starts from an origin (depot) to serve a set of locations (customers), each one reachable by one of both vehicles, the truck or drone and, without pre-established routes (open) neither for the truck nor for drone. We propose an iterated greedy heuristic based on the iterative process of destruction and reconstruction of solutions. This process is orchestrated by a global optimization scheme using a simulated annealing (SA) algorithm.

We test our approach in a large set of instances of different sizes taken from literature. The developed heuristic allows its transfer to real-life cases, since it is able to obtain solutions of relatively good quality for large-size problems in short computation time.

KEYWORDS

HEURISTIC, LAST-MILE DELIVERY, OPTIMIZATION, TANDEM TRUCK-DRONE

S03-09

A COLLABORATIVE TANDEM TRUCK MULTI-DRONE FOR LOGISTICS PROBLEMS

DAVID SANCHEZ-WELLS

INTRODUCTION

Once the technological and economic viability of UAVs in the mass market has been achieved, sectors in which last mile logistics has a great weight within their operating costs have shown to be making great efforts to progress in the implementation of the use of UAVs in their ecosystem. Proof of this are the numerous videos in which companies such as Amazon showed the world their still primitive idea of the logistics of the future, with drones delivering directly to private homes. However, and always depending on in which direction the system is focused, all approaches to drone logistics present enormous operational challenges that have not yet been fully solved, opening up a very broad and interesting field of research.

METHOD

Our research is focused on the last mile collaborative logistics between a truck and several drones with limited autonomy, wherein both the truck and the drones make deliveries simultaneously and the drones use the truck as a mobile battery change station that allows them to fully recover their autonomy.

We propose an optimization-based approach to this TMDTL problem and develop an iterated greedy heuristic supported in turn by a bivector coding based on a binary approach as an efficient method for its resolution.

We have evolved from the problem known in the literature as TDTL to implement an encoding that would allow the use of any number of drones while maintaining the simplicity in the resolution and, therefore, the speed of resolution of the original approach.

Once a suitable encoding has been established, an iterated greedy heuristic controlled by a simulated annealing algorithm is applied to obtain fast and high-quality solutions.

RESULTS

As expected, the use of the developed iterated greedy heuristics has led us to achieve the fast resolution of the challenging TMDTL. It is observed that a smaller temperature gradient in the simulated annealing algorithm does not necessarily imply better results. Further experimentation and statistical analysis are projected.

CONCLUSION

After performing a punctual experimentation on a uniform instance with 20 service points, it can be observed how in the solutions the use of several drones results in a shorter distance travelled by the truck as well as a shorter total service time of the set of customers.

KEYWORDS

DRONES, LOGISTICS, OPTIMIZATION

S03-10

NUEVOS SISTEMAS DE TRANSPORTE AÉREO PARA UNA PLANIFICACIÓN URBANA Y TERRITORIAL MÁS EQUITATIVA: LA MOVILIDAD EN LA ERA POST-COVID

ANDREAS D'AMICO

INTRODUCCIÓN

La actual crisis sanitaria provocada por el denominado COVID-19 ha abierto para nuestras ciudades, una increíble ventana hacia el futuro, en

la cual nuevos acercamientos a la sostenibilidad y la calidad de vida serán considerados como valores principales. Hemos asistido a una modificación sustancial de las costumbres ligadas a la movilidad provocadas por esta pandemia mundial. El miedo al contagio ha contribuido y jugará un papel fundamental en la elección de las personas privilegiando sistemas de desplazamiento individuales, en particular el uso de la bicicleta, el vehículo privado y los sistemas de *sharing mobility*.

Además de esto, la desilusión general sufrida por los habitantes de los grandes núcleos urbanos con la única promesa de servicios sociales, culturales y económicos de mayor calidad, ha generado un nuevo proceso de *des-migración* hacia las ciudades medias las cuales, presentan una carencia de servicios para la población actual, pero sobre todo en comparación con una potencial demanda crítica existente en las grandes ciudades.

A partir de todo esto, las preguntas claves que intentaremos dar respuesta en esta intervención serán: ¿Puede esta situación anticipar el desarrollo de nuevas tecnologías hasta ahora incipientes? Además, muchos países denominados en vías de desarrollo (BRICS) están ya sufriendo un amplio y rápido proceso de “vehicularización”. ¿Cuáles serían las ventajas respecto al uso del coche privado –y otros medios de transporte de personas y mercancías- en la re-conexión y búsqueda de una mayor sostenibilidad en territorios actualmente desconectados?

MÉTODO

El tema propuesto ha sido desarrollado precedentemente en un trabajo de investigación redactado por el Ing. Andreas D’Amico con la supervisión del Prof. Ángel L. González Morales del Departamento de Urbanista y Ordenación del Territorio de la Universidad de Sevilla, denominado: “*New Accessibility Approaches for Disconnected Territories from the main Transport Networks*”.

Concretamente y tras analizar la estructura territorial de 4 ciudades: Sevilla y Jaén (España), Milán y Mantova (Italia), así como sus problemáticas y potencialidades, se llevó a cabo el estudio del uso de drones –

analizando de las distintas tipologías existentes en el mercado actualmente y sus características técnicas- para mejorar la conectividad en estos territorios, así como para encontrar posibles alternativas más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles al modelo monocéntrico de distribución de los recursos humanos y económicos existente en la actualidad.

RESULTADOS

En este estudio, además de cuestiones básicas ligada a la optimización de recursos y de tiempos, se evidenció como de esta forma, se podría fomentar la colaboración entre territorios diferentes -pero cercanos- como un nuevo factor de competitividad. Convirtiendo éstos, en polos más atractivos a la población en general y pudiendo solventarse así, actuales desequilibrios territoriales.

DISCUSIÓN

Trabajos como este no solo vienen a confirmar el avance que esta tecnología sufrirá a corto plazo, sino que pondrá de manifiesto como esta transformación en la forma en que nos desplazaremos en nuestra cotidianidad llevará forzosamente asociado un cambio en los entornos en los que habitamos y consecuentemente en el modo en el que estos territorios deben ser planificados y gestionados.

PALABRAS CLAVE

DRONES, MOVILIDAD SOSTENIBLE Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL, NUEVOS MODELOS DE TRANSPORTE, POST-COVID

