

**DIREZIONE CENTRALE PER L'EMERGENZA E
IL SOCCORSO TECNICO**

**Rome, 29 March 2017
Istituto Superiore Antincendi**

UAV&SAR2017 International Workshop

Proceedings

These workshop proceedings are the collection of working papers. They are offered in this publication in the aim of offering the widest possible audience with access to the content of the papers and poster presented in the UAV&SAR2017 Workshop. The quality of the papers, as that of a non-approved for publishing article or book chapter is not guaranteed. Comments or questions about the contents should be sent directly to their authors. The views and opinions of authors herein do not necessarily state or reflect those of the Administration.

Digital publication. April 2017

Istituto Superiore Antincendi.

Direzione Centrale per la Formazione. Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile. Ministero dell'Interno

Via del Commercio, 13 - 00154 Roma

e-mail: relazioniesterne.isa@vigilfuoco.it

UAV&SAR2017 - International Workshop - Rome, 29th March 2017

ORAL PRESENTATIONS

9.00	Opening Remarks by Ing. Giuseppe Romano (CNVVF) and Ing. Carla Cappiello (Ordine Ingegneri di Roma) Chairmen: Dr. Eng. Stefano Marsella (CNVVF) Dr. Eng. Franco Feliziani (CNVVF)		
9.20	Ing. Riccardo Delise	ENAC	Unmanned aircraft systems - Evolution of the regulatory framework*
9.40	Col. Davide Salerno	Aeronautica Militare	Training of RPAS Armed Forces operators*
10.00	Prof. Bruno Franchi	ANSV	RPAS in ANSV safety investigations*
10.20	Dr. Artur Krukowski	Research for Science, Art and Technology (RFSAT) Ltd	The UAV-based 3D photogrammetric modelling and forest sensing integrated into C4I for fire detection and in supporting firefighting, as well as in subsequent damage analysis and recovery
10.40	Mr. David Lane	SAR Academy Office – UK	Best practices in UAV/RPAS Search and Rescue – use in Water and Flood Rescue lifesaving
11.00	Ten. Arnaud Strina	SDIS - France	Situation and overview of the main initiatives in France in the field of UAVs for emergency services*
11.20	break		
12.00	Dott. Filiberto Chiabrando	Politecnico Torino	Multi-temporal analysis on the areas of the earthquake in central Italy - an image based approach in Pescara del Tronto*
12.20	Ing. Emanuele Gissi	CNVVF	The use of UAVs in Amatrice of the European project "TRADR" in support of the survey of the damage for the Special Operations Unit*
12.40	Ing. Andrea Maccapani	Leonardo	Leonardo: From satellites to RPAS for SAR operations*
13.00	break		
14.00	Ing. Gabriella Serafino	Leonardo	The Falco surveillance system*
14.20	Ing. Fabio Volpe Dott. Livio Rossi	e-Geos – SIGEO	The use of drones as downstreaming the operational chain of Copernicus Program*
14.40	Prof. Marco Caresana	Politecnico Milano	Pairing of sensors for the detection of CBRN agents and UAV: tests and assessments of radiological samples through use of drone combined with the detection tools NR*
15.00	Ing. Matteo Sensini	IDS Corporation	Disaster response management: airborne systems for UAS-based impact assessment of scenarios
15.20	Prof. Rossi/ Tanteri/ Salvatici/ Tacconi/ Moretti/ Casagli	Università Firenze - DST	Saturn: an innovative drone developed to improve and facilitate reliefs and monitoring for purposes of civil protection*
16.00	Q&A - Conclusions		

* presentation and paper in Italian



UAV&SAR2017 - International Workshop - Rome, 29th March 2017



Dr. Gabriella SERAFINO	Leonardo	The AF3 project*
Dr. Luigia NUZZO	IDS Corporation	New technologies for detecting and countering small and low flying RPASs
Dr. Riccardo CAPONI/ Dr. Emanuele ORLANDI	ECA Group Rigel	ECA integrated robotic applications for operations in hostile environments: Firefighting, SAR and CBRN*
Dr. Francesca CECCARONI	Menci Software	Menci sensefly ebee for territorial mapping*
Dr. Eng. Franco FELIZIANI	CNVVF	Integration of RPAS industry in aerial rescue service of Italian Fire Department in national disaster: the Italian Fire Department RPAS team in Cittareale*
Dr. Eng. Tonino GUERRIERI/ Dr. Eng. Stefano MARSELLA	CNVVF	The STORM project and the use of UAVs for emergency operations on cultural heritage buildings*
Dr. Tullio IARIA	Fabbrica Italiana Droni	Experiences in the use of RPAS systems in emergency and new technologies*
Dr. FINICELLI Alessandro	ApolloShield	ApolloShield: How to detect and mitigate unwanted drones in rescue operations
Dr. Eng. LORUSSO Onofrio	CNVVF	2D and 3D models in emergency scenarios: UAVs for planning search and rescue operations and for preliminary assessment of high buildings*
Dr. Eng. Edoardo CAVALIERI D'ORO	CNVVF	Interferential risk profiles generated by drones in the vicinity 'of airport sediments, including prevention and protection from impacts with aircraft*
Dr. Eng. Luca FERRARI	Promente	UAV in support of CBRNE operations*
Dr. Giulia SAMMARTANO	Politecnico di Torino	Metric 3D models from UAVs for emergency: support the preliminary assessments and quantitative of the damage. The case of the earthquake in Central Italy 2016*
Dr. Maurizio MASI	IDS	Dai sistemi APR ai radar "anti-drone": ispezionare e monitorare le aree di emergenza

UAV-based photogrammetric 3D modelling and surveillance of forest wildfires

Artur Krukowski, RFSAT Ltd, Artur.Krukowski@rfsat.com

Emmanouela Vogiatzaki, RFSAT Ltd, emmanouela@rfsat.com

ABSTRACT

This article presents work performed in the frame of ongoing FP7-SEC project “*Advanced Forest Fire Fighting*” as subcontractor to the University of Westminster in areas of UAV-based 3D surveillance and 3D area mapping using high-resolution photogrammetric methods from multispectral imaging. We will also present our proprietary embedded sensor system used for detection of fire ignitions in the forest using near-infrared based scanner with weight and form factors allowing it to be easily deployed on standard commercial micro-UAVs, such as DJI Inspire or Matrix. Results of real-life tests of both technologies during trials in Greece (May 2016) and in Spain (mid-November 2016) are reported. The performance of the proposed modelling approach was tested during both project trials where stacks of tree branches were set-up to be extinguished using aerial firefighting. The models based on a set of images taken by UAV’s HD-resolution camera during 10-minute flyby over a 1000 square meter area at an altitude of 40 meters was such that shapes of individual tree branches with sizes below 2 centimetres could be clearly seen in the model featuring over 100-million-point cloud and 10 million faces. Furthermore, thermal images of same areas were captured with 640x480 resolution FLIR camera. The 3D models resulting from those images have been processed and are also presented here in. An embedded sensor device has been developed, aimed for mounting on a micro-UAV for detecting fire ignitions, with first version fitted onto DJI Inspire 1, while a reduced version has been developed for mounting on a smaller DJI Mavic Pro. The concept of its operation is based on detecting changes in near-infrared spectrum corresponding to significant changes to ionised potassium and oxygen levels. The sensor uses a commercial STS-NIR micro spectrometer with either Raspberry PI revision 3 or PI-Zero 1.3 used to host acquisition software and an on-board WEB server used for transmitting the measurements as well as alerts to the C4I. Additional multi-constellation GPS receiver was added to the RASPI device to allow for precise positioning of incident areas without depending on the UAV positioning system. This way the device can be effortlessly deployed on any other flying or ground vehicle. The weight of the sensor node including spectrometer and rechargeable 2300mAh battery does not exceed 300 grams (1st version) with the latest release not exceeding 100 grams, allowing more than 4 to 6 hours of continuous operation. The real-life validation test in Athens in May 2016 and in Spain in November 2016 have confirmed initial expectations and the anticipated performance of the sensor when used both on ground and on board of the DJI Inspire 1 and DJI Matrix UAV platforms.

1. INTRODUCTION

Forest-fire fighting commonly depends on operational data acquired by firefighters from visual observations. Such estimations are subject to various errors and inaccuracies due to smoke obstructing the flames, human inability to perform visual estimation and errors in the identification of fire location. Various new technologies have been applied to firefighting over the recent years helping to resolve such problems. However, many of these still have suffer from practical problems in the operational conditions, such as low reliability and accuracy, high costs and other ones. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) can play an important role for forest fire response. They have been already successfully demonstrated in the past for fire detection, localization and observation

[3][4]. Fire monitoring is generally related to real-time analysis of the evolution of the most important parameters related to the fire propagation, including shape and position of the fire front, its evolution in time and the average height of the flames [5]. When integrated within a Geographical Information System (GIS), such information can be used to advantage in more efficient deployment of firefighting resources, being the core of its use in the presented AF3 project.

The AF3 aims to enhance fire detection and monitoring systems capabilities in the perspective of the project purpose, integrating traditional and alternative means of observation and exploiting sensor, surveillance and other relevant technologies beyond the state of the art. For this purpose, a wide array of sensors is deployed including satellite, airborne as well as ground mobile and stationary systems, with monitoring and detection data being fused, managed and visualized into an integrated environment. In AF3, an additional essential objective is the seamless capability of monitoring and fire detection through all fire development phases as well as during post-fire and pre-fire phases, also beyond fire categories (interface fires). In such a system, the UAVs play an important role for early detection of fire ignitions and validation of fire alerts by performing both visual and sensor based verification of the actual incidents. During firefighting, combined with unmanned ground vehicles they support close range surveillance of firefighting operations, search and rescue as well as on the spot analysis of situation at the fire front. After the incidents, they can be used to survey the area in search for possible re-ignitions, assess damages to infrastructures, livestock as well as search for possible casualties and survivors.

In the AF3 project both mini and micro UAV systems are used. First ones perform high-altitude visual and thermal surveillance aiding in firefighting operations. On the other hand, micro-UAVs have been used for fire detection and verification using on-board range of sensors and multi-spectral cameras. Sensors include CO/CO₂ measurements and spectrometers aimed at detection a range of ionised gases, such as potassium and oxygen, commonly associated with biomass fire [1].

Manual and autonomous UAV-based aerial surveillance, fire detection and 3D area modelling system has been developed and successfully tested during the 1st trials in Scaramanga near Athens in Greece and then during 2nd trials near Leon in Spain. The first set of trials focussed on spectral sensing and visual imaging in daylight, while the second trials included also observations and 3D modelling also in the thermal spectrum. The technologies used in those tests are described below.

2. NIR SPECTROSCOPY FOR DETECTION OF FIRE IGNITIONS

Embedded NIR spectrometer deployed either on ground or aerial vehicles can be used for close-range monitoring of temporal changes in the atmospheric oxygen absorption and ionised potassium over forest fire areas for detection of possible (re-)ignitions of the biomass. As shown in Fig. 1, there are number of characteristic features that can be detected in the NIR spectrum for forest fires.

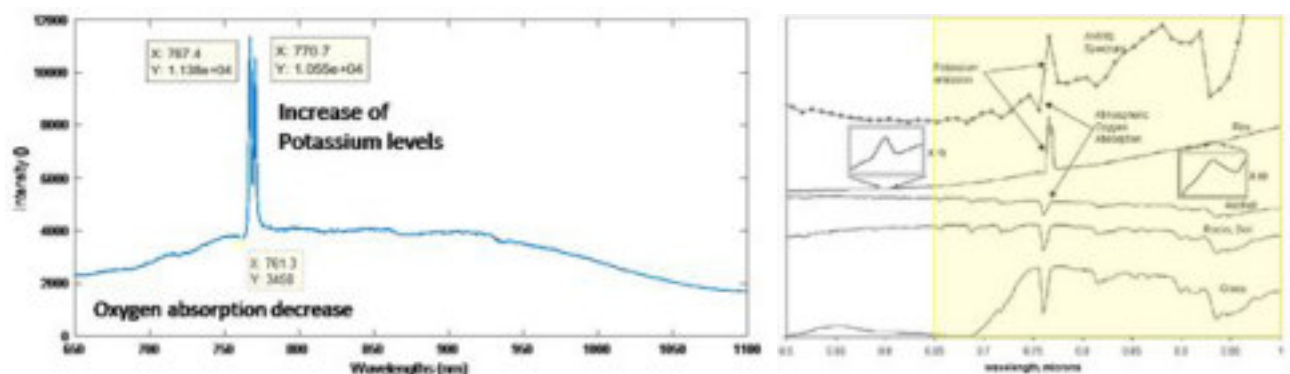


Fig. 1 Sample of measured data from NIR spectrometer during tests in Athens (left) as compared to expected absorption effects of atmospheric gases and common types of materials (right) [1]

The easiest way to detect biomass fires have proven to be potassium emissions (double peaking in the NIR spectrum at 767.4nm and 770.7nm) with additional oxygen absorption (both shown on the left graph in Fig. 1), the former one appearing more significantly than the latter one, hence it has been adopted in the test system for indicating a possibility of a biomass fire.

When deployed on autonomous UAVs, this can be combined with imaging in both visual and thermal surveillance, thus providing visual confirmation of a potential incident. The same images can be also used for 3D modelling and volumetric fuel estimation of the biomass in the given area, as well as post-incident damage analysis, as it is described in the next section.

In the AF3 project, the NSTS-NIR spectrometer from Ocean Optics [6] covering the range of 650-1100 nm has been used, which delivers sufficient performance and accuracy in performing low-concentration absorbance measurements for forest fire detection. Its rugged design with small weight (50g) and size (4x4x3 cm) makes this sensor a very attractive option for deployment on micro-UAVs that cannot lift heavy payloads, not to mention also its small footprint. In the test design (Fig. 2) an STS Developers Kit has been used that integrates an STS-NIR spectrometer, Raspberry Pi microcomputer, as well as customizable software with wireless networking. This allowed deploying the complete system without much additional development. By adding a Wi-Fi on a USB, the Raspberry could be used as a WEB server this allowing to provide measurements both in real-time for remote clients on the ground and for storing on an embedded SD memory.

Two versions of the sensor system are shown in Fig. 2. The one on the left is a modification of the original STS-NIR Development Kit from Ocean Optics, where extra NIR camera and GPS receiver were added to allow geolocated sensor measurements with visual confirmation. Since such a design is quite bulky, the custom deployment on a Raspberry PI Zero Revision 1.3 has been made (right) to lower the size and weight of the whole system, thus making it small enough for deployment on smaller types of drone, such as DJI Mavic Pro.

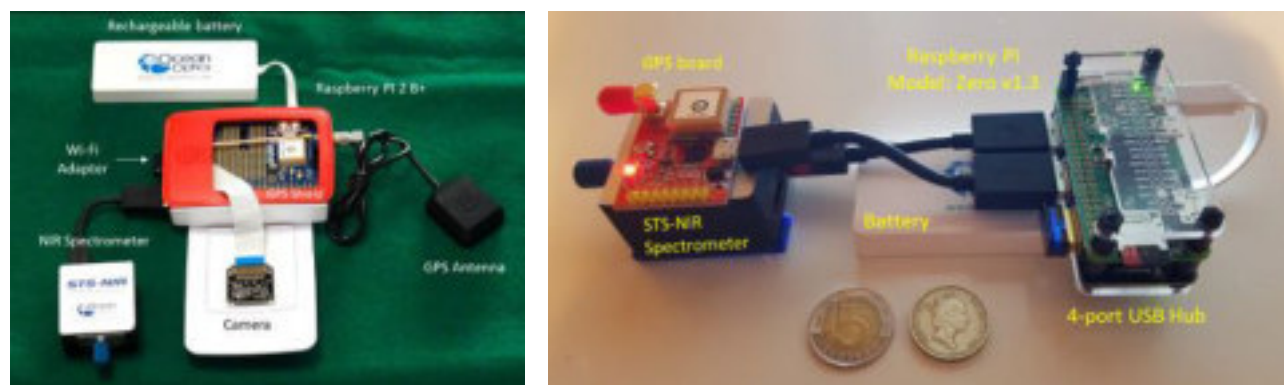


Fig. 2 Spectrometer implementation with Raspberry (a) PI 2-B+ and (b) size/weight reduced on PI-Zero 1.3.

To further reduce the weight, the batter can be replaced with a custom DC-DC downconverter (requiring physical modification of the UAV to access battery contacts) to allow the powering of the sensor system from UAV battery. Further reduction of size will be achieved by transferring the design to the latest Raspberry PI Zero Revision W incorporating an on-board Wi-Fi and Bluetooth networking as well as by connecting the GPS receiver to the GPIO pins, thus removing the need for the extra USB hub board. Finally replacing USB cables with direct ribbon connections will make the system a fully integrated solution for deployment on any drone type.

The weight of the sensor node including spectrometer and rechargeable 2300mAh battery does not exceed 300 grams (1st version) with the latest release not exceeding 100 grams, allowing more than 4 to 6 hours of continuous operation. An important part of the whole design is an embedded WEB server built upon the SDK from Ocean Optics. The development Kit came with a demo software

that included the most important features such as capture, configuration and data transfer, written in PHP, and accessible remotely via on-board WEB server. This requires clients to make direct connection to the drone for accessing NIR sensor information. Custom adaptations included additional configurations, peak-based waveform analysis for determining existence of potassium emission with oxygen absorption for creating fire alerts, as well as geolocation of the measurements independently from GPS used by the UAV. The screenshots of main pages of the WEB server are shown in Fig. 3. They include fire detector screen with list of peaks detected at various frequencies at a given location (left), record of GNSS satellites showing location precision down to a meter (centre) and original configuration page (right).

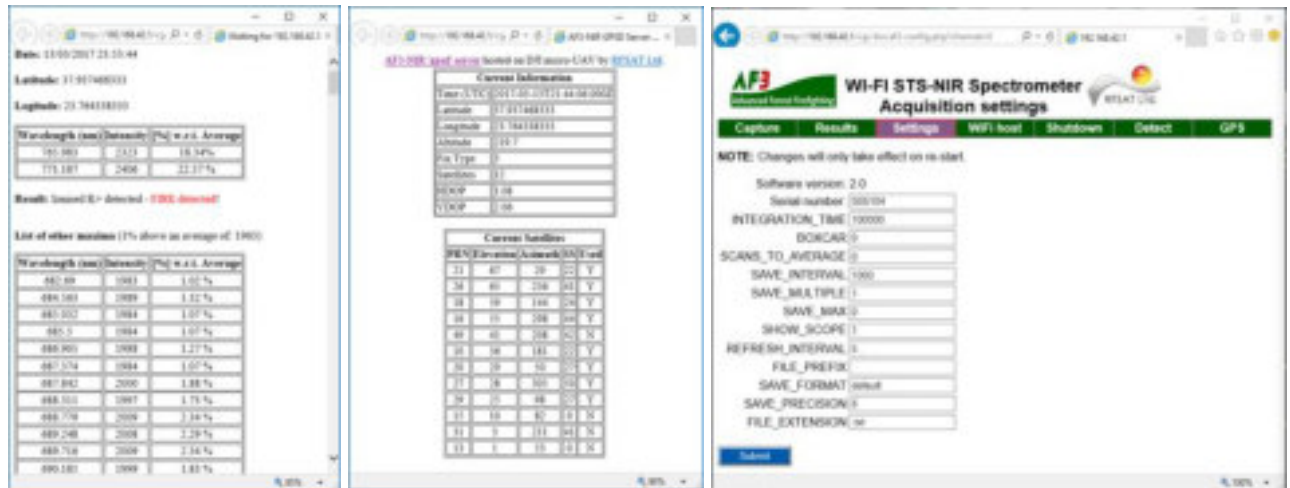


Fig. 3 Screenshots of the embedded WEB server for accessing spectrometer on the micro-UAV in real time: fire alerts based on finding potassium maxima (L), GNSS daemon (M) and WEB application for NIR spectrum capture (R)

The original software from Ocean Optics allows also for real-time monitoring of spectrum e.g. during the flight, while measurements are saved on the memory card for possible processing at the control centre, if required. By allowing custom filtering and wide range of observation times (integration period), the sensitivity can be increased that might be useful for e.g. surveillance from higher altitudes and/or larger distances, at a price of a lower flight speed.

3. UAV-BASED 3D MODELLING AND SURVEILLANCE OF LARGE AREAS

Images acquired from UAVs and especially from micro-UAVs can be used to create 3D maps of the area to allow e.g. estimation of forestation and especially volume of areas under tree canopies corresponding to the amount of potential flammable material, identification of urban areas and for damage analysis after the incidents, being its main purpose in the AF3 project. Such images need to be taken using specially designed fly paths and hence preferably automatic flight routes need to be used, although it is also possible to perform manual fly byes if full area coverage is performed.

Various types of software have been used to produce 3D models of the areas, including Pix4D Mapper [7], Autodesk ReMake [8], Agisoft Photoscan [9] and Artec 3D Studio [10]. The first one proved to be most versatile and offering options for highest accuracy especially when combined with the Pix4D Capture [11] software running on the Android/iOS based platforms to perform autonomous fly-overs above the areas of interest. Images captures automatically can be processed either online by uploading them to the Pix4D online server for processing, or off-line on a custom PC workstation to produce 3D models in formats suitable for visualisation on the C4I (e.g. 3D-PDF, KLM etc.) and/or subsequent processing (e.g. OBJ, etc.). Since processing of 3D models is a very computationally intensive process, this cannot be performed in real-time, especially when high resolution is required. Typical processing time on a quad-core 2.7GHz I7 Intel processor takes

approximately 3-4 hours or more, depending on the number of images and complicated areas, reaching even days on slower workstations and/or when pushing the limits of the photogrammetric technology e.g. for centimetre accuracies from altitudes of 30 meters or above.

Hence such models would be most applicable for advance surveillance of the forest areas and in crisis situations e.g. for assessment of damages during recovery. During firefighting, its applicability might be decreased due to smoke, dust and air turbulences that might affect the visibility and precise positioning of the UAV platforms over the surveyed areas. In such cases, the 3D models can be also built from images captures from e.g. thermal cameras that can penetrate the smoke and to some level also the first canopies. Examples of both types of models have been produced in the AF3 project.



Fig. 4 Trials in Athens (May 2016): area with fly paths (left) and a complete 3D model (right) for Test area #1

Two trials have already taken place in the project, one in Greece at Scaramanga naval base near Athens in March 2016. During those tests, visual imaging has been made in both urban and mountain areas using DJI inspire 1 to perform comparative tests of 3D modelling performance with diverse flying paths. The results for urban area is shown in Fig. 4. In this test, regular grid has been made with UAV performing fully autonomous image capture, stopping at each capture location (left) resulting in highly precise representation of the area of interest (right) down to detailed car models. In this test images were taken from an altitude of 30 meters using DJI X3 camera (HD resolution). For comparison purposes manual flight was also conducted as shown in Fig. 4 (right).

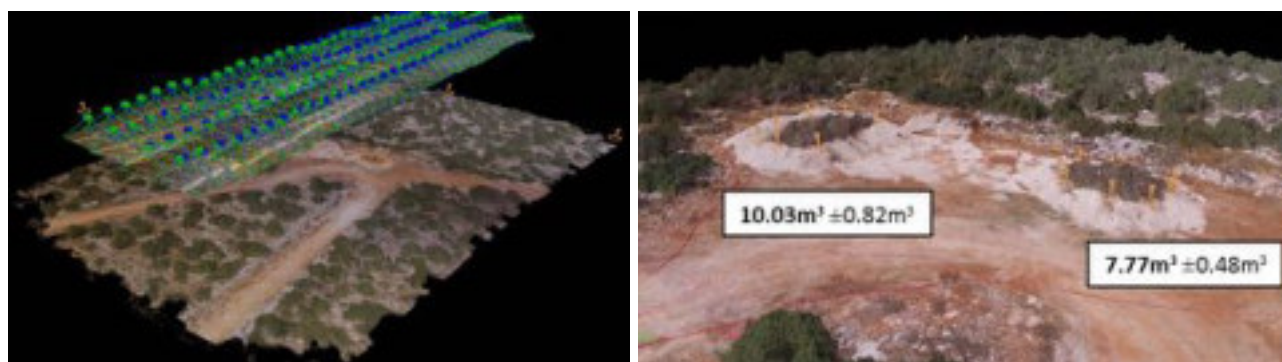


Fig. 5 Trials in Athens (May 2016): 195x40-meter area with fly paths (left) and 3D volume analysis for target area #5

Additional tests in Athens trials were made in the nearby mountain area to test the accuracy of the 3D models (Fig. 5). Similar fully autonomous image capture from altitude of 30 meters was used with same DJI X3 camera over a dense three-path grid. Significantly more images were captured (204 as compared to 30 from previous test), which resulted in much more accurate representation of ground features down to individual branches clearly visible on the stacks of wood used for target

practice. This allowed for very precise (5-10% accuracy) volumetric analysis of the amount of wood placed at each target, as shown on the right in Fig. 5.

Second trials of the AF3 project took place in Leon in Spain during November 2016. During those tests both visual and thermal images were captured, from which 3D models were produced. In those tests, manual UAV operations was performed (irregular grid and/or single corridor) to validate the possibilities of building models from both regular and irregular observations. The same area has been scanned multiple times using either visual (20MP) or thermal (640x480 pixels) camera. Using different types of cameras with diverse resolutions allowed also to verify the compromise between the resolution, the number of images and the density of image captures (overlap). In all those tests the drone did NOT stop when capturing images. The results of 3D modelling are shown in Fig. 6.

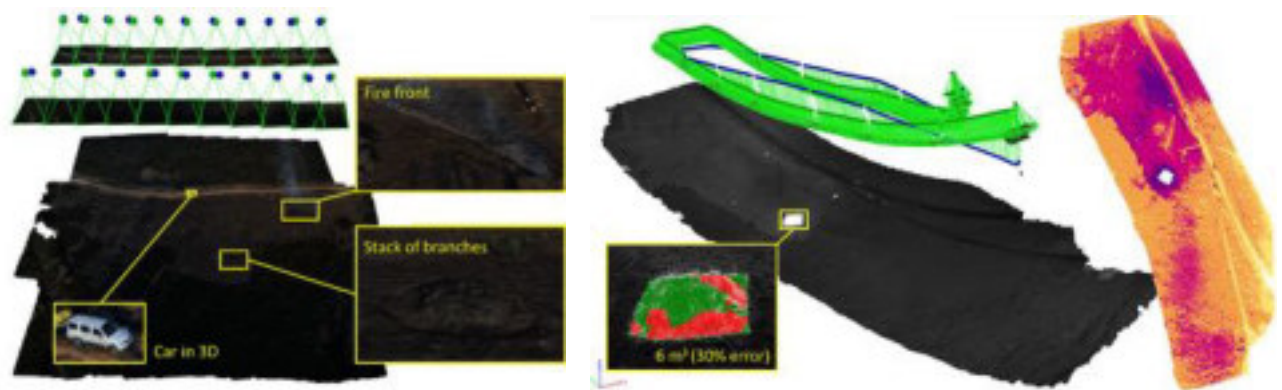


Fig. 6 Models of test area from UAV observation during test trials in Leon (November 2016): result from 200 visual HD-quality images (left) and when modelled from 2060 low-resolution (640x480) thermal images (right).

The image capture strategy adopted during trials in Spain has demonstrated clearly negative effects of performing non-structured image captures on the accuracy of final 3D model. From one side, it has proven that regular grid along multiple corridors can offer high resolution and accuracy, whereby accurate representations of individual vehicles can be produced as well as fire front and targets well defined (left in Fig. 6) with only 22 images taken.

On the other hand, thermal images were taken very densely (nearly 3000 images over 200-meter long area), considering their low-resolution. However, no attention was paid to the camera orientation (forward looking) without stopping for images capture. Hence, although the high density of images allowed for accurate representation of ground details (right in Fig. 6), sufficient for assessing biomass content to 30% accuracy, the bending of the UAV nose down when moving forward (similarly to helicopters) has caused false ground bending in the resulting 3D model, since such information is not included with camera parameters (only viewpoint w.r.t. the drone body is registered). This requires either post processing to flatten the ground or the a-priori knowledge of the drone bending during flight. The latter one is dependent on the drone and its speed and hence could be easily compensated for during 3D model processing. This has not been attempted since images were not available for processing for more than a month prior to full paper submission. Such compensation shall be investigated during third trials in Israel, scheduled for end of April 2017.

Considering that 3D model generation using photogrammetry may lead to extensively long processing times, investigation of speeding up the processing using custom built workstation has been conducted. To achieve a working compromise between computational performance and the overall cost of the system, the coprocessing with CUDA parallel computing platform and programming model invented by NVIDIA [13] has been adopted. CUDA cores have long been suggested for coprocessing of simple fixed-point operations like those required by the 3D modelling. The latest cards from Nvidia [12], such as GeForce GTX 1080 (TI) and Titan X include large number of CUDA cores, 2560 and 3584 respectively. Hence, a custom workstation has been

built that uses 3.6 GHz 8-core Intel-I7 processor with 32Mbytes of RAM and dual NVidia GeForce GTX 1080 cards, i.e. adding a total of 5120 CUDA cores, total cost closing at 3000 Euros. Such an approach allowed for speeding up 3D model processing more than double for the same size of the project. Encouraged by those results, consideration is made for building the second version of the workstation with dual Intel-I7 processor server board and quad NVidia GTX Titan X graphics cards (connected internally via 4-slot SLI bridge), i.e. adding 14336 CUDA cores in total. This is expected to increase the current processing speed almost five times more, in practical terms allowing to produce high-res 3D models currently needing 16 hrs in under 3 hrs.

6. CONCLUSIONS

In this article the results of research and development in the areas of UAV based forest fire detection using NIR spectrometers, visual and thermal surveillance leading to 3D photogrammetric modelling of areas of interest performed in the AF3 project have been presented along with analysis of data captured during two real-life forest firefighting trials. The NIR spectrometer design based on the Raspberry PI Zero microcomputer, with size and weight suitable for deployment on micro-UAVs such as DJI Mavic Pro and Inspire 1 has been presented. Such sensors have proven to provide accurate detection of biomass burns from distances of tens of meters (sensitivity depending on the selected integration time) making them suitable for automatic detection of ignitions and/or fires hidden under canopies and obstacles and hence less likely to be detected by on-board cameras either visual or thermal ones, especially when used for detection of possible re-ignitions due to raised ambient temperatures post firefighting. Both real-time access to sensor data via WEB server embedded into the sensor node and possibility to offload the raw measurements after return to base offer opportunities for both real-time surveillance and for precise analysis of the condition of the surveyed area at the control centre. Note that RAW data can be downloaded during aerial surveillance as well. The performance of the sensor node has been verified in Athens trials showing sufficient sensitivity from tens of meters.

The article has also presented the usage of images and videos that could be captured by UAVs during their aerial operations as short as few minutes over wide areas of interest for highly precise (down to centimetres, allowing for discrimination of such details as individual tree branches) 3D modelling of the environment, allowing for precise assessment of the burning biomass. Various strategies for surveying the areas, from regular grids to free hand flybys have been discussed with respect to their effect on the accuracy of the achieved models. It has been determined that to avoid false ground bending, images should be captured when UAV is stationary, while highest accuracy can be achieved when regular grids along multiple corridors are used with image overlap over 50%. In such cases observations from altitudes of 30 meters using HD cameras may reach accuracies of single centimetres (subject to favourable weather conditions). Comparisons between high and low resolution cameras has been also discussed along with analysis of the compromise with number of images and their respective overlap. This has been demonstrated by comparing small number of high-resolution images to large number of low-resolution ones over the same area. It has shown that both approaches may result in similar quality of 3D models, although processing time are significantly longer with the increase of the number of images.

Means of speeding up processing by CUDA based coprocessing has been investigated, showing a significant decrease of the processing times as compared to computations made by main processor only. Use of dual NVidia GeForce GTX 1080 graphics cards with 2560 cores each, which allowed for the reduction of the overall processing time more than twice for the same types of projects.

The real-life validation test in Athens in May 2016 and in Spain in November 2016 have confirmed initial expectations and the anticipated performance of the sensor when used both on ground and on board of the DJI Inspire 1 and DJI Matrix UAV platforms. Further work on the reduction of sensor

size and weight, increasing 3D modelling speed and accuracy as well as autonomous UAV operations will be conducted towards the end of the project (expected at the end of July 2017) whereby real-life tests will be also conducted during final real-life firefighting trials in Israel, which are scheduled for the last week of April 2017.

ACKNOWLEDGMENTS

The research leading to these results has been partially funded by the European Union Seventh Framework Program (FP7-SEC) under Grant Agreement N° 607276: AF3 “*Advanced Forest Firefighting*” and from the Reflective Societies program of the Horizon’2020 Research Framework under Grant Agreement N° 665091: SCAN4RECO. Authors would like also to acknowledge the University of Westminster, London (UK), for co-funding of this R&D work through subcontracting agreement in the context of the AF3 project.

REFERENCES

- [1] Vodacek A. et al (2001) “*Spectral Features of Biomass Fires*”. Digital Imaging and Remote Sensing Laboratory. From: https://www.cis.rit.edu/~rlkpci/PDFs/OPTONe_SPEctral.PDF.
- [2] ISO 16730-1:2015 - Fire safety engineering -- Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods -- Part 1: General. (2015). Retrieved January 11, 2017, from http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=62111.
- [3] Ambrosia, V., Wegener, S., Sullivan, D., Buechel, S., Brass, S. D. J., Stoneburner, J., and Schoenung, S. (2003) “*Demonstrating UAV-Aquired Real-Time Thermal Data over Fires*”. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69(4):391–402.
- [4] Merino, L., Caballero, F., Martínez de Dios, J., Ferruz, J., and Ollero, A. (2006) “*A cooperative perception system for multiple UAVs: Application to automatic detection of forest fires*”. Journal of Field Robotics, 23(3-4):165–184.
- [5] Viegas, D. X., Cruz, M., Ribeiro, L., Silva, A., Ollero, A., Arrue, B., Martínez de Dios, J., Gómez-Rodríguez, F., Merino, L., Miranda, A., and Santos, P. (2002) “*Gestosa fire spread experiments*”. Proceedings of the IV International Congress on Forest Fire Research (ICFFR), pp. 1–13, Coimbra, Portugal.
- [6] STS-NIR Development Kit (15/03/2017): <https://oceanoptics.com/product/sts-developers-kit>
- [7] Pix4D Mapper Pro (15th of March 2017): <https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro>
- [8] Autodesk ReMake (15th of March 2017): <https://remake.autodesk.com>
- [9] Agisoft Photoscan (15th of March 2017): <http://www.agisoft.com>
- [10] ArTec 3D Studio (15th of March 2017): <https://www.artec3d.com/3d-software/artec-studio>
- [11] Pix4D Capture (15th of March 2017): <https://pix4d.com/product/pix4dcapture>
- [12] NVidia GeForce graphics cards (15/03/2017): <https://www.nvidia.com/en-us/geforce/products>
- [13] CUDA (15th of March 2017): http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html

“UAV & SAR: using drones in rescue operations” Rome, 29th March, 2017

Title: Best Practices in UAS/RPAS Search and Rescue for use in Water and Flood Rescue Lifesaving.

Author 1: David Lane. Director of SAR and Water Rescue Academy, Poole, UK., Member of Institution of Fire Engineers, Associate of Royal Institution Naval Architects, Fellow of Institute of Navigation, Director of Operations of SLSGB Flood Response Service.

E-mail: prorescue@btinternet.com

Author2: Gemma Alcock. Director of The SkyBound Rescuer Project – SAR UAS Research, Consultancy and Training Organisation, Writer for SAR UAS Research Blog: www.skyboundrescuerproject.com RNLI Beach Lifeguard, Volunteer Flood Rescue Technician for Wessex Flood Rescue Unit.

E-mail: skyboundrescuer@gmail.com

ABSTRACT

Most missions for small RPAS/UAS (versus larger UAS) are experts-in-the-loop missions. Where the expert pilot (rescue technician) wants to view the video gained from the overhead search pattern and then direct the UAS to a better view. Are sophisticated orthomosaics and digital elevation maps (DEM) a priority for these purposes? Does the emergency scene commander/officer in charge, informed by the pilot, only wish to have a visual spectrum image from over the area concerned in real time? Some can provide a thermal spectrum download image for interpretation.

Why have we converged on small multi-copters as the default platform? Is it because of expert-in-the-loop flying and the physical constraints of landing zones (although fixed-wing are not dismissed, current technology makes them unwieldy)?

What of personnel and what “Person power” do we need? What of ‘Crew Organisation’ and ‘Concept of Operations’, what do we need?

It is generally accepted that to operate safely a 2-person field team is required, plus some assistance from the on-scene manager/officer in charge/technician team together with the management team back at the base to handle the administration as required. How do we integrate these needs and roles? Who makes the decisions in the emergency of where to search? Who is in charge of the UAS/RPAS and data management (and data backup) and primary screen etc.?

The main functions of a SAR team are contained in the acronym LAST:

LOCATE – define specific location of point last seen or identify casualty location

ACCESS – establish rescue teams access to the casualty and safe egress from the scene (with casualty) by appropriate transport methods e.g. walk/wade/boat/helicopter. **ASSESS** equipment requirements.

STABILIZE – scene environment, medical and physical stability to secure casualty

TRANSPORT – transport of casualty and rescuers to safety

The truism that there can be no rescue without locating the casualty (the Search of SAR i.e. Search and Rescue) can be greatly assisted by the real time visual geolocation using GPS Latitude and Longitude information from a “drone”.

Clearly small Remotely Piloted Aircraft Systems can greatly assist SAR, flood and water rescue operations and that having them would greatly enhance capability by providing an “eye in the sky”. Which has the possibility of both reducing time to resolve incidents and locate casualties in life safety critical situations. But how are the search patterns to be achieved?

They must have a framework of best practices and search patterns to work to. These and other answers to the above questions will be suggested within this thought-provoking research paper.

1. INTRODUCTION

1.1 The objective of this paper is to provide Emergency Services with guidance on how to employ remotely piloted aircraft system (RPAS) for water and flood search and rescue (SAR) operations. Most importantly, it will highlight present areas of weakness for development considerations. When implemented correctly, this technology stands to offer significant value to water and flood SAR operations – but without a coherent RPAS Concept of Operations (CONOPs), maximum effectiveness cannot be achieved.

This paper has been formed in a strategic manner; it begins by highlighting use cases, followed by a thorough technology analysis for selection, culminating in guidance for RPAS CONOPs generation. Emergency Services should strive to follow a similar process in reaching with effective RPAS integration.

This particular section will evaluate RPAS terminologies whilst outlining the technology scope for this paper.

1.2 Terms and definitions

The development of any new technology inevitably brings with it a variety of new terms and definitions. Over the past few years, the terms "Unmanned Aerial Vehicle" or "UAV", and "Remotely Piloted Aircraft" or "RPA" have both become common lexicon within the industry.

However, much to the industry's dismay, UAVs/RPAS are more widely renowned by their colloquial name of “drones”. This term could be simply attributed to these devices' simple, repetitive nature. Conversely, Mike Rickett, the Deputy Senior Vice-President at SELEX ES, gave a different view on how this term came into vogue. During his presentation at The Commercial UAV Show 2014, Rickett claimed that this term derived from the military UAV,

The Queen Bee, where he smugly explained, "Although, ironically, drones are male bees, not females". (Rickett, 2014) The Queen Bee was extremely successful during 1935, with some impressive features for its time; a 300 mile range, 100 mph speed, 17,000ft ceiling, to name a few. The derogative nature of the word "drones" derives from the type of missions The Queen Bee was built for. In short, it was a killing machine. Four hundred of these hunter-killers were produced resulting in a prodigious amount of destruction. The repercussions of The Queen Bee are still a major hindrance for the commercial sector because UAVs/RPAS have since become synonymous with this role. The sector's long opposed use of this term was exemplified during a UAV/RPA industry convention held at the Walter E. Washington Convention Center, with the not-so-subtle WiFi password: "DontSayDrones". (Wolfgang, 2013)

In most cases, UAV/RPA can only be operated as part of a system, ergo the terms "Unmanned Aerial System" or "UAS" and "Remotely Piloted Aircraft System" or "RPAS" have become widely utilised. The terms UAS or RPAS emphasises the importance of other elements' involvement beyond the aircraft itself. A typical UAS/RPAS consists of a UAV/RPA, a remote pilot station – also known as a Ground Control Station (GCS), and the command and control (C2) communication links that join. The "RPAS" acronym has become the favoured term amongst European aviation authorities as the term "unmanned" can be misconceiving; legally speaking, the RPAS must always remain "manned". Therefore, RPAS will be the term used throughout this paper.

Despite a proliferation of terms, the definition remains relatively similar across all materials. A RPAS can be defined as "a powered aerial vehicle that does not carry a human operator. It is designed to be recoverable, and can either fly autonomously or be remotely controlled." (Marketline, 2014)

1.3 Classifications

A distinct dichotomy has formed in RPAS control classifications; namely between "remotely piloted" and "autonomous" aircrafts. Remotely piloted are somewhat self-explanatory with autonomous vehicles defined as "an unmanned aircraft that does not allow pilot intervention in the management of the flight". (ICAO, 2011) However, a combination of the two is becoming an increasingly ubiquitous axiom. The military distinguish this category as "man *on* the loop" systems – as opposed to "man *out* the loop" systems – whereby the aircraft is capable of taking off, landing, and flying itself but with human supervision and intervention where necessary.

Notably, navigating through a set of specified waypoints on its own is often regarded as autonomy, however these capabilities are more in the realm of autopilot. An analogical example being the difference between cruise control and a self-driving car. Hence autonomy, despite popular belief, is far from feasible at present. Therefore, autonomous missions will not be discussed within this paper as it falls out of scope for present-day best practices. That being said, RPASs that exhibit automated features such as teleoperation (e.g. an ability to maintain its own height), delegation (e.g. return-to-home), and guarded motion (e.g. geo-fencing) capabilities will be included.

1.4 Asset type

An emergency RPAS is a tactical, organic asset that will travel with response staff and thus is immediately available and used on demand. This is in contrast to what the Emergency Services currently use for aerial assistance – a strategic asset, such as a Coastguard helicopter, which is deployed and tasked by an agency that then passes and filters information to the tactical teams as it becomes available. This current paradigm does not provide tactical teams with immediate aerial assistance and waiting for that higher height of eye advantage could result in a loss of life, thus forcing response teams to pursue the task without the invaluable situational awareness that an aerial vehicle can offer. Therefore, the RPASs that this paper will be discussing are for tactical teams to use themselves, which fall into the category of a “tactical, organic” asset.

1.5 Airframe categories

There are two categories of RPAS: fixed wing and multi-rotor. This section describes the different categories for reference; both categories will be looked at throughout this paper as follows:

FIXED WING RPAS

Generally speaking fixed wing RPAS have the following characteristics:

- Fixed wing RPAS have solid aerofoils and will depend on moving through the air to generate the required lift to remain airborne;
- Require a means of propulsion, which may be an electric or internal combustion engine driving a propeller, or a jet engine; and
- Range in size from tiny, hand-held electrics to 737-size jets.

(NSARC, 2016)

MULTI-ROTOR RPAS

Multi-rotor RPAS have the following general characteristics:

- Use multiple spinning propellers to generate lift, independent of airframe movement; and
- Have the ability to hover – remain motionless – over a target area.

(NSARC, 2016)

1.6 Sizes

RPAS vary widely in size, from the Global Hawk with a “wingspan as large as that of a Boeing 737” to the SkySeer that is “small and light enough to be launched by hand”. (Casos, 2010, p.20) The image below shows how the United States’ Department of Defence categorise RPAS sizes, however different countries and industries have various ways of grouping RPAS sizes and weight. Given that tactical organic RPASs are solely in focus within this paper, only the

use of small sub 7kg RPAS will be examined. Moreover, it is a longer and more costly process to receive permission to fly an RPAS over 7kg in weight.

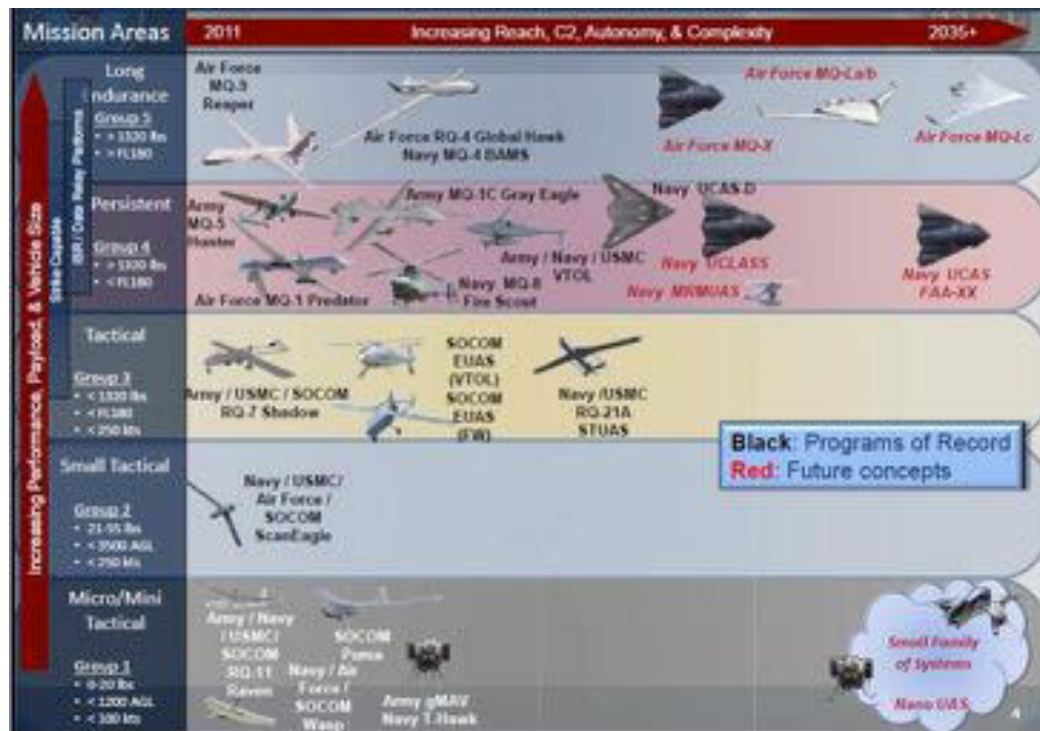


Fig 1. Source: UAS SAR Addendum to the National SAR Supplement to the International Aeronautical and Maritime SAR Manual, NSARCchapter

2. RPAS IN WATER RESCUE

2.1 It has long been known that a higher height of eye is the greatest advantage to search teams and until recent years Emergency Services have been solely relying on the costly involvement of search and rescue (SAR) helicopters for achieving an aerial view. However, over the past several years, the introduction of small affordable RPAS into the commercial market has become a significant game-changer to the SAR domain. While small RPAS cannot physically conduct a rescue or casualty extrication like a manned SAR helicopter can, the truism that there can be no rescue without first locating the casualty emphasises how critical RPAS capabilities are towards saving a life. As cost continues to fall and capability rises, RPAS technology is vastly becoming a serious contender as the go-to asset for a higher height of eye advantage, the boost this technology can offer Emergency Services towards saving lives should not be underestimated.

Furthermore, by comparison, RPASs offer a tantamount quality of aerial vehicle to the current SAR helicopter solution for a fraction of the incurred cost; reducing the strain on agency budgets whilst arguably being a more responsible approach to SAR practices from an environmental, ecological and human risk perspective.

That being said, it should also be stated that RPAS are not a replacement for manned air units, instead they should be considered a force multiplier, to “provide the Incident Commander with a new set of tools in order to make informed decisions”. (Kessler et al., 2015)

The below extract from the 'Using Unmanned Aerial Systems During a Natural Disaster Texas' report should aid in contextualising the ways in which RPAS can augment helicopter deployments.

Two Blackhawk helicopters methodically searched up and down the river at the Wimberley Valley flood until they spotted flood victims needing to be extracted. While the two helicopters were very well coordinated by their respective pilots in command, there is no question that an unmanned aircraft could have been deployed faster even in this very early stage of the flood event...they can scout out ahead of the manned aircraft. (Kessler et al., 2015)

Ultimately, the main functions of a SAR team are contained in the acronym LAST:

LOCATE – define specific location of point last seen or identify casualty location

ACCESS – establish rescue teams access to the casualty and safe egress from the scene (with casualty) by appropriate transport methods e.g. walk/wade/boat/helicopter. ASSESS equipment requirements.

STABILIZE – scene environment, medical and physical stability to secure casualty

TRANSPORT – transport of casualty and rescuers to safety

RPAS technology offer a plethora of capabilities that can greatly assist the LOCATE and ACCESS functions of the SAR operation.

Notably, Emergency Services, SAR agencies, and First Responder communities all have different requirements and not all would benefit from RPAS as part of their toolkit. This paper is specifically focused on water-related SAR practices – in both maritime and flood environments. All other forms of SAR are out of scope for this research piece.

The following subsections of this chapter offer information on the two situations where RPAS capabilities have proved most useful – search and situational awareness – followed by real use cases from around the world.

2.2 Search

The 'search' element of 'search and rescue' is a complex, arduous, time-consuming, and costly task. (Office of SAR US Coast Guard, 1996) These characteristics provide ample justification for developing more efficient search procedures, ergo implementing RPAS for "rapid search and clearing of large open areas to conserve ground personnel". (NSARC, 2016) Not to mention, the uncertainty regarding the location of casualties in a marine environment increases rapidly with time, therefore faster methods will increase chances of survival. Moreover, it probably goes without saying that the best search asset is one you actually have.

“We are able to search larger areas with greater accuracy in a shorter time span than before which makes it possible to deploy other SAR specialists in places where their capabilities are of better use.”

– REY-SAR, Olafur Jon Jonsson

(EENA, 2016)

In a resource restricted world where budget cuts are frequent, manned aircraft and the highly skilled crew it requires may be otherwise tasked or unavailable. The most recent statistics report for Her Majesty’s Coastguard (HMCG) helicopter service suggested that very few searches took place more than 3 nautical miles out to sea; 9 callouts for maritime search over a 3-month period (UK Government Department for Transport, 2016). Conversely, in the same time the Royal National Lifeboat Institution (RNLI) were tasked to over 2,000 maritime SAR incidents, proving their occurrence in stark contrast to what the HMCG statistics report suggests. (RNLI, 2015) The HMCG are rarely deployed to search only tasks due to their lengthy response time and expense, despite their inherent height of eye advantage necessary for rapid search. Into the future, a RPAS may be the only aerial asset option available in a search-focused operation. Furthermore, since manned aircraft are often at a premium, the employment of RPAS in a SAR operation may allow manned flight hours to be conserved until required for rescue operations, i.e. the RPAS conducts the aerial ‘search’ element then subsequently monitors a located casualty while an aerial ‘rescue’ asset is dispatched and en route. At the very least, small RPASs can provide basic aerial search capabilities at orders of magnitude less cost than a manned aircraft.

RPAS are frequently employed in search areas which are inaccessible to ground parties and manned aircraft. Whether due to closed, high terrain, or aerial obstructions (e.g. power lines), a small, manoeuvrable RPAS can provide search capability where other options are not available.

(NSARC, 2016)

During flooding events, ground mobility is limited by inaccessible terrain and/or reaching remote search areas may put the safety of ground personnel in danger. In this case, an RPAS may be the only safe search asset to utilise.

Implementing an RPAS ahead of personnel can also help eliminate search areas, targeting the areas with a higher probability of detection (POD) first. In this way, the SAR mission coordinator (SMC) or Incident Commander (IC) could clear these areas and focus the limited numbers of personnel and assets where they are most effective or required.

Clearly small RPAS can greatly assist SAR activities within flood and water operations and having them would immensely enhance current search capabilities by providing an instant “eye in the sky”.

2.3 Situational awareness

In emergency situations, one of the first requirements is to gain up-to-date situational awareness information at the highest quality available and as quickly as possible; to that end, an RPAS is a key strategic asset – not only to increase the safety of the first responders but also to support better decision-making by providing videos and images to the IC on the ground.

“Without a doubt access to real-time thermal imagery and high resolution optical images has significantly improved situational awareness to support dynamic decision-making and therefore increase the safety of our operational crews and the communities which we are there to serve.”

– Mid and West Wales Fire Rescue Service, Steve McLinden

(EENA, 2016)

During severe floods, all that was known about an area prior to a flood becomes secondary data. It may no longer be true. And until it is confirmed it cannot be reliably acted upon. Added to the challenge of holding potentially inaccurate situational information about a flooded area are sudden gaps in information: Where are on-going hazards, such as strainers or weirs? Are there sources of contamination as a result of the flood? An RPAS could supply the IC with this crucial real-time information, before sending teams into unknown hazardous areas.

“Their use also helps to mitigate the element of risk that team members have to face when responding, as well as saving on time to get to, and assessing difficult to reach locations.”

– Donegal Mountain Search and Rescue, Leo Murray

(NSARC, 2016)

Many emergency response members have been killed by an inability to gain sufficient situational awareness when plotting their route in the heat of the action. With RPAS technology so readily available for “aerial surveillance of an incident area to identify locations of hazards”, these deaths should not be happening. (NSARC, 2016)

RPAS are proving to be an invaluable situational awareness tool, which ultimately ensures better outcomes for those in need of help and importantly it enhances the safety of the emergency response teams.

2.4 Real use cases

To further demonstrate the ways in which RPAS can aid during water-related incidents, this section describes a selection of real-life use cases where RPAS have made a difference for personnel.

As extracted from Version 1 of 'Unmanned Aircraft System Search and Rescue Addendum to the National Search and Rescue Supplement to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual':

The local police service had been informed of a missing child that was playing near a frozen lake. Heavy fog in the area prevented use of a police helicopter. The West Midlands Fire Service responded with an Aeryon SkyRanger using a thermal image (IR) camera. They quickly identified a heat source near the middle of the lake in a reed bed. A technical team gained access using inflatable ice paths and found a roosting swan. At that time, a call was received that the child was found safe at a friend's house.

The UAS "negated having to put responders into a potentially dangerous situation by having to search the whole of the lake in very poor weather conditions."

(NSARC, 2016)

As extracted from Version 1 of 'Unmanned Aircraft System Search and Rescue Addendum to the National Search and Rescue Supplement to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual':

A teenager and young boy tubing on the Little Androscoggin River were knocked off their tube and became stranded on rocks in the middle of a strong current. Only the boy was wearing a life jacket. A responding fire fighter used his personal drone to deliver a line attached to a lifejacket to the teenager, who was able to pull it to himself. The fire fighters used a rescue boat to recover the boy, and then the teenager.

(NSARC, 2016)

As extracted from 'Using Unmanned Aerial Systems During a Natural Disaster in Texas' report:

The 2015 Texas Memorial Day Floods are now being labelled a "millennial flood"; they suRPASsed the standard of what would be considered the severest flood that could occur in a 500-year span. On the Blanco River in Wimberley, water rose rapidly, reaching what was described by first-hand observers as a "wall of water" estimated to be 40 feet high.

The Wimberley unmanned aviation unit performed three different operations throughout the flood. The first involved performing a primary search in Blanco County; the second consisted of performing secondary searches in Wimberley; and the third was mapping a seven-mile stretch of the Wimberley Valley.

Once the search and recovery work was completed, Incident Command requested the mapping of the Blanco River to determine locations of debris. Unmanned aircraft were then assigned to begin mapping operations upstream of Wimberley for the damage assessment.

The unmanned aviation unit spent a total of four days mapping several areas of importance along the Blanco River. A seven-mile continuous length of Wimberley Valley took approximately two days. An additional day was required for a re-shoot of an area inadequately imaged. A total of 780 images were collected in the Wimberley area along with another 590 images taken in Blanco County. Images were processed to produce a large ortho-mosaic image with an effective ground resolution of 1.77". the results can be viewed online at <http://magic.csr.utexas.edu/public/views/> then select "To Imagery" then "UAV Blanco River".

(Kessler et al., 2015)

As extracted from the EENA / DJI Pilot Project Report:

A missing person report was made known to the RPAS unit who deployed and begun a wide area search of the area where the person was reported missing from. In this case it was a river and marsh area. The RPAS unit used the thermal camera and located the missing person and supported the Police in approaching the person. The RPAS reduced the search time to less than 15 minutes whereas a ground team would have taken a multiple of this to locate the missing person. As well as an effective and efficient response, the RPAS unit afforded protection to the emergency services on site. Live streaming and image sharing with other agencies allowed for shared situational awareness information.

(EENA, 2016)

As extracted from the EENA / DJI Pilot Project Report:

The RPAS unit were informed of a missing person in an area of known lava fields that are extremely difficult to traverse. The Incident Commander suspected that the missing person was not in that location but nevertheless had to make certain and rule out the possibility for certain. The RPAS searched the wide area in 40 minutes confirming that the area was clear. A ground team searching on foot would have taken between four to six hours and possibly with a much greater degree of uncertainty. The RPAS team had to fly in between rain showers, mist and gusts of wind but conducted a series of flights that were hugely beneficial to the operation and eventual location of the missing person.

(EENA, 2016)

As extracted from 'Disaster Robotics' book by Dr Robin Murphy:

The Siam UAV Industries company worked with authorities for 45 days during the Great Thailand Flood (March-April 2011) to prevent damage to Bangkok (Srivaree-Ratana, 2012). At least two UAVs, presumed to be fixed-wing, assisted in collecting data for flood simulations.

(Murphy, 2014)

3: RPAS SELECTION

3.1 The RPAS model that an Emergency Service decides to purchase dictates what RPAS capabilities they have and the level of performance they can achieve, thus making RPAS selection an integral variable in establishing best practices.

The EENA / DJI Pilot Project Report highlighted the following as the minimum RPAS configuration for first responders:

- Reliable platform with redundant system; i.e. dual IMUs (Inertial Measurement Unit, an electronic device that measures and reports a body's specific force and angular rate and allows a RPAS to work when there is no GPS), dual compass, dual battery etc.
- GPS and GLONNAS systems
- Integrated camera systems, preferably modular, with live downstream capabilities in HD format
- Ability to fly in moderate winds and light rain
- Integrated SDK (Software Development Kit) so specific apps can be written to help operators. For example the DJI/DroneSAR Search and Rescue app, DroneDeploy for 2D and 3D mapping etc.

(EENA, 2016)

Several organisations are claiming to offer "search and rescue drones", yet seem to be simply transferring a consumer or commercial RPAS into the SAR market without any or very little adaptation. A SAR RPAS needs to be more than just a consumer/commercial RPAS with a thermal camera attached to it; its SAR capabilities need to extend further than its payload. For this reason, airframes have been analysed for their SAR use separately to payloads.

3.2 Airframe selection

Although most Emergency Services seem to have converged on small multi-rotor RPAS as the default platform, fixed wing models should not be dismissed. This section will examine both airframe categories for use in water and flood SAR applications.

Fixed wing strengths:

- Will generally have longer range, higher speed, and greater payload capability than a similarly sized multi-rotor RPAS; and

- Will usually be able to fly at a higher altitude.

Fixed wing weaknesses:

- Most are limited by the need to take-off and land laterally, so terrain will affect launch and recovery sites;
- Cannot be used in restricted or congested areas because of their requirement to move through the air to generate lift; and
- Without a stabilised camera, video imagery from a fixed wing RPAS can be difficult to interpret due to the constant airframe motion.

Multi-rotor strengths:

- Multi-rotors, with three, four, six, eight, or more powered rotors, benefit from mechanical simplicity and redundancy in higher-number configurations;
- Have the ability to launch from, manoeuvre in, and recover to very restricted terrain; and
- Can provide a steady video picture from a stationary, top-down perspective.

Multi-rotor weaknesses:

- Hovering requires more power than fixed wing flight, so multi-rotor platforms will have shorter flight-times, lower top speed, and lower altitude limits than equivalently-sized fixed wing airframes.

Given Emergency Services' clear preference towards small multi-rotor RPAS, the ability to hover and ease of launch/recovery must outweigh the requirement of long endurance.

Austin Fire Department's Robotic Emergency Deployment (RED) Team and Wimberley Fire Department's Unmanned Aircraft Team collaborated on a report, 'Using Unmanned Aerial Systems During a Natural Disaster in Texas', to reflect their lessons learned from implementing RPASs at the 2015 Texas Memorial Day Floods, recently dubbed as a "millennial flood" due to its severity. Interestingly, a key recommendation that the report offered was: "Provide Incident Command with both fixed wing and a multi-rotor capabilities." (Texas Ref) Both a fixed wing and a multi-rotor RPAS were used to great effect throughout the Texas flooding event. The two report extracts positioned below indicate the deciding factors behind each RPAS based on the application it was selected to fulfil.

The Wimberley aviation unit found fixed-wing unmanned aircraft launching, recovery, and visual observation somewhat difficult due to high tree lines, rocky river bottoms, steep cliffs, vegetative undergrowth, and at times, a densely residential population. However, the range flown and time involved dictated this choice. The Spectra has long flight endurance and using its autopilot provides precise imagery over large areas (1.77" or 4.5cm resolution at + or - 10cm accuracy).

(Kessler et al., 2015)

Multi-rotor aircraft was favoured at times over the fixed wing for its vertical take-off and landing (VTOL) capability. Early in the flood response, a DJI Inspire quadcopter was used to collect imagery for the primary search. The ability to get on scene take high-resolution imagery, and then move to the next location in minimum time made the Inspire a great tool for low altitude information gathering (100'-200' AGL). Multi-rotor platforms can provide a quick frame of reference and influence decision-making that might normally place responders in areas of danger.

(Kessler et al., 2015)

As "swarm" technology matures, it may be possible to reap the benefits of both fixed wing and multi-rotor RPAS models into the future; put simply, swarm technology gives an RPAS the ability to work in conjunction with multiple other RPASs by constantly knowing the location of all RPAS in the surrounding area. Emergency Services would then have the ability to employ both kinds into the same search area for different roles. A fixed wing RPAS can be used to cover large search areas quickly, with the multi-rotors examining all actionable targets detected by the fixed wing RPAS. However, this is far from feasible at present.

3.3 Payload Selection

An RPAS has evolved from being a flying device to essentially becoming a data collection device, and the type of data that it can collect is defined by the choice of payload. Unfortunately, RPAS technology currently lacks adversarial compatibility, meaning the airframe selected is highly likely to significantly restrict the payload choice. Therefore, it would be advisable to make the payload selection prior to selecting an airframe, as the payload is the component of the system that adds the most value.

The USA's National Search and Rescue Committee (NSARC) have divided remote sensing into four functions, each requiring greater resolution to accomplish:

- *Surveillance*: Wide-area observation of an area, providing general awareness of terrain or environment;
- *Detection*: The ability to distinguish an object from the background (e.g. heat source, white/orange object);
- *Classification or Recognition*: The ability to determine what type of object has been detected (e.g. person, bird, buoy, etc.); and
- *Identification*: The ability to determine the exact identification of the object (e.g. vessel characteristics, car make and model).

(NSARC, 2016)

The most essential functions for the conduct of SAR operations are detection and recognition. (NSARC, 2016) Given this relatively high level of remote sensing required for SAR, a given RPAS and its sensors' specifications may limit its applicability for this application. It may not be able to look closely enough to identify a search object, or may not be able to sweep large areas with sufficient resolution to detect an object. Therefore, it is vital for SAR personnel to be able to decipher RPAS payload specifications. Only the specifications of the two most commonly used payloads amongst response staff will be explained within this paper – visual cameras and thermal cameras – but Emergency Services should strive to achieve a similar level of understanding should they choose to purchase one of the many other payload options available, e.g. LiDAR, low-light cameras, multi-spectral sensors, etc.

This section will attempt to explain the theory of both visual and thermal cameras in sufficient detail to provide the general reader with a practical understanding of the subject, but the level of the mathematics and science used will be kept to the minimum required to achieve a pragmatic appreciation of the necessary concepts. Mathematical and scientific rigor may be found in the references provided in the bibliography for readers who require it.

3.4 Visual Camera

The most basic expectation of an RPAS capability is to provide a live video feed of an incident, which is provided by an electro-optical (EO) sensor – or more commonly known, a video camera. This paper will use the term “visual camera” as it explicitly describes the type of data being collected – visual data. There is a wide variety available on the market in the resolution, frame-rate, field of view (FOV), and sensitivity of EO sensors, amongst other variables, all contributing towards image quality. While cinematic quality videos aren't necessary for emergency response, obviously the sharper the picture, the easier it will be to spot a search object.

As mentioned previously, for the conduct of SAR operations, essential functions are detection and recognition. The ability of an operator to notice, recognise, and identify a search object during a visual search is greatly affected by the optical resolution of the sensor. (NSARC, 2016) Because this is one of the primary means of detection by an RPAS visual payload, it is worth considering the limitations of digital image sensors. The EO sensor's size has a direct impact on quality. Many Emergency Services are utilising the DJI's Inspire and Zenmuse X3 combo, and despite being considered a professional level videography RPAS, the sensor is a mere 6.17mm in constant to a professional standard DSLR that wields a 35mm sensor size. That being said, a 35mm sensor would be somewhat excessive for emergency response applications. Nevertheless, it is noteworthy to consider the quality difference attributed to different sensor sizes. Plus, the number of pixels the manufacturer has fitted onto the EO sensor – i.e. the Megapixels figure – also considerably influences image quality.

Moreover, the camera's optical lens system will define a FOV in degrees, which at a given range will span over a calculable distance. Imagine a camera with 5 degrees FOV that spans 175 metres, using Pythagoras' Theorem its range of 2km can be calculated. Moving forward with this example, a 1920 x 1080 HD image with a 5 degrees FOV that spans 175 metres wide means each pixel accounts for 9.1cm across of the scene, whereas a 1080 x 720 HD image with the same setup means each pixel represents 16.2cm across. In both examples, this is the

minimum detail that can be observed, and will affect the ability of the operator to spot objects in a scene. Each pixel is the recorded light, contrast, etc., which adds to detail; ergo the smaller the area covered per pixel, the better the captured detail. This is where the notorious ‘4K’ capability comes into image quality. However, in the case of SAR, where the footage is being utilised in real-time for effect rather than recorded for later analysis, it should be noted that the downlink to the first-person viewing (FPV) screen can be no higher than HD. 4K streaming would see a high latency, i.e. a delayed image, due to sheer file size for transfer. Therefore, in these circumstances, 4K would offer no benefit for search object detection and recognition.

Furthermore, the effective resolution available to the viewer will be further affected by the viewing system. A HD sensor is only SD if viewed on an SD screen, not only this, FPV screen size will also effect detection and recognition capabilities. While all other variables mentioned thus far for visual cameras have been widely recognised throughout SAR RPAS papers, the effect of the latter could not be sourced anywhere. Thus, The SkyBound Rescuer Project proceeded with examining the effects of FPV screen size on detecting and recognising search objects.

A widely used criterion for minimum resolution requirements for imagery is Johnson’s Criteria. It states that in order to detect an object it has to have an area of at least 2.5 pixels, and in order to achieve recognition of an object it has to be at least 9.6 pixels on a screen. (NSARC, 2016) The SkyBound Rescuer Project used a DJI Phantom 3 Advanced to hover at 10 metre (m) increments of height over a “casualty” (i.e. a willing participant) in a field till maximum legal height was achieved (120m), a Printscreen was captured at every height, then a pixel count of those images at their actual screen size in centimetres (cm) within Photoshop was conducted. This experiment was first carried out using an iPhone 6S as the FPV screen with an area of 62cm², and then repeated using an iPad Mini 1st Generation as the FPV screen with an area of 194cm². These screens were selected to examine whether screen size matters more than screen resolution, i.e. the smaller screen has much better resolution. The results are shown below, with the maximum height for detection and recognition for each screen size highlighted also.

Height (metres)	iPhone’s Pixel Area of Casualty	iPad Mini’s Pixel Area of Casualty
10	78	171
20	45	105
30	28	84
40	18	40
50	15	24
60	15	21
70	12	18
80	8	15
90	6	15
100	6	8
110	4	6
120	3	6

Fig 2. Pixel area related to height over casualty graph.

The SkyBound Rescuer Project are continuing to proceed with this experiment, looking at a further variety of screen sizes and over different terrains; ultimately to indicate optimal height and screen size for visual searches via RPAS.

Aperture will also play a part in capturing sufficient detail. The aperture controls how much light enters the camera. In sunny conditions, a wide aperture will cause overexposed footage – see image below for comparison. Overexposure removes all detail and gives a very white image, which will obviously impact performance of emergency RPAS use, and this effect will be augmented further by reflection off the water. While aperture can often be adjusted on handheld cameras, it should be noted that RPAS visual spectrum cameras usually come with a fixed aperture to minimise weight and size. Although operational techniques such as positioning the sun behind the camera – similar to how the RNLI ensure no searchers at the sides of the lifeboat are looking directly into the sun by driving into or away from the sun – as soon as the brightness is outside the dynamic range of the camera’s sensor, overexposure will still occur. In this case, the only solution is the utilisation of neutral density (ND) filters. ND filters reduce the amount of light that enters the lens, “sunglasses for a camera” if you will. They are available in a variety of ratings depending on how much light needs to be blocked from entering the camera.



Fig 3. Source: The SkyBound Rescuer Project

All in all, although a visual image is often regarded as the most basic data for a RPAS to collect, there are still numerous variables that will impact performance. In order to reach maximum

efficiency, these variables need to be understood and purchasing decisions need to be thoroughly backed up with research and evidence; ultimately, the choice of technology purchased will decide how much an RPAS can help with emergency response.

3.5 Thermal Camera

This section offers a coherent breakdown of the aspects of a thermal imaging camera that translate into a better performance: a Thermal Camera 101 if you will. Unfortunately, simply comparing manufacturer's specification sheets won't provide the information needed to get the most effective thermal imagers for your money. An aerial thermal camera offers vast opportunities to the SAR community, but only when the correct one is chosen.

A clearly-visible, glowing heat signature amidst a mass of snow or water can make a life-saving difference.

(EENA, 2016)

It's tough to trust measurements and specifications when you don't have a clear understanding of what these calculations mean for a product's performance, and thermal cameras commonly fall into this category. Additionally, discussions of thermal cameras typically involve complex terms and jargon that can be confusing and misleading if unfamiliar with the terms used. In the following discussion, the technical terms are stripped away and the key performance criteria of a thermal camera are explained in plain language.

Firstly, infrared wavelengths are too long for the human eye to detect; it is the part of the electromagnetic spectrum that is perceived as heat. Infrared is split into categories based on wavelength: near-infrared, short-wavelength infrared, mid-wavelength infrared, long-wavelength infrared, and far infrared. The "thermal imaging" region usually concerns the latter two types.

All objects that have a temperature above zero emit heat. It is this emittance that thermal cameras can detect. Plus, thermal imagers are usually radiometric, meaning they measure and store the temperatures that they've detected at every point in an image.

There are nine main specifications that are critical in the process of selecting a thermal imager: frame rate, lens choice, detector resolution, thermal sensitivity (NETD), temperature effective range, pixel pitch, accuracy, and picture-in-picture (PiP) imaging. All terms will be discussed.

Frame Rate:

Frame rate is critical to image quality and data collection; many complaints with regards to image quality of thermal cameras can be attributed to a slow frame rate.

Firstly, many thermal camera datasheets demonstrate frame rate using the unit of hertz (Hz), which is equal to one cycle per second. A unit that may be more familiar is frames per second (fps), for example video is usually in 24fps. Hz is equal to fps, e.g. 24fps = 24Hz.

To demonstrate the effect of frame rate, an example of a 9hz thermal camera versus an 80hz version will be used. If a RPAS is hovering and the camera is looking at a fixed location, then it

is unlikely to be a problem – hence why thermal CCTV cameras usually have a low frame rate and are fine. However, now imagine the RPAS is moving or the camera is panning. It is clear that motion blur can become a problem leading to a poor quality image. On most flights some movement, even with a gimbal, is likely and this can cause issues.

Dealing with SAR in particular, a high quality image is important so that small details are not missed. Frame rate is even more important with fixed wings, as they fly faster to cover larger areas, so the frame rate needs to keep up.

For example, if the groundspeed is 13 metres per second, and the camera is operating at 9Hz then one frame represents nearly 1.5 metres of travel, whereas with the 80Hz thermal camera, each frame is only 170mm. The smaller the area per frame the better the image quality.

So with frame rate, higher is better.

Lens Choice:

Another aspect of thermal imaging is lens choice. As with the visual camera, each lens offers a different FOV for a thermal camera and all manufacturers offer a choice per product. However the FOV is fixed on a lens, and field of view dictates how much is in view within a frame. For just inspecting a building a smaller field of view is needed compared to examining a field – because you need more in frame with a field. The optics for one application does not necessarily meet the needs of the other.

To contextualise this, DJI offer four different lens options; 7.5mm, 9mm, 13mm & 19mm. The EENA / DJI Pilot Project found that the smaller lens options (7.5mm and 9mm) appear to be the more useful lens size for Emergency Services as it provides a wider FOV. (EENA, 2016) To demonstrate this, the image below compares the 7.5mm and the 19mm.

The DJI Inspire 1 with the XT thermal imaging camera is airborne over a stone circle. The diameter of the circle is 44m. With the 7.5mm lens the platform has to only be raised 40m above the ground to capture the entire circle while with the 19mm the platform has to be raised to 200m in order to capture almost the entire circle.

(EENA, 2016)

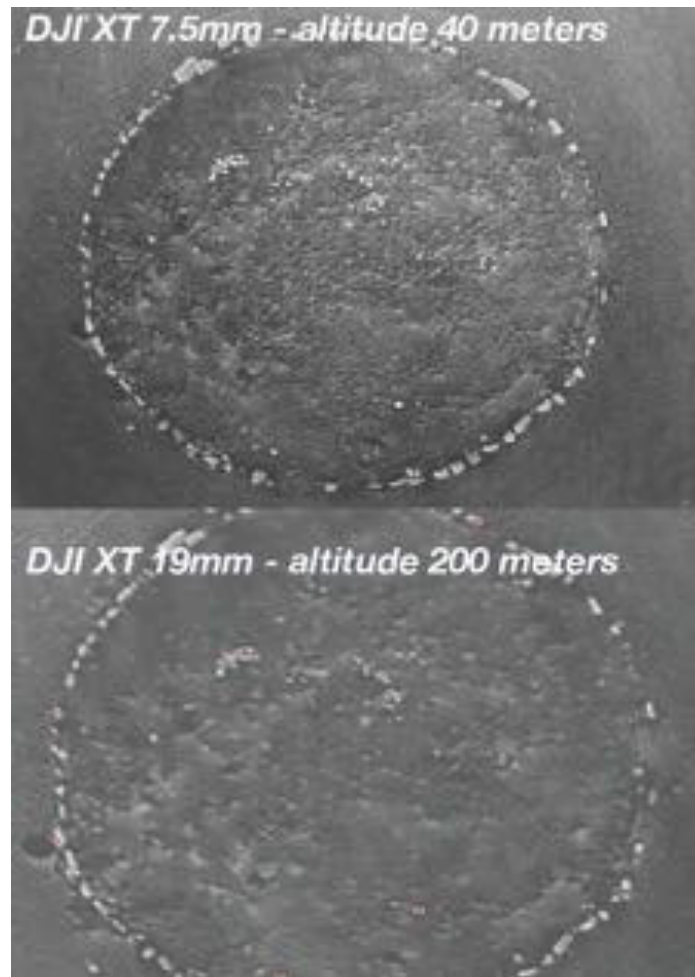


Fig 4. Source: EENA / DJI Pilot Project Report

Detector Resolution:

The detector is the heart of any thermal camera, similar to the role of the CCD detector chip in a standard video camera. It's the component that gathers the infrared energy and transforms that data into an image.

Detector resolution plays a pivotal role in image quality of thermal imaging cameras. Higher resolutions provide precise and reliable measurements of smaller targets from further distances, creating sharper thermal images. The higher the detector resolution, the more accurate the camera. The low-end options for thermal resolution typically offer the 160x120 detector or the 320x240 detector formats, but the standard is quickly becoming the 640x480 detector.

To contextualise this, if a camera with 640x480 resolution was compared against a camera with 320x240 resolution that both use the same size of lens, you'll find that the 640's angular FOV will actually be wider, yet will also detect objects from farther away. In the real world, this means that it can cover a wider search area and still be able to detect objects from a greater distance. Hence its importance to SAR operations, the tactical benefits of increased detector resolution are measurable and undeniable.

Moreover, when evaluating between detector resolution and display resolution, be aware that the quality of the thermal image and its data is always determined by the detector resolution. For example, if the built-in screen has a resolution of 307,200 pixels (640x480) but the thermal detector resolution is only 19,200 pixels (160x120), the thermal image can only be measured by the resolution of the thermal detector.

The examples below show that as the thermal detector resolution increases, the image detail becomes clearer and the temperature at a single point is more accurate.

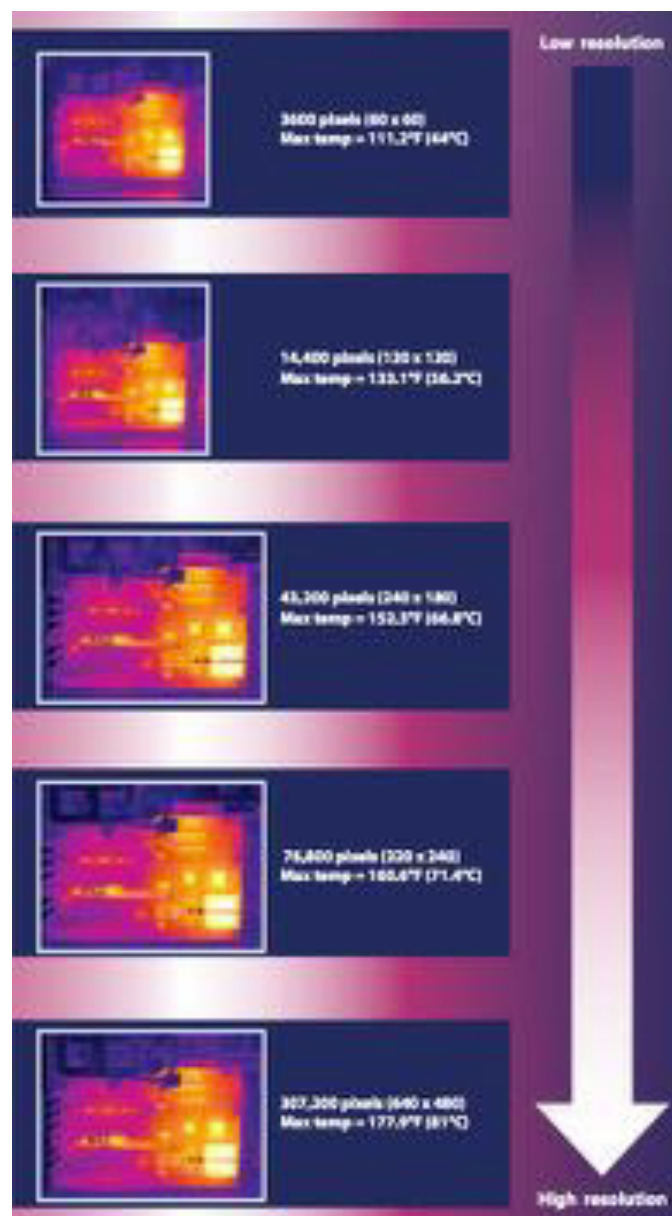


Fig 5. Source: *Infrared Camera Accuracy and Uncertainty in Plain Language*, FLIR

Thermal Sensitivity (NETD):

Thermal sensitivity is most often measured by a parameter called Noise Equivalent Temperature Difference (NETD), which measures the smallest temperature difference that a thermal imaging camera can detect.

Thermal sensitivity is measured in milliKelvins (mK). Cameras are more sensitive with values at the low end of the scale. For example, cameras with 50mK are about 4 times as sensitive as a camera with 200mK. The more sensitive (50mK) cameras provide a wider temperature difference, resulting in more colours on the thermal display.

Sensitivity expresses the ability of an infrared camera to display a very good image even if the thermal contrast in a scene is low. Put another way, a camera with good sensitivity can distinguish objects in a scene that have very little temperature difference between them.

If you take a low-light photo with your mobile phone and look at the image, you might see the “snow” effect, or – more technically – noise effect. Your phone shows noise at low light levels just like a thermal camera displays it at low temperature levels. NETD plots this overall noise and extracts the standard deviation, creating less “noisy” feedback of temperatures.

To put it simply, cameras with a low NETD will detect smaller differences and provide higher resolution images with increased accuracy. An example where this would be especially useful is persons in the water incidents; given the fact skin temperature rapidly decreases to match the water temperature, only the heat emitting from the top of the head will be vaguely traceable with a minute temperature difference for detection. A low NETD is ideal for these incidents.

Temperature Effective Range:

When selecting a thermal imager, it is important to evaluate the temperature range that will be suitable for your applications. For example, Fire and Rescue Services would need a thermal camera that features a wider temperature range to accommodate their practices that involve high temperatures. A thermal camera with a limited temperature range could suffer from a “white out” when exposed to high temperatures – very similar to an overexposed photograph; you simply lose all definition and detail. However, for the water-based applications this paper is assessing a lower temperature effective range would be feasible.

Notably, a broad temperature effective range combined with a low NETD will certainly add to information overload, ultimately being counterintuitive. This is especially true when the operator is not familiar with the functionality and the way data thermal imaging cameras are displayed. This is why a temperature dial is a vital characteristic for a SAR thermal camera to have. This feature allows you to set temperature parameters; narrowing the feedback to the temperature of the objects you’re searching for, rather than receiving the thermal camera’s full spectrum of detectable emittance. For example, if the camera has range of 20°C to 100°C but the search objects are around 20°C to 30°C then the dial will scale the temperature according to the scene to reduce feedback. This feature is often called “isotherms” and while it is a relatively common feature, not all are intuitive. For example, the EENA / DJI Pilot Project found that DJI’s thermal camera control app was too complex to effectively dial in the appropriate thermal camera/isotherm settings. (EENA, 2016)

Pixel Pitch:

The detector’s pixel pitch is also an important piece to the puzzle in predicting image quality and range performance. It is typically measured in micrometres (μ), or “microns”. When

looking at a camera's pixel pitch, essentially the lower the numbers, the better – the smaller the pixel pitch, the more image detail you'll get in a smaller package.

Let's compare two hypothetical uncooled VOx cameras both with 100mm f/1.6 lenses; one camera has 25-micron pixels, and the other has 17-micron pixels. All other things being equal, the 17-micron camera will detect a person from over 22% farther away than the camera with 25-micron pixels.

Just as important, however, the 17-micron camera will also produce more detailed, higher contrast images that will get better results from analytics and software packages.

Thermal crossovers further reinforce the importance of a smaller pixel pitch. A thermal crossover happens at one of two moments throughout a 24-hour cycle. Essentially, there are two times of the day in which items within an image are most likely to have the smallest differences in temperature (isothermal): just before the sun goes down, when things have been soaking up the sun's rays all day and have reached a critical point of solar loading, and in the middle of the night, when everything has radiated off its stored energy and cooled to a similar degree. Both conditions are called points of "thermal crossover". A higher pixel pitch will suffer noticeably during these timeframes; producing flat, washed-out images, which are difficult to distinguish and to draw out important information from. You cannot have your unmanned aerial vehicle (UAV) search asset as ineffective during the most difficult search hours, thus a lower pixel pitch is important.

Accuracy:

Most IR camera datasheets show an accuracy specification such at $\pm 2^{\circ}\text{C}$ or 2% of the reading. This specification is the result of a widely used uncertainty analysis technique called "Root-Sum-of-Squares", or RSS. The idea is to calculate the partial errors for each variable of the temperature measurement equation, square each error term, add them all together, and take the square root. While this equation sounds complex, it's fairly straightforward. In short, the RSS uncertainty analysis technique allows us to determine the accuracy of infrared cameras, and this " $\pm 2^{\circ}\text{C}$ " value represents its margin of error.

Picture-in-Picture (PiP) Imaging:

One final term that is useful for selecting the right SAR thermal camera for SAR is "picture-in-picture (PiP) imaging". PiP combines thermal and visible-light images by placing a "framed" thermal image over its corresponding visible-light photo. This allows you to have the radiometric data of a thermal camera overlaying a digital photographic image, like a digital camera, to give reference to the environment being measured. This will bring more clarity to the feedback you are observing, reducing information overload.

Due to the fact that a thermal imaging camera is using infrared radiation, instead of using visible light like regular photography/videography cameras, a familiar surrounding can appear very different looking.

4: CONCEPT OF OPERATIONS

4.1 Once all prior information has been properly assessed, i.e. use cases highlighted and suitable technology selected, then and only then can a framework of best practices be established. Unfortunately, there is a distinct dearth in understanding the optimal procedures for RPAS at present. Emergency Services are scrambling to form RPAS units without full considering a 'Concept of Operations' (CONOPs) for their use. This section offers suggestions and guidance towards achieving a future-proof RPAS CONOPs; the information listed throughout is derived from EENA's Operations Manual Template combined with lessons learnt from real RPAS deployments. All italic text has been taken directly from EENA's template.

4.2 Crew Organisation

Despite the "unmanned" moniker, many RPAS require significant manpower to be effectively operated. As such, RPAS operators must be integrated into the overall search effort at the right level and with the right persons, depending on the type of RPAS to be flown and for what purpose. Ultimately, the RPAS is providing services for SMC or IC. When operating in an emergency response environment, the RPAS team should be a fully integrated component of the Incident Command Structure to coordinate their operations accordingly. In any SAR case, the RPAS unit should coordinate their operations with the SMC or IC – depending on the incident type. This section offers a breakdown of crew organisation for better coherence.

4.3 Crew Roles

It is generally accepted that to operate safely a 2-person field team is required, with one person controlling the unit and one person searching the video feed for information that can be used for decision-making, but is this a common misconception?

EENA outlined **5 roles** for a RPAS team:

- a) *Commander of the Unit – the person who ultimately has accountability for the overall RPAS team*
- b) *Chief Pilot – the person designated as the pilot who has ultimate control over the operation and who maintains all procedures and processes.*
- c) *Flight Safety Manager – the appointed person responsible for all safety aspects of the RPAS unit and/or operation*
- d) *Pilot – the person who will fly the aircraft and who will receive and carry out 'eyes on' requests, typically from the Incident Commander (IC).*
- e) *Spotter/Pilot's Support team – the person(s) who will act as the on-the-ground support for the Pilot and be a second pair of eyes to observe the on-screen display. The person may also carry out additional safety checks before, during and after the mission such as take-off and landing checks, battery levels, altitude indicators, wind speed readings etc.*

Although a somewhat excessive crew list for most RPAS flights, EENA also contrarily recommended in the EENA / DJI Pilot Project report that "the RPAS unit is at least a 2-person

operation and in some cases such as lengthy and complex search missions may even need 3 or 4 persons in order to perform effectively.” (EENA, 2016) The advised list in the operations manual template may potentially be guidance for worst-case operations, such as disaster response.

During the 2015 floods in Wimberley – Texas, 3 RPAS crew roles were employed: a Pilot in Command (PIC), a Pilot at Controls (PAC), and a Visual Observer(s) (VO), collectively known as the “Flight Crew”. (Kessler et al., 2015)

The Donegal Mountain Rescue Team operate as a 2-3 person team comprising “a drone operator, drone op “attendant” who works and prepares in advance of the operators needs and a team member to forward plan, navigate, and relay communications and progress to incident command.” (EENA, 2016)

Clearly a minimum of 2 personnel members is required for RPAS operation, but for more severe or large-scale incidents, such as widespread floods, a larger RPAS team may be required.

4.4 Spans of Control

The below quote has been extracted from the UK’s HM Government’s Fire and Rescue Manual for Incident Command; this concept of not exceeding spans of control needs to be applied to RPAS operation in order to reduce human error and stress levels upon RPAS personnel.

“In a rapidly developing or complex incident where the intensity is great, the span of control may need to be as small as 2 to 3, whereas later on, in more a stable situation, up to 6 or 7 may be acceptable.

(HM Government, 2008)

The Centre of Robot Assisted Search and Rescue (CRASAR) found that the biggest source of robot failures is “human error”; this could be due to overloading a person’s spans of control. (Murphy, 2014) It has long been known that overworking persons with intensive cognitive loads in stressful environments will lead to error and poor judgement, hence the utilisation of nudge cards for tasks of highest importance, such as casualty care. This understanding of simplifying important tasks for a better outcome needs to be applied to RPAS operation.

The below extract from the EENA / DJI Pilot Project Report describes the detrimental effects overloading spans of control can have on RPAS operations:

The challenge is that if only the RPAS operator sees the live footage, the operators have to “digest” all the footage and data and then communicate the data and information to incident command. That creates a bottleneck in the data and information flow and minimises the impact the RPAS platform has. Furthermore, this distracts the operator from the pilot in charge

tasks and can lead to tactical use issues. Also, communicating and describing visual clues from the RPAS operators to incident command not only slows down the process, but could lead to miscommunication and misunderstandings.

(EENA, 2016)

4.5 Legislations And Regulations

Stating all relevant aviation legislations and regulations is out of scope for this paper, but the fact of the matter is that all RPAS crew members should be fully familiar with them and must abide by them at all times.

4.6 Qualifications And Training

Firstly, all members of a RPAS team should have received permission for RPAS flight from the relevant aviation body, for example the Permission for Commercial Operation (PfCO) for UK flights or received the Certification of Authorisation (COA) for USA flights, and so on. This needs to be assessed on a case-by-case basis, as there is no uniform qualification process that would cover all countries.

It is accepted that for best integration, RPAS missions should be expert-in-the-loop missions, i.e. where the pilot is also a qualified rescue technician rather than simply a RPAS pilot. Not to mention, it is encouraged with all SAR activities to never allow the failure of one system (single point of failure) to affect the mission. It is necessary to always have another means to gather information or to carry out general SAR procedures. If a RPAS team were sent to a remote location, such as during a flood, and the aircraft experiences technical difficulties or failure – the RPAS cannot be the only SAR tool. The personnel would then need to revert to other SAR methods, without the use of RPAS. Therefore, it is imperative that a RPAS unit are also qualified emergency responders.

With regards to training methods, an operator's initial training is advised to be located in wide open areas, such as fields; essentially, an area away from people, buildings, power lines, trees and water. If a technician is new to the technology, familiarisation with functionalities and manoeuvrability of a RPAS is critical; basic flying skills are an absolute baseline before any further training. (EENA, 2016) Once proficient, scenario-based training should be conducted **before** a RPAS crewmember is approved and deployed at a real-world scenario, this will significantly help reduce the cognitive load by making RPAS tasks in that environment become second nature. Austin Fire Department and Wimberley Fire Department both advise regular joint training exercises that involve manned air assets, RPAS, and ground-based resources. (Kessler et al., 2015)

EENA recommends keeping the following qualifications and training information on file for each RPAS crew member:

- a) *Name of the recognised training company*
- b) *Description of the training programme*

- c) *Record of each Pilot's training history including any refresher training or continuous professional development (CPD)*
- d) *Health records and 'authorisation to fly' logs*

EENA also recommends that it is equally as important to ensure ICs learn about the aerial technology, its capabilities, use cases, data output, maintenance, etc., to help them task RPAS assets accordingly for greatest effect.

4.7 Number Of Qualified Responders Required

Since many RPAS platforms can easily outlast their human operators, this aspect must be carefully planned and managed during and throughout any RPAS operation. In addition, the RPAS team must also account for the cumulative effects of fatigue during multi-day SAR operations. CRASAR noted that in 2 of their recorded human error related rescue robot failures, the issues were resolved by the operator either taking a long break or sleeping on it, then trying again with a fresh start. (Murphy, 2014) To avoid a pause in RPAS activity while the operators achieve the required rest, sufficient members within a service need to be trained in order to employ continuous rotations of RPAS responsibilities during long operations. The quantity will depend on the area of response for a service, quantity of hazards that could require RPAS assistance within their area, and so on. In short, the number of qualified responders cannot be a blanket number; it has to be assessed internally on a case-by-case basis.

Greater Copenhagen Fire Department has introduced 6 additional RPAS pilots to their unit, totalling 7 pilots, to achieve a 24/7 RPAS service. Whereas, for Mid and West Wales to achieve that same level of response, 10 CAA approved RPAS pilots had to be trained. (EENA, 2016)

However, these numbers may be proving insufficient. It should be noted that both of the above examples were part of the EENA / DJI Pilot Project and over the 6-month period of the project, a total of 25 out of 60 callouts were 'stood down'. 17 of these cases were due to the missing person being located before the RPAS crew could reach the search area. (EENA, 2016) The distance that the RPAS unit had to travel in order to reach the incident site may have been a factor in some of these cases, so potentially more than the above amount of pilots are required, in order to have teams located at different stations to reduce response times.

4.8 List of Qualified Responders

Two recommendations that derived from the 2015 floods in Wimberley, Texas were: to "pre-plan future responses by creating a list of qualified responders [and RPAS resources] that can be called upon for assistance" and to distribute said pre-approved list for use by ICs.

4.9 Procedures for Deploying the RPAS

To launch RPAS, the procedure for doing so along with the chain of command should be well known by all those involved, to ensure early and safe deployment for maximum usefulness.

Before launching, a series of safety checks should be conducted. EENA suggest the following process:

- i. *Pre-flight checklist – before launching the RPAS, a full pre-defined checklist should be undertaken by the Pilot. The checklist could include the following:*
- ii. *Assembly of the RPAS platform (in accordance with the manufacturer's instructions)*
- iii. *Firmware version status*
- iv. *Battery check (RPAS and RC control) including health of spare batteries*
- v. *Wi-Fi signal quality (if used)*
- vi. *Weather check (rain, ice and solar storms)*
- vii. *Near-field obstacles*
- viii. *Far-field obstacles*
 - a. *Check propellers, release the gimbal (if one is being used) and removing the protection bracket for the camera*
 - b. *GPS calibration (in line with the manufacturers specifications)*
 - c. *Emergency shutdown procedure*
 - d. *Alternate landing site if required*

4.10 Logistics

RPASs are most useful when deployed early; therefore logistics need to be well considered prior to incidents for rapid response times. This aspect wasn't included within EENA's Operations Manual template, however, the Wimberley unmanned aviation unit outline the following logistical considerations based on their experiences:

- Food and drink;
- Laptop computer for review of images;
- Fuel for the mobile command vehicle's generator;
- Access to ATV for VO;
- Batteries for radios;
- Batteries for UAS platforms;
- Field repair kit; and
- Cell phone
- UAS team should remain self-sufficient for daily assignments.

(Kessler et al., 2015)

These recommendations were made with flooding events in mind; day-to-day RPAS operations may not need all listed items.

A rucksack for RPAS transportation would be a useful consideration also; many RPAS have specific rucksacks available on the market. This will enhance the ease of launching from the field, and may encourage the ability to respond and begin searching before a manned aircraft can be activated and transit to the search area. (NSARC, 2016)

4.11 Communications

The challenge is oftentimes how to get the data collected to the relevant personnel for decision-making, hence a plan for communications and command structure during a deployment needs to be formalised. This is especially an important consideration in RPAS employment during multi-agency SAR operations.

Austin Fire Department and Wimberley Fire Department recommend that all members of an RPAS team should be in possession of a long-range, hands-free, two-way radio system for contacting bronze control and a ground-to-air aviation radio for communicating with other SAR aerial assets. (Kessler et al., 2015)

4.12 Search Patterns / Standard Operating Procedures (Sops) / Local Operating Procedures (LOPS)

This section is arguably the most important; as without standard operating procedures RPAS would offer very little value, similar to sending a lifeboat out to search without any method of search. Despite this, it is an area that urgently needs more attention.

Flying heights, flying speeds, and gimbal angles for different terrains and different search objects; all remain undefined.

It is critical to understand the relationship between range and altitude of line of sight (LOS) systems, and how this can degrade the effectiveness of most optical sensors. While it is often desirable to employ RPAS at or near its maximum range from the GCS, the RPAS may need to climb in order to maintain connectivity. In doing so, the increased altitude degrades the resolution of a given image to the point where it may be ineffective. Even at close range, operating at higher altitudes to increase the area covered still may render RPAS ineffective for a particular SAR operation.

(NSARC, 2016)

Methods used by SAR helicopters cannot be simply transferred to RPAS, although both aerial vehicles their capabilities differ vastly. For example, during the memorial floods in Texas, an RPAS flew a “mowing the lawn” grid pattern to obtain images with sufficient overlap in order to create large ortho-mosaic images for mapping purposes. (Kessler et al., 2015) This was a task that would be too costly for helicopters to achieve. By simply applying helicopter methods to RPAS technology, Emergency Services will miss out on numerous unique applications that RPAS can achieve and helicopters cannot.

A simple yet effective process that Wimberley Fire Department followed at the memorial floods in order to provide geo-referenced, high-resolution imagers to ground searchers was:

- Collect imagery of either a pre-designated area or requested points of interest;
- Review all imagery in the mobile command vehicle by laptop while looking for abnormalities that might include odd shapes or colours; and
- Contact searchers, and provide details of location and physical description of identified points of interest.

(Kessler et al., 2015)

Breaking up RPAS use cases into simple tasks – as above – will provide reliable results for RPAS operations.

There may also be a need for local operating procedures (LOPs), for example, Los Angeles, CA; Washington, DC; and New York, NY have special flight rule areas (SFRA) that differ from the rest of the USA. (NSARC, 2016) Therefore, those cities would require LOPs in order to abide by these special rules. Similarly, there may be local no-fly zones – e.g. military bases – that may require LOPs. This will ensure that even new personnel to a RPAS team will be aware of these location specific regulations.

Notably, RPAS SOPs may differ per service; different first responder incidents and scenarios require a different tactical approach on how an aerial platform is being used. (EENA, 2016)

4.13 Notes to Airmen (Notams)

It is recommended to create an immediate Notice to Airmen (NOTAM) in the case of emergency response, to attempt to restrict the search area to SAR assets only. It is the responsibility of the pilot to check NOTAMs and generally speaking, manned aviation pilots check NOTAMs as common practice. It is the hobbyist RPAS flyers that NOTAMs may not reach. However, in trying to ensure no manned aircrafts enter an RPAS search area it is still highly preferable.

However, this isn't always an effective measure. There were four instances of non-cooperative aircraft during the Memorial Day floods' RPAS response:

- RAA helicopter (#1) flying low over an active canine search with the incident commander present;
- Unauthorised unmanned aircraft operating on behalf of volunteer group;
- State rotary aircraft entered into unmanned aircraft operational airspace unannounced; and
- R44 helicopter (#2) flying low through unmanned aircraft operational airspace unannounced

(Kessler et al., 2015)

Whilst almost all cases were quickly resolved, the R44 helicopter (#2) was unidentified and so no further actions could be taken.

Despite not being 100% effective, it is still advisable to create a NOTAM at the earliest possible convenience.

4.14 Collision Avoidance

It goes without saying that RPAS cannot adhere to the see-and-avoid protocol that manned aircrafts must abide by, making collision avoidance a concerning topic for aviation authorities. Best practices that ensure sufficient distance from obstacles and other air assets would be advisable. Technologies that aid in collision avoidance are improving at a rapid pace. Future RPAS will no doubt fully release the pilot of these daunting responsibilities.

There is a "First Protocol of Unmanned Aircraft Use" which dictates that unmanned aircraft will ALWAYS defer to the manned asset

and give away, to the point of disposing of the unmanned aviation system in the most expeditious manner necessary to adhere to the Protocol.

(Kessler et al., 2015)

4.15 Landing and Post-Flight Procedures

Landing and post-flight procedures must also be considered carefully, the mission does not end when the data has been collected – landing is where most collisions occur.

Procedures for landing

EENA offer the following as best practices for landing procedures:

- a) Landing gear check – if the RPAS has retractable landing gear, they should be checked to ensure they have been deployed for landing*
- b) Landing lights/mats – if they are used, they should be switched on and made visible*
- c) Obstacles – the Pilot and Spotter should be aware of any potential obstacles prior to landing as well as the terrain*
- d) Weather – the wind speed and direction should be checked also prior to landing*

Post Flight Checklist

EENA recommend the following checklist for post flights:

- a) Post-flight checklist – after the RPAS has finished its mission, the Pilot may have to carry out certain procedures and these could be listed here as follows:*
- b) Mission log completion including flying time, location, incident type, result, observations, procedural issues if any etc.*
- c) Any hardware or software performance issues*
- d) Safe battery storage and transport procedures*
- e) Extraction of any key data from the RPAS*

4.16 Emergency Procedures

This section covers procedures that are not ops normal, e.g. technical difficulties, and procedures for preventing risks from occurring.

Risk Management

EENA have outlined the below list for risk management during RPAS operations:

- a) Weather – current and forecasted conditions*
- b) Human – likely duration of the mission and pilot fatigue*
- c) Equipment (limits and failures) – what are the maximum wind speed limit that the RPAS and Pilot can handle; what are the possible risks with equipment failure and how are those risks mitigated?*
- d) Jamming – what are the possible risks in relation to the device being jammed? How can those risks be overcome?*

- e) *Overhead obstructions – what is the process for watching out for overhead cables, building height variations, trees and other obstacles?*
- f) *Close proximity to buildings – what type of processes should be considered for observing and reporting proximity to buildings and other such infrastructure?*
- g) *Over crowds etc. – what are the risks identified with flying over crowds and how can those risks be reduced?*

4.17 Communications

Given the sheer importance of maintaining a method of communication during emergency response, an emergency backup communications plan should be in place in the event that the primary communication method fails.

For example, during the Memorial Day floods in Texas, the RPAS teams experienced great difficulties with communications amongst themselves, IC, search teams, air assets, and other organisations. All cellular and data services was lost due to both physical breakdown of the cellular networks and the overwhelming of the system. The RPAS teams were left with no means of communication in remote areas for long periods of time. (Kessler et al., 2015) A backup communication plan could have prevented this occurrence.

5: CONCLUSIONS

5.1 To conclude, the potential for RPAS technology in the realm of water and flood SAR is undeniable and truly exciting. However, there are still many gaps in understanding how this technology should be implemented. What is known however is the fact that the use of RPAS by the Emergency Services, SAR and first responder communities is growing rapidly and that the technology on-board the RPAS is also changing rapidly. The CONOPs for RPAS use should strive to evolve at a similar rate, to avoid detrimental effects.

Emergency Services are strongly advised to move away from the mindset of simply transferring helicopter techniques and applying them to RPAS. In many circumstances a RPAS and a manned aircraft are not interchangeable alternatives; a RPAS may provide a unique capability that will augment other search assets.

This paper has followed a strategic method that Emergency Services should aim to follow:

- highlighting use cases and analysis,
- thoroughly analyse the technology selection,
- then build a CONOPs for best practices.

This emerging technology is still in the proof of concept phase for many response communities, but continuing RPAS operations without clear understanding of where and how they should be used could see severe consequences.

Safe integration of RPAS involves gaining a better understanding of operational issues, such as training requirements, operational specifications, system equipage, and technology considerations.

REFERENCES

- [1] CAA, 2015. Unmanned Aircraft System Operations in UK Airspace – Guidance. UK: CAA. Sixth Edition.
- [2] Casas, D. G., 2010. Unmanned Aircraft Systems: Strengths and Weaknesses [online]. New York: Nova Science Publishers.
- [3] Davis Instruments, N/A. *Thermal Imaging Technical Resource* [online]. USA: Davis Instruments. Available from: <http://www.davis.com/Assets/MoreInfo/ThermalImagingTechResource.pdf> [Accessed 01 November 2016]
- [4] Defence iQ, 2017. Search and Rescue New Technology Making a Difference. London: Defence iQ.
- [5] Department for Transport, 2016. Search and Rescue Helicopter Statistics: April to June 2016. London: Department for Transport.
- [6] EENA, 2016. Remote Piloted Airborne Systems Operations Manual – A template document for use by the emergency services. Brussels: EENA.
- [7] EENA, 2016. The use of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) by the emergency services; A Report from the joint EENA and DJI Pilot Project. Brussels: EENA.
- [8] FLIR, 2016. Infrared Camera Accuracy and Uncertainty in Plain Language. FLIR [online], 12 April 2016. Available from: <http://www.flir.eu/science/blog/details/?ID=74935> [Accessed 01 November 2016]
- [9] FLIR, N/A. *With Thermal Cameras, Image Matters* [online]. USA: FLIR. Available from: http://www.flir.com/uploadedFiles/CSV_Americas/Security_-_NEW/Case_Studies/App-Notes-Image-Quality.pdf [Accessed 01 November 2016]
- [10] ICAO, 2011. ICAO Unmanned Aircraft Systems (UAS), Circular 328 [online]. N/A: Blyenburgh & Co.
- [11] IR InformIR Blog, 2012. What does Sensitivity (NETD) mean when applied to a Thermal Imager? IR InformIR Blog [online], 14 May 2012. Available from: <http://irinformir.blogspot.co.uk/2012/05/what-does-sensitivity-netd-mean-when.html?m=1> [Accessed 01 November 2016]
- [12] Kessler, C., Robinson, G., 2015. Using Unmanned Aerial Systems During a Natural Disaster in Texas. Texas: Austin Fire Department – Robotic Emergency Deployment (RED) Team & Wimberley Fire Department – Unmanned Aircraft Operations.
- [14] MarketLine, 2014. Unmanned Aerial Vehicles The economic case for drones [online]. N/A: MarketLine . ML000017-024.
- [15] Murphy, R. R., 2014. Disaster Robotics. USA: MIT Press.

- [16] NSARC, 2016. Unmanned Aircraft System (UAS) Search and Rescue Addendum to the National Search and Rescue Supplement to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual Version 1.0. USA: NSARC.
- [17] Office of Search and Rescue U.S. Coast Guard., Soza & Company, Ltd., 1996. The Theory of Search – A Simplified Explanation. USA: N/A.
- [18] OSA, 2008. *High Performance Infrared Focal Plane Arrays* [online]. USA: OSA. Available from:
http://www.photonics.ucla.edu/host/ieee_photonics_la/documents/James_Beletic_OPN.pdf [Accessed 01 November 2016]
- [19] Rickett, M., 2014. *The Then, The Now and The What Could Be* [PowerPoint]. London: The Commercial UAV Show 2014. Unpublished.
- [20] RNLI, 2013. RNLI 2015 Operational Statistics. Poole: RNLI.
- [21] Wikipedia, 2016. Infrared. Wikipedia [online]. Available from:
https://en.wikipedia.org/wiki/Infrared#cite_note-Byrnes-11 [Accessed 01 November 2016]
- [22] Wolfgang, B., 2013. Drone industry gives journalists not-so-subtle hint – don't use the word 'drones' [online]. Available from:
<http://www.washingtontimes.com/news/2013/aug/14/drone-industry-journalists-dont-use-word-drones/> [Accessed 20 March 2017]. Washington: The Washington Times.

SITUAZIONE E PANORAMICA DELLE PRINCIPALI INIZIATIVE IN FRANCIA NEL SETTORE DEGLI UAV PER I SERVIZI DI SOCCORSO

Arnaud Strina, Université de Nice, Centre de la Méditerranée Moderne et Contemporaine
arnaud.strina@hotmail.fr

ABSTRACT

L'organizzazione francese della Sicurezza Civile genera un paradosso quando vogliamo paragonarlo al sistema italiano. Mentre la dottrina francese si sviluppa intorno a "l'unificazione del potere decisionale" (Polizia Amministrativa del Sindaco, o del Primo Ministro attraverso il Prefetto di Provincia), abbiamo un vero smembramento dell'organizzazione dei vigili del fuoco. Non c'è un "corpo nazionale" invece un corpo per ogni provincia, ognuno di loro essendo un ente pubblico autonomo. A questi sapeurs-pompiers, funzionari civili, vengono aggiunti nel paesaggio della Sicurezza Civile, i militari degli UIISC (Unità d'Istruzione e d'Intervento della Sicurezza Civile) e quelli, sempre dell'Esercito, della Brigata degli Sapeurs-Pompiers de Paris, con i loro omologi della Marina militare al Battaglione degli Marinai Pompiers di Marsiglia. Altri organismo concorrono alla SC, Scuola Nazionale degli Ufficiali, Scuola d'Applicazione della SC, CESIR... etc.

Dal punto di vista della categorizzazione consideriamo quattro tipi di UAV. Lungo raggio di azione ad alta quota, a media quota, gli TUAV (Tactical) e gli UCAV (Combat). Tutti questi sistemi permettono di prendere in considerazione delle problematiche come;

- L'esposizione umana
- La permanenza sul teatro dell'operazione
- L'uso per compito monotono e ripetitivo
- La condivisione d'informazione
- L'interoperabilità degli UAV con altri sistemi (pilotati o no)
- L'ottimizzazione dei costi

Il vantaggio principale dello UAV su altri sistemi è quello di lavorare in ambiente "3D": Dull (monotono, ripetitivo) Dirty e Dangerous. Proviamo a fare il punto della situazione e una panoramica delle principali iniziative in Francia nel settore del soccorso.

INTRODUZIONE

Questa presentazione non ha la pretesa di essere completamente esaustiva: l'obiettivo è presentare gli elementi più importanti nei settori dei droni e dei servizi di soccorso in Francia.

Questa comunicazione si iscrive nel quadro della mia attività di ricerca all'università di Nizza. Sono ufficiale dei pompieri professionisti, vicedirettore del centro di soccorso di Mentone, ma non ho avuto l'ordine dai miei superiori per parlarvi dei droni, e forse capirete perché più tardi, con la descrizione della situazione francese. Il tema della mia ricerca al Centre de la Méditerranée Moderne et Contemporaine verte sull'evoluzione della società italiana e le catastrofi, questo mi lascia ampie libertà ed anche la possibilità di essere con voi oggi, volontariamente e per interesse

personale.

Questa presentazione sarà fatta in italiano: lo capisco, spero di farmi capire, farò il necessario, con la vostra indulgenza e l'aiuto dei miei appunti.

Vi presenterò dunque in questa occasione il mondo dei droni in Francia. Dopo aver delineato in primo luogo la situazione attuale, parlerò in una seconda parte della legislazione e degli scenari di occupazione di zona, e infine tratterò delle modalità adottate come più efficienti per gestire gli acquisti dei candidati alle attività coi droni, con gli appalti dell'UGAP e i lavori della DG (Direzione Generale).

In conclusione questo bilancio ci inviterà a riflettere sulle sfide da accettare per lo sviluppo di questo settore e di questa attività.

1. IL PUNTO SULLA SITUAZIONE

Diversi attori

Mi sembra importante innanzitutto spiegare un paradosso del sistema francese: il sistema italiano si basa sulla moltiplicazione delle competenze, di modo che realtà diverse concorrono al Servizio Nazionale della Protezione Civile. I pompieri italiani operano nel quadro delle loro missioni che dipendono dal Ministro dell'Interno.

In Francia i pompieri hanno una posizione di monopolio sulle missioni, tranne in casi particolari, e sono i soli attori a intervenire nello spazio pubblico per le missioni di soccorso. Ci sono anche delle associazioni dette di "sicurezza civile" che però non svolgono le missioni ordinarie di soccorso sanitario, come le associazioni di soccorritori volontari in Italia. L'insieme degli attori è coordinato da una Direzione Generale alle dipendenze del Ministero dell'Interno. Tuttavia, pure in questo quadro dottrinario francese di centralizzazione del potere decisionale, applicato nello specifico con il potere dei prefetti, la direzione delle attività dei pompieri è molto frammentaria.



Al centro della DGSCGC: Direzione Generale della Sicurezza Civile e della Gestione delle Crisi.

I pompieri sono i principali attori: il 71% dei loro interventi è effettuato con ambulanze. Il soccorso a incidenti stradali rappresenta il 6% delle attività, le operazioni varie il 16% e infine lo

spegnimento di incendi il 7%, per un totale di quattro milioni cinquecentomila interventi e più di venti milioni di chiamate ricevute.

I pompieri civili costituiscono la maggioranza degli effettivi, si tratta di quarantunmila professionisti e centonovantatremila volontari inquadrati nei SDIS (Servizi Dipartimentali di Incendio e Soccorso): questi servizi sono presenti in tutti i dipartimenti, gli equivalenti delle province, e sono degli organismi pubblici autonomi, con un bilancio e un consiglio d'amministrazione indipendente. (*per es. Il servizio delle alpi-marittime ha un bilancio annuale di 140 milioni*)

I pompieri militari di Parigi e Marsiglia si occupano del soccorso nei rispettivi settori, altre unità militari di sicurezza civile (le UIISC) costituiscono una forza di intervento a livello nazionale o internazionale per eventi specifici come incendi forestali, o il salvataggio e lo sgombero in caso di frane.

Le associazioni certificate di sicurezza civile (la certificazione sarebbe l'equivalente dell'iscrizione nell'albo regionale ma a livello ministeriale), di cui le due principali sono la Croce Rossa francese e la Federazione Nazionale di Protezione Civile, riuniscono circa ottantamila effettivi, sono mobilitate solo per disposizioni transitorie (sicurezza delle manifestazioni) o in caso di emergenza, ma molto raramente per attività di soccorso.

Le istituzioni come la scuola ufficiali o la scuola d'applicazione di Valabre hanno lo scopo di operare in tutti i campi della sicurezza civile, a parte gli interventi.

Le risorse dei pompieri sono infine completate dalla Base aerea di sicurezza civile che ospitano i mezzi aerei nazionali, dagli ESOL (Base di sostegno operativo e logistico, equivalenti dei CAPI) e dagli sminatori della sicurezza civile.

Con dunque più di 100 istituzioni autonome, una sovrapposizione fra professionisti e volontari, una fra civili e militari e una terza fra dipartimenti e risorse nazionali, con in più diversi organismi fautori di innovazione come le scuole, descriverci l'insieme delle iniziative sembra impossibile, e potremmo anche interrogarci sulla pertinenza di una soluzione che vorrebbe dispiegarsi "da Parigi" senza tener conto di tutte queste realtà differenti.

1.1. droni militari – droni civili

La ricognizione di un settore per mezzo di un vettore aereo classico, un aeroplano o un elicottero, è un elemento che può rivelarsi determinante nelle strategie di lotta contro gli incendi forestali ed urbani, ed anche in tutte le situazioni che necessitano di una visione generale per favorire il processo decisionale. L'evoluzione tecnologica vede apparire, in questo campo operativo, un nuovo strumento chiamato "Drone".

In questa giornata di studi utilizzeremo l'acronimo UAV, si ha piuttosto tendenza in Francia a parlare di RPAS (remoted piloted aircraft system), ma si parla in effetti di sistemi di droni, perché il drone di per sé non è che un aeromobile, è importante sottolineare la presenza di numerosi sistemi legati al loro volo e allo sfruttamento dei dati. Diremo quindi UAV, RPAS o drone ma in ogni caso non dimenticheremo ciò che questo comporta.

I droni rappresentavano nel 2010 una risorsa molto utile per la condotta di operazioni militari come la ricognizione, l'osservazione e l'attacco aereo. I conflitti recenti hanno dimostrato l'utilità dei droni, che permettono di portare a termine le missioni suddette senza mettere a rischio la vita dei piloti.

Nel 2015 si è assistito all'introduzione dei droni civili. Rappresentano una tecnologia in via di sviluppo che si inserisce nel nostro quotidiano. Una tecnologia che può far paura, come lo dimostrano i sorvoli di siti nucleari francesi (30 episodi nel 2014-2015), gli avvicinamenti ad aerei di linea (Febbraio 2016) o ancora l'utilizzo in Iraq con dei droni che trasportano cariche esplosive (Ottobre 2016).

Questa preoccupazione si traduce negli scenari delle esercitazioni di sicurezza civile per la preparazione a Euro 2016 con dei droni che attaccavano degli stadi (a Nizza e Saint Etienne).

La Francia è uno dei primi paesi a stabilire un quadro normativo per questi mezzi a partire dal 2012. La direzione generale dell'aviazione civile (DGAC) gestisce queste norme. È tuttavia

necessario accompagnare e sviluppare questo settore a forte potenziale economico conciliandolo col rispetto della vita privata, delle libertà individuali e della pubblica sicurezza.

La crescita del settore dei droni è considerata esponenziale, e non abbiamo ancora colto tutte le potenzialità di questa tecnologia.

Ci sono dunque dei possibili sviluppi che vanno al di là dell'utilizzo dei droni per delle missioni di soccorso. Ci concentreremo in questa relazione sulle diverse iniziative degli attori della sicurezza civile in Francia.

È ovviamente alle unità militari che si deve l'iniziativa dell'uso dei droni (ne ripareremo). Il rapporto della direzione generale della sicurezza civile e della gestione delle crisi sull'utilizzo dei droni parla di una "forte impronta delle risorse umane". Nelle forze armate, che hanno grande esperienza in materia, l'utilizzo dei droni è affidato ad esperti. L'aeronautica li forma in un "centro di eccellenza droni" (CED a Salon de Provence). I piloti di droni MALE – media quota lunga autonomia – sono tutti piloti da caccia. Ogni missione è gestita da una squadra di pilotaggio e una squadra di sviluppo.

L'esercito istruisce i suoi tele-piloti di aeromobili pilotati a distanza (APAD) nei suoi istituti di formazione: qui sono formati alla specialità di pilota, operatore o interprete d'immagini.

Utilizzare questi sistemi droni comporta parallelamente una coordinazione dell'ambiente tridimensionale. Ciò implica la designazione di un coordinatore tridimensionale, specialmente in presenza di elicotteri per operazioni di salvataggio.

Le forze armate hanno sviluppato solide competenze nel campo dell'utilizzo dei droni. Il Ministero della Difesa detiene il primato delle prime applicazioni delle tecnologie dei droni ed ha un livello di competenza non trascurabile. I droni più conosciuti dal grande pubblico sono i droni di teatro ad ala fissa che svolgono missioni di lunga durata a partire da basi terrestri. Bisogna tuttavia fare una distinzione fra i droni di teatro detti MALE – che possono svolgere missioni offensive – ed i droni tattici le cui vocazioni sono piuttosto la ricerca di informazioni e le missioni di sorveglianza.

Nel campo della sicurezza civile, l'emozione e l'urgenza che hanno seguito al catastrofe di Fukushima hanno portato nel 2012 all'acquisizione di un sistema di droni ad ala rotante. Questo sistema rappresentava quattro anni fa quanto di meglio vi fosse a disposizione: i due vettori a motore termico e ad ala rotante (25 chili ciascuno) erano in grado di trasmettere immagini in tempo reale su uno schermo video. Non sono mai stati impiegati in operazioni di sicurezza civile di una certa importanza, né in Francia né all'estero. In effetti, una volta messo a punto il dispositivo si è constatata una carenza formativa dei piloti, una ridotta autonomia (20 minuti) e delle limitazioni d'impiego legate ai regolamenti sul sorvolo delle aree urbane.

La loro acquisizione ha permesso tuttavia alla SDMN (vice direzione dei mezzi nazionali) di sviluppare una visione chiara circa l'interesse di tali dotazioni.

A parte l'interesse operativo costituito dalla disponibilità di un sistema drone, la vice direzione può ora esprimere pareri pertinenti su questioni come la scelta della propulsione, la natura dell'energia propulsiva, l'autonomia minima, la scelta delle batterie e delle modalità di ricarica, la qualità delle immagini e delle trasmissioni, l'immagazzinamento, la manutenzione, le precauzioni per il trasporto e la formazione dei piloti.

Questi modelli sono ormai considerati inadatti alle necessità attuali ed è auspicabile acquistarne di più semplici e meno costosi.

In questo contesto la DGSCGC ha formato un gruppo di studio con l'obiettivo di creare una specialità operativa comparabile a quelle già dispiegate (una sezione operativa specializzata come i sommozzatori, il salvataggio e sgombero di frane, ecc...). Nel corso del 2017 si dovrebbe creare una mansione di Consigliere Tecnico Nazionale assieme ad un polo specializzato (un raggruppamento amministrativo) sul modello degli aerei antincendio (ABE) o degli elicotteri.

L'inaugurazione il 10 Marzo 2017 della base di Nîmes lascia presagire il ruolo trainante di questa nuova struttura, i modelli BERTIN delle unità militari di sicurezza civile vi si sono già trasferiti. Questa BASC (base aerea di sicurezza civile) si iscrive in un progetto vasto e ambizioso che mira a creare un centro d'eccellenza a vocazione europea sull'impiego dei mezzi aerei di protezione civile.

1.2. disobbedienza di successo

La direzione generale ha dunque creato un gruppo di lavoro dal quale nascerà un raggruppamento amministrativo, dato che l'influenza della direzione sulla regolamentazione dell'attività dei diversi organismi vorrebbe vedere la propria visione dottrinale applicata sul territorio. Tuttavia la strutturazione di un settre droni non poteva basarsi solo sulle esperienze delle unità militari di sicurezza civile, che utilizzavano peraltro dei droni giudicati poco adatti dalle unità stesse. Una rivelazione scaturita da questa vicenda è proprio la veridicità di questo detto:

“Nell'amministrazione, un'innovazione è una disobbedienza di successo”

In mancanza di iniziative, lo stato si è trovato di fronte a una massa di singole iniziative dei diversi servizi, e la volontà di codificare o di imporre una visione dottrinale sull'impiego dei droni deve ora fare i conti con le realtà esistenti. L'uso dei droni nelle missioni di sicurezza civile è marginale se comparato al loro sfruttamento massiccio nei settori dell'audiovisivo, delle costruzioni, dell'industria dei trasporti o nelle forze armate. Ispirate da questo utilizzo su vasta scala dei droni, le sperimentazioni si stanno sviluppando già da qualche anno. Alcuni servizi dipartimentali, appoggiati da poli di competitività o da progetti di politiche regionali (come il cluster *acquittain services et systèmes drones* chiamato AETOS, in collaborazione con Thalès per l'SDIS40), non hanno esitato ad acquisire presso le industrie dei mezzi aerei del tipo “sistema drone” per mettere alla prova la loro efficacia e le loro modalità operative in condizioni d'impiego diverse (alluvioni, incendi forestali o industriali). Queste disobbedienze – che disobbedienze non sono dato che in fondo tutto è andato a buon fine – hanno posto le basi per l'utilizzo dei droni. Con un approccio pragmatico, utilizzando dei droni progettati per il mercato civile, e con criteri d'impiego meno stringenti che nelle forze armate, le iniziative hanno potuto accodarsi al cammino intrapreso dalle Unità militari di sicurezza civile.

L'esempio dell'SDIS 13

Dopo aver ottenuto le autorizzazioni permanenti della prefettura e della DGAC, si utilizzano due droni ad ala rotante Novadem Nx 110 e Infotron IT 180 TH; l'impiego operativo si sviluppa in una zona ad intenso traffico aereo, secondo la DG dispongono di una “solida competenza nelle procedure d'acquisizione e d'impiego degli aeromobili telepilotati”. Il loro manuale operativo precisa:

“Gli aeromobili autopilotati hanno lo scopo di aiutare il COS (comandante delle operazioni di soccorso) a completare la sua ricognizione su un intervento complesso che non permette di acquisire la piena consapevolezza della situazione operativa o in zone poco accessibili. Nella fase di intervento, possono permettere di identificare delle criticità o dei punti sensibili. Grazie alla sua telecamera termica, l'IT180 può identificare la traccia termica di materiali, oggetti e persone. Lo streaming video e la registrazione dei dati possono permettere una copertura in tempo reale.”

Il piano dell'SDIS 13 si è spinto fino a mettere a disposizione un ufficiale per il polo di competitività “rischi” di Aix-En-Provence, con l'incarico di servire da tramite fra il mondo dei soccorritori, la ricerca e gli industriali.

Sviluppo condiviso di un'applicazione innestata sul Sistema d'Informazione Geografico:

Esempio di un programma gratuito: “MACH 7 DRONE”

Fornisce due servizi:

- Sistema di preparazione del volo per telepiloti di droni
- Coordinamento drone/aviazione

Questo è l'esempio di una preparazione di un volo tipo S4 (vedremo più avanti i vari tipi di voli) su carta satellitare (illustrazione)

L'esempio della preparazione di un volo S2 su una carta IGN 25000 (illustrazione)

Altrove, sono utilizzate altre soluzioni tecniche:

- ✓ Lo SDIS 66, in collaborazione con la startup “itolosa” sta mettendo a punto una soluzione di integrazione di contorno del fuoco su una carta 3D.
- ✓ Lo SDIS 2b ha un contratto con un aereo per osservazioni che permette di ottenere immagini video in diretta con integrazione su modello digitale del terreno. Questa integrazione è anche possibile con i droni.

Questi sistemi sono flessibili ed interoperabili, ne vediamo l'esempio con un drone dell'SDIS 13 dispiegato in Corsica.

- ✓ Lo SDIS 34 sta sperimentando in questo periodo la capacità di trasporto di un giubbotto di salvataggio che permetterebbe di accorciare i tempi di intervento in caso di annegamenti in mare.

Le iniziative si moltiplicano, i vari SDIS riescono a convincere i loro gestori con l'impegno di dipendenti appassionati che sviluppano in autonomia delle soluzioni per proporle in seguito (alcuni di questi hanno delle qualifiche altamente specializzate nel campo dei droni).

- **Il punto essenziale è la trasmissione in tempo reale delle immagini al centro di comando (i nostri UCL).**

Le applicazioni si distribuiscono principalmente fra missioni di ricognizione, sorveglianza o comunicazione: quest'ultima è ancora l'aspetto più sovente portato a esempio per dimostrare la facilità d'impiego e la praticità del drone. Tutto ciò costituisce per molte SDIS un'insubordinazione – un utilizzo non direttamente autorizzato dalla gerarchia, o quantomeno su direttive volontariamente generiche – che è normalizzata in seguito passo dopo passo, dalla comunicazione all'esercitazione, fino all'impiego operativo.

La lista delle missioni è del resto cospicua, e quanto segue non è nemmeno un elenco esaustivo:

Ricognizione

- Ricerca in mare ognitempo
- Individuazione di persone in difficoltà su pareti rocciose
- Sorveglianza delle alluvioni
- Sopralluogo su crolli di edifici, di falde di montagne, di valanghe...
- Controllo degli sviluppi degli incendi forestali
- Ricerca di itinerari in ambienti ostili (penetrazioni in incendi forestali)
- Marcatura della posizione degli effettivi in tempo reale
- Esplorazione di zone inaccessibili
- Ispezione di infrastrutture per la previsione o la prevenzione
- Ritrasmissione di immagini video o foto in qualunque luogo
- Valutazione delle catastrofi naturali
- Ricerca di fonti di calore
- Incendi di giunti di dilatazione
- Ricognizione in quota
- In atmosfera contaminata (prodotti chimici, radiazioni)
- Mappatura video della zona d'intervento
- Riduzione dei tempi di valutazione delle crisi (spiegamento più flessibile comparato all'elicottero)

Sorveglianza

- Riprese su incendi forestali
- Livello delle acque in caso di alluvioni
- Sorveglianza di concerti, partite...
- Copertura fotografica di un incidente
- Lavori vari di mappatura fotografica
- Gestione dell'urbanismo, cartografia
- Conferma dell'assenza di persone nei perimetri di sicurezza

Comunicazione

- Pubblicità
- Campagne di comunicazione
- Eventi istituzionali
- Immagini aeree dinamiche ravvicinate
- Elaborazione di documenti pedagogici
- Vettori di comunicazione per le autorità durante gli interventi

I servizi dipartimentali sono ormai passati da una fase di interessamento a una fase di acquisizione

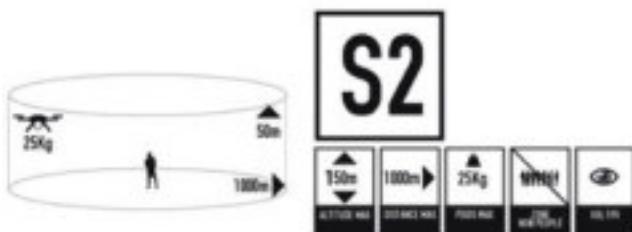
2. REGOLAMENTO PER GLI SCENARI DI OCCUPAZIONE DI ZONA.

Oltre alle regole sul rispetto della privacy, e la classificazione delle attività e delle macchine, la regolamentazione definisce degli scenari delle zone di evoluzione

- Lo scenario S1 è riservato ad aeromobili di massa inferiore a 25 kg che dispongono di un attestato di concezione, delle restrizioni supplementari sono previste per le categorie superiori. La distanza di sicurezza da persone al suolo è di minimo 30 metri, l'aeromobile deve volare a più di 50 metri dai caseggiati e a più di 150 da raggruppamenti di persone.



- Lo scenario S2 è limitato a una quota di volo di 50 metri per aeromobili di massa superiore a 2 kg. Inoltre, nessuno deve trovarsi in tutta la zona di volo ingrandita dei perimetri di sicurezza.



Lo scenario S3 è riservato ad aeromobili vincolati o non vincolati di massa inferiore o uguale a 8 kg dotati di un dispositivo di protezione delle persone a terra che limiti a 69 joules la forza d'impatto (di solito si tratta di un paracadute), obbligatorio per tutti i mezzi di massa superiore a 2 kg. La distanza di sicurezza per le persone varia fra un minimo di 10 metri fino a circa 150 metri per gli

aeromobili dotati di dispositivo di protezione delle persone.



- Lo scenario S4 è riservato ad aeromobili di massa inferiore a 2 kg, per telepiloti titolari di brevetto di pilota di aerei, alianti o elicotteri con un'esperienza minima di cento ore di volo in qualità di comandante e di venti ore di utilizzo del drone, acquisita nel corso dei sei mesi precedenti. Il sorvolo stazionario di individui isolati è permesso e la distanza minima dai raggruppamenti di persone deve essere di 50 metri.



- Vi è poi la questione degli equipaggiamenti di sicurezza obbligatori

Sonda barometrica: per permettere al telepilota di conoscere la quota di volo del mezzo in tempo reale

Dispositivo di limitazione di quota barometrica: permette all'aeromobile di non oltrepassare la quota fissata dallo scenario di volo (e deve funzionare in caso di perdita di collegamento radio).

Dispositivo di protezione delle persone al suolo: deve potersi attivare automaticamente in caso di procedura d'atterraggio d'emergenza (failcrash) o su decisione del pilota.

Dispositivo di navigazione: gli aeromobili devono comunicare al telepilota la loro posizione, registrare tutti i parametri di volo degli ultimi 20 minuti (per gli scenari S3 ed S4), ed essere equipaggiati con una telecamera puntata verso l'avanti che permetta di visualizzare la presenza di persone in caso di atterraggio forzato (per lo scenario S4).

Dispositivo di segnalazione ognitempo: la regolamentazione prevede gli obblighi amministrativi e le deroghe (nella fattispecie per le missioni di sicurezza civile).

3. LA STRUTTURA DEL SETTORE.

I principali utilizzatori dei droni sono nel settore dell'audiovisivo, ma sono anche molto ricercati quando si tratta di sostituire l'uomo nei lavori cosiddetti 3D (dull, dirty, dangerous). I primi droni compatibili con atmosfere esplosive cominciano a rispondere ai regolamenti in vigore nell'industria chimica o petrolifera.

Fra gli operatori dei droni, le piccole-medie imprese sono i più numerosi e generano posti di lavoro. Il 40% di queste imprese hanno meno di due dipendenti e lavorano nel settore audiovisivo. Il 10% degli operatori di droni hanno più di 100 dipendenti. Con poco più di 585 dronisti civili la Francia è leader del settore in Europa, davanti all'Inghilterra (340) e alla Svezia. Al di là della concezione e dell'utilizzo, è tutta l'economia dei droni che si sta sviluppando intorno ad un'offerta estremamente diversificata.

Al giorno d'oggi si contano una ventina di SDIS che hanno provato od adottato un sistema drone. Anche se esistono dei costruttori locali che offrono soluzioni dinamiche di prossimità, questo tipo di prodotto resta un investimento importante, compreso fra ventimila e sessantamila euro.

I vantaggi di queste soluzioni specializzate consistono in una migliore resistenza alle avversità

meteorologiche, una cifratura delle frequenze e l'impiego di diversi sensori.

La maggior parte delle SDIS hanno tuttavia preferito delle soluzioni destinate al mercato di consumo semi professionale con costi che non vanno oltre gli ottomila euro.

Questa gamma è prodotta da alcune imprese. Su questa classe di prodotti, la cifratura delle frequenze non è possibile e le condizioni meteorologiche avverse impediscono al drone di operare. Ciononostante, alcuni modelli offrono video di alta qualità e a volte l'opzione di una telecamera termica.

Evidentemente, il modello di drone perfettamente adatto ai servizi antincendio non esiste ancora, ma vi è la volontà di approfondire lo studio delle esigenze dei servizi di soccorso in materia di tecniche e di applicazioni.

In questo panorama in pieno sviluppo lo Stato francese ha ricordato il ruolo dell'UGAP nel sostegno ai pompieri in materia di politiche di acquisto.

L'UGAP, unione dei raggruppamenti di acquisto pubblico, è un ente pubblico industriale sotto la tutela del Ministro delle Finanze che permette agli altri enti, collettività od organismi statali di svincolarsi dalle gare d'appalto scegliendo i prodotti richiesti nel proprio catalogo, dato che l'UGAP stesso si è già occupato degli appalti e della scelta dei prodotti migliori in seguito alla valutazione delle necessità.

Per realizzare questa valutazione l'UGAP ha preso spunto dal gruppo di studio della DG nello stabilire i requisiti applicabili ai droni. L'UGAP ha redatto delle co-prescrizioni, ed ha elaborato ed organizzato i protocolli di collaudo. Le specifiche di massima sono state stabilite nel 2015, e l'appalto è stato lanciato l'anno seguente.

Sono stati selezionati due modelli.

L'NX110 della NOVADEM, ad ala rotante, è il drone che è stato presentato ad una giornata dimostrativa a beneficio di tutti i servizi antincendio e di soccorso. Baptiste Vassor, responsabile innovazione all'UGAP, ci ricorda che sono necessari modelli diversi, come per le altre attrezzature dei pompieri. Così un secondo modello ad ala fissa prodotto dalla **Airtech Toulouse** è stato scelto, ed è per quest'ultimo che è stato previsto lo scenario S4.

L'impiego dei droni in S4 è già molto più problematico nei riguardi delle restrizioni normative e delle competenze richieste al pilota; tuttavia, questo è il futuro dei droni.

4. CONCLUSIONE.

Novadem soddisfa le esigenze del mercato dei droni a corto raggio, ma tutto resta ancora da sviluppare per i droni HALE (alta quota, lunga autonomia) e MALE. La tecnologia e la complessità della piattaforma non possono essere gestite da una piccola-media impresa. Da qui a qualche anno l'impiego dei droni nel settore civile conoscerà uno sviluppo ancora più ampio che nel campo militare, l'aeroporto di Parigi, ad esempio, sta prevedendo la creazione di un aeroporto riservato ai droni.

I droni a corto raggio vedranno il loro impiego limitato in breve tempo dalle esigenze crescenti di autonomia e carico utile, esigenze che porteranno rapidamente alla necessità di aumentare la capacità di acquisizione di informazioni su teatri operativi più vasti. Sarà allora necessario acquisire o condividere l'utilizzo di droni a prestazioni più elevate. Adrien Mangiavillano, ricercatore in Ricerca e Sviluppo impegnato in progetti sui droni sottolinea che "il lavoro da svolgere non è sull'aspetto del pilotaggio ma sulla strutturazione di un vero ambito professionale legato all'analisi e all'integrazione dei diversi strumenti e dei loro dati." La formazione è ancora da sviluppare e sembra indispensabile ispirarsi alle competenze dei militari nel trattamento dei dati aerei o spaziali.

Uno dei punti di interesse sarebbe l'adattamento della dottrina francese della Gestione Operativa del

Comando (GOC), cosa che si potrebbe anche fare appoggiandosi sulle competenze della scuola dell'aeronautica che ha già formalizzato un metodo di trattamento dei dati per l'esercito.

Esiste un bisogno concreto di creazione di una "filiera" mestiere di analista e interprete dei dati: siamo capaci di raccogliere dei dati, bisogna però poterne trarre delle informazioni.

Il rapporto del tenente colonnello Cros e del comandante Gremillot è chiaro:

"A differenza dei militari, l'informazione [al senso dell'intelligence, cioè l'analisi dell'informazione] non fa parte della cultura degli attori della sicurezza civile. I sistemi di informazione e comunicazione, sempre più performanti, diffusi fra il grande pubblico e che permettono a questo di accedere facilmente ai social media, costringono già da ora i pompieri ad adottare delle modalità operative in sintonia con l'era della comunicazione, in altre parole estremamente reattivi, e che rispondano alle attese delle autorità politiche. Non è concepibile che la COGIC (la sala gestione crisi nazionale) ottenga informazioni frammentarie solo da mass media o social media, mentre i soccorsi stanno intervenendo. Sarebbe preferibile che il livello nazionale sia alimentato da informazioni (video in tempo reale e foto...) provenienti da fonti affidabili ed istituzionali presenti sul luogo dell'intervento."

Per riassumere

Analisi sistemica

Vantaggi	Svantaggi
•Messa in opera rapida e semplice •Differenti possibilità d'impiego nel campo della sicurezza civile •condivide le immagini di un incendio, in tempo reale, con l'insieme degli attori impegnati nella lotta contro incendi forestali (catena di comando, autorità, personale di sostegno). •Tracciatura cronologica dell'evoluzione di un sinistro e conservazione dei dati raccolti in memoria. •La conoscenza dei limiti dell'incendio avviene in tempo reale, cosa che favorisce le azioni di anticipazione. •Economicamente, questa soluzione è poco costosa se paragonata al prezzo orario degli altri mezzi aerei (aereo, elicottero). •Infine, l'acquisizione di un drone offre una dimensione sociale non trascurabile al nostro dispositivo, dato che mobilita e reimpiega attivamente agenti pompieri dichiarati "operativamente inadatti" (personale di messa in opera del drone).	•Passare ad una nuova tecnologia di aiuto decisionale si sta dimostrando una rivoluzione culturale per i servizi antincendio. •Pochi studi (o anche nessuno) sono stati condotti per aumentare la consapevolezza degli attori coinvolti. •Il sistema operativo dipartimentale si scontra con la regolamentazione. •Molti studi e prove vengono condotti da altri servizi, ma i risultati non sono condivisi. •Il quadro normativo in materia è molto restrittivo e poco esplicito. •Premesse poco incoraggianti per questo progetto.
Opportunità.	Minaccia
•Mutualizzazione fra servizi •Messa in opera di regole coerenti di trasmissione e di condivisione delle informazioni. •Armonizzare le pratiche legate all'impiego dei droni. •Favorire lo sviluppo dei droni a grandi capacità.	•Ingerenza nelle zone di intervento in assenza di regole. •Conflitto fra livelli gerarchici. •Innovazione radicale che rende il materiale obsoleto in breve tempo.

"UAV & SAR: using drones in rescue operations" Rome, 29th March, 2017

Fonti:

- Lieutenant-Colonel MICHEL CROS, Commandant PASCAL GREMILLOT, *De l'intérêt d'utiliser des drones dans les missions de sécurité civile* – DGSCGC, 3 juillet 2015.
- Adrien MANGIAVILLANO, *Drones et sécurité Civile : état des lieux et enjeux à l'horizon 2020*, IFRASEC, février 2015.
- Lieutenant ROMAIN BENOIT, *Vers l'utilisation des drones chez les sapeurs-pompiers*, Service Formation-Sport, SDIS06, janvier 2017

Interviews :

- Capitaine Lacroix, SDIS06, pilote, télé-pilote d'aéronef, SDIS06, novembre 2016.
- Commandant Rodriguez, SDIS 13, chargé de mission drone, décembre 2016
- Baptiste Vassor, responsable innovation UGAP janvier 2017
- Adrien Mangiavillano, Recherche et Développement Valabre, février 2017

ANALISI MULTI-TEMPORALI SULLE AREE DEL TERREMOTO DEL CENTRO ITALIA. UN APPROCCIO IMAGE BASED A PESCARA DEL TRONTO

F. Chiabrando, P. Maschio, A. Lingua, G. Patrucco,
G. Sammartano, A. Spanò, L. Teppati Losè
Politecnico di Torino Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino

A. Di Lolli, F. Feliziani, M. Firrincelli, M. Fiorini, O. Lorusso
*Dipartimento dei Vigili del Fuoco del soccorso pubblico e della difesa civile - Corpo Nazionale
Vigili del Fuoco*

ABSTRACT

La necessità di documentare nel tempo l'evoluzione di uno spazio urbano è da sempre tema di grande interesse e studio. Nel caso di una serie di eventi calamitosi le esigenze sono molto diverse dall'analisi multi-temporale finalizzata all'osservazione di fenomeni a media e piccola scala con intervalli temporali dilazionati: a volte è necessario avere informazioni in tempo reale attraverso l'installazione di sensori per il controllo diretto (monitoraggio continuo di frane, edifici a rischio crollo etc), in altri casi è utile una valutazione dei danni con cadenza giornaliera, settimanale o mensile.

In questo caso una risposta valida si sta testando nella diffusione di sistemi RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) per l'acquisizione speditiva di immagini aeree a grandissima scala, associati soluzioni offerte dalla fotogrammetria digitale per la correlazione di blocchi fotogrammetrici.

In quest'ottica si è sviluppata l'esperienza nelle aree colpite dal sisma del centro Italia del gruppo di Geomatica del Politecnico di Torino (DIRECT Team) in collaborazione con il settore SAPR del Corpo Nazionale dei vigili del fuoco. Le analisi riportate nel presente articolo riguardano l'analisi fotogrammetrica multi-temporale dei risultati ottenuti su Pescara del Tronto, un centro gravemente colpito dal susseguirsi dello sciame sismico che ha colpito il centro Italia a partire dal 24 Agosto, sul quale sono stati acquisiti quattro set di immagini aeree a intervalli temporali ravvicinati. Oggi le principali piattaforme RPAS non consentono la georeferenziazione diretta delle immagini con precisioni centimetriche e di conseguenza per ottenere dei prodotti che rispettino le accuratezze tipiche di una rappresentazione cartografica a grandissima scala è necessaria la misura manuale di alcuni punti di controllo (GCPs) che prevede tempi di acquisizione dati non sempre compatibili con le necessità di documentazione nelle aree che hanno subito l'evento calamitoso. Nel presente contributo viene analizzata attraverso un workflow sperimentale, una strategia per la co-registrazione all'interno del processo fotogrammetrico delle immagini acquisite con differenti intervalli temporali delle quali solo all'interno di un data-set sono presenti alcuni GCPs misurati sul terreno. Verrà poi approfondita l'accuratezza dei modelli multi-temporali calcolati in funzione di differenti strategie di processing del blocco, sia in relazione all'acquisizione del blocco fotogrammetrico (numero di immagini e conformazione delle strisciate di volo), sia in relazione alla sua georeferenziazione (l'uso dei GCP e la loro misura tramite GPS palmari a basso costo e ricevitori geodetici).

1. INTRODUZIONE

L'analisi multi-temporale per l'osservazione della lenta evoluzione dei fenomeni che caratterizzano l'ambiente costruito si struttura, di norma, sulla base di immagini satellitari ad alta risoluzione e/o cartografia fotografica (ortofoto) con intervalli temporali non particolarmente stretti (da un anno, cinque anni, dieci anni etc.). Nei casi di emergenze nei contesti urbani densi, invece, la mappatura speditiva ad alta densità di informazioni è fondamentale e il controllo della variabile

temporale negli eventi di emergenza è rilevante e influenza le possibilità di monitoraggio da parte degli enti preposti all'intervento immediato [1], [2], [3].

L'imprevedibilità e il pericolo derivanti da questi contesti fa sì che talvolta sia necessario un contatto in tempo reale per l'aggiornamento immediato dello stato di fatto, e che poi il monitoraggio prosegua a intervalli di tempo più ravvicinati (giorni, settimane, mesi). Per quel che riguarda il primo aspetto si rende indispensabile l'utilizzo di sistemi in tempo reale che prevedono l'utilizzo di sensori installati in loco che trasmettono informazioni a centraline di controllo appositamente installate capaci di allertare i soggetti preposti al controllo in caso di pericoli imminenti. Nel secondo caso l'avvento e lo sviluppo esponenziale dei sistemi UAV associati all'automatizzazione dei software di fotogrammetria digitale basati su algoritmi di *image-matching* in questi ultimi anni ha fornito uno strumento di grandissimo supporto alla documentazione del territorio e del patrimonio costruito utile per un monitoraggio a grandissima scala delle aree che hanno subito un danno.

Negli ultimi anni infatti le piattaforme RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) sono state soggette ad uno sviluppo esponenziale e contemporaneamente è cresciuto anche il loro impiego in diversi settori. La facilità di utilizzo di questi strumenti, le offerte di mercato per una serie di piattaforme commerciali a prezzi relativamente bassi, insieme con il crescente interesse connesso al loro impiego in svariati campi d'applicazione hanno fatto sì che si assistesse ad una diffusione su larga scala. Anche negli impieghi legati proprio al monitoraggio del territorio, al rilievo del patrimonio costruito e più in generale alla Geomatica, ci si è indirizzati verso uno sviluppo sempre più marcato delle applicazioni connesse con queste tecniche, anche grazie al fatto che permettono di poter effettuare acquisizioni ad alta risoluzione in maniera flessibile, sistematica e ad un costo molto più ridotto se paragonato ai più tradizionali sistemi di mappatura aerea. In particolare tali sistemi stanno esprimendo al meglio le loro potenzialità nei contesti di emergenza, in aree critiche o a rischio potenziale. La possibilità di pilotaggio remoto garantisce una maggiore sicurezza degli operatori in aree nelle quali non sia possibile la permanenza per tempi prolungati di persone e un approccio ravvicinato con gli oggetti da monitorare, e che comporti dei rischi a cose e persone. La flessibilità dello strumento ne permette un quindi un impiego in contesti di natura diversa grazie alla possibilità di pilotaggio manuale a configurarsi come un fattore vantaggioso. Altri elementi hanno poi contribuito al miglioramento di queste piattaforme negli ultimi anni: l'aumento del tempo di volo effettivo, le possibilità offerte dalla diversa sensoristica montabile a bordo, l'aumento del *payload*, il miglioramento delle camere disponibili, etc... Tutti questi fattori hanno fatto sì che anche il numero di voli effettuabili sullo stesso oggetto o contesto fosse maggiore, rendendo quindi possibile acquisire set di dati in momenti diversi e per nuove possibilità di confronto tra diversi stati temporali per attività di controllo, monitoraggio e analisi. Un altro degli elementi da non sottovalutare è il contributo che i sistemi RPAS possono fornire in contesti dove si renda necessario un rapido aggiornamento cartografico, in particolare in seguito ai cambiamenti a cui sono soggetti territorio ed infrastrutture a causa di avvenimenti catastrofici di natura antropica e/o naturale.

Il sito di Pescara del Tronto (Arquata del Tronto, AP) soggetto a gravissimi danni in seguito al susseguirsi dello sciame sismico dall'Agosto 2106), è stato oggetto di una serie di missioni di emergenza operate in collaborazione dal nucleo SAPR dei Vigili del Fuoco insieme a una task force del Politecnico di Torino, il Team DIRECT (Disaster REcovery Team, <https://www.facebook.com/Team-Direct-461829537253316/?ref=bookmarks>) e con il contributo del Team GEER (Geotechnical Extreme Events Reconnaissance association, <http://www.geerassociation.org>) [4]. Le quattro missioni di documentazione di emergenza sono state finalizzate all'acquisizione di dati aerei e terrestri tramite l'impiego di sensori *image-based* e *range-based*. In questo contesto verranno analizzati soltanto i dati aerei che riguardano l'abitato di Pescara del Tronto nei differenti mesi. L'obiettivo del workflow sperimentale qui presentato sarà quello di testare l'accuratezza di modelli fotogrammetrici prodotti dall'allineamento simultaneo di fotogrammi provenienti da acquisizioni temporalmente distinte con l'uso di un unico set di punti appoggio, Ground Control Point (GCPs) misurati in uno dei tempi considerati, e associati al *blocco master* di immagini.



Fig. 1. Alcuni momenti del lavoro di squadra a Pescara del Tronto (sx, Settembre; centro e dx, Ottobre)

2. L'APPROCCIO FOTOGRAMMETRICO MULTI- TEMPORALE

Gli approcci multi-temporali sono stati testati in svariati campi applicativi e tramite diverse soluzioni [5], con finalità e con risultati caratterizzanti. Applicazioni di questo tipo sono state realizzate in ambito edilizio per il monitoraggio di cantieri [6], monitoraggio di edifici [7], [8], gestione post disastro [9] e scavi archeologici [10]. Molti di questi casi si sono però focalizzati sull'utilizzo di immagini satellitari o di dati da sensori terrestri per monitorare tali contesti. Inoltre, questo tipo di esperienze si concentra solitamente sull'analisi di periodi di medio-lunga durata. Il contributo presentato in questo articolo farà invece uso di dati acquisiti esclusivamente da piattaforme RPAS e restringerà il periodo cronologico ad un intervallo più ristretto. In questo caso inoltre è necessario considerare un altro fattore determinante: l'evoluzione dei sistemi basati su tecniche di SfM (*Structure-from-Motion*). Questi sistemi sono stati affinati molto negli ultimi anni garantendo un workflow più snello nel processo fotogrammetrico, una struttura più sostenibile dell'intero processo operativo e la possibilità di elaborare grossi dataset di immagini, anche acquisiti tramite camere economiche e mass market. I sistemi RPAS utilizzati in questo tipo di applicazioni possono inoltre lavorare a quote molto più basse rispetto ai più tradizionali sistemi aerei. Questa possibilità permette di ottenere dati ad alta risoluzione e che possono integrare immagini da diverse viste [11].

3. LO SCIAME SISMICO A PESCARA DEL TRONTO

A partire dall'Agosto 2016 e ancora attualmente, il centro Italia è stato colpito da una serie di eventi sismici, alcuni dei quali molto diffusi e catastrofici, che hanno riguardato le aree dell'appennino a cavallo tra le regioni di Umbria, Marche e Abruzzo. I borghi e le città più gravemente colpite sono state: Amatrice, Arquata del Tronto, Norcia, Accumoli, Ussita, Castelluccio, Pescia, Cittareale.

La magnitudo delle scosse del 24 Agosto è stata determinata dall' INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://cnt.rm.ingv.it/>) pari a 6.0, e l'epicentro è stato calcolato ad una profondità di 8 km. All'evento del 24 Agosto si sono succeduti altri due sismi di grandi dimensioni: il 26 Ottobre, con una magnitudine stimata di 5.9, e il 30 Ottobre, di 6.5 (la più grave)

In queste aree, dopo le prime missioni di emergenza per il salvataggio delle vite umane e il recupero dei corpi da parte dei Vigili del Fuoco e Protezione Civile, è stata prioritaria fin da subito l'urgenza di intervenire con rilievi speditivi per la valutazione del danno e delle condizioni di accessibilità e per la pianificazione delle misure di messa in sicurezza e consolidamento successive.

Dopo la prima scossa, il DIRECT Team del Politecnico di Torino, in cooperazione con la squadra SAPR del corpo dei Vigili del Fuoco e il GEER team ha partecipato a tre missioni speditive di ricognizione per rilievi metrici ad alta risoluzione (Settembre, Ottobre, Novembre e Dicembre 2016) per una documentazione multi-sensore e una mappatura speditiva delle aree urbane gravemente danneggiate dalle ripetute scosse. Nello specifico sono stati eseguiti dei rilievi 3D image-based e

range-based multi-temporali, che hanno integrato l'uso di sensori terrestri (fotogrammetria close-range, LiDAR terrestre SLAM based, appoggio topografico tradizionale e misurazioni GPS/GNSS), e aerei (droni ad ala fissa e multi-rotori). I centri coinvolti sono stati: Pescia, Pescara del Tronto, Cittareale, Accumoli, Norcia, Castelluccio, Amatrice, etc. Nello specifico è stato scelto come test-site il centro di Pescara del Tronto.



Fig. 2. Il borgo di Pescara del Tronto nel comune di Arquata del Tronto (AP) tra Agosto e Dicembre 2016.

3.1. Le campagne di acquisizione

Le campagne di acquisizione eseguite a Pescara del Tronto sono state organizzate in momenti successivi e secondo strategie di acquisizione differenti in base alla disponibilità di persone e mezzi, anche in relazione allo stato di accessibilità degli spazi e urgenza delle operazioni.

Per i voli fotogrammetrici sono stati impiegati due aeromobili a pilotaggio remoto con caratteristiche differenti sia per quanto riguarda la meccanica che la sensoristica dell'equipaggiamento, e che li porta a rispondere a esigenze difforni per la motoristica del sistema di volo, l'autonomia e la quota di volo, e quindi per il livello di dettaglio raggiungibile.

Il sistema eBee™ prodotto da Sensefly e commercializzato in Italia da Menci Software (<http://www.menci.com>) è una soluzione ad ala fissa, molto leggera e maneggevole, soprattutto in caso di operazioni in contesti di emergenza [12]. Grazie alle sue caratteristiche meccaniche può volare fino a 200m con un'autonomia di circa 20minuti e rispondere quindi a necessità di mappature piuttosto ampie con immagini in posizione nadirale. E' equipaggiabile anche con camere termiche, per le bande NIR e RE e immagini multispettrali. Il velivolo è stato certificato da ENAC (Ente nazionale per l'aviazione civile) come EBM-1539, e dichiarato inoffensivo.

Il drone DJI (Dà-Jiāng Innovations Science and Technology Co., Ltd Technologies), modello INSPIRE1, è un multirottore quadricottero. Il sistema pesa circa 3kg compreso di camera (peso massimo al decollo 3,5 kg) e ha un'autonomia di volo di 18 minuti. Grazie alla manovrabilità della camera, il drone permette l'acquisizione di prese ad asse inclinato, oltre che nadirale, che si dimostrano essere molto efficaci per la documentazione completa del costruito soprattutto sulle facciate degli edifici oltre che sulle coperture [13] [14].



Fig. 3. I due sistemi RPAS: eBee™ Sensefly, e DJI Inspire 1

TEMPO	ACQUISIZIONI AEREE					GSD cm/px	GCPs	
	Operatore	Piattaforma	N° imm.	Quota	Area		N°	Qualità
1 Agosto	Vigili del fuoco	eBee Sensefly	138	150m	0.6 km ²	6.3	-	
2 Settembre	Politecnico	eBee Sensefly	125	150m	0.38 km ²	5.7	23	(+)
3 Ottobre	Politecnico	eBee Sensefly	345	150m	0.67 km ²	7.3	38	(+)
4 Dicembre	Vigili del fuoco	DJI Inspire	409	100m	0.34 km ²	2.9	17	(--)

Tab. 1. Sunto delle caratteristiche tecniche delle quattro campagne di acquisizione 2016: dati del volo e dettaglio a terra (GSD – Ground Sample Distance) e punti misurati a terra (GCP)

3.1.1. Il Tempo 1

I primi dati post-sisma (T1) sono stati acquisiti dalla squadra SAPR dei Vigili del Fuoco dopo la grande scossa del 24 agosto con il drone ad ala fissa eBee™ di Sensefly.

La piattaforma è equipaggiata con ricevitore GPS e con una camera RGB Canon IXUS 127 HS da 16,1 MP (4608 x 3456) sensore CMOS 6,17 x 4,55 mm, con un peso di 135g. L'operazione in situazione di emergenza non ha previsto la misura dei punti di appoggio a terra e l'acquisizione aerea ha prodotto 138 immagini.



Fig. 4. Il volo di Agosto 2016 dei Vigili del Fuoco: il piano di volo e alcuni scatti aerei

3.1.2. Il Tempo 2

La prima campagna messa in atto dal Team DIRECT è stata nel mese di Settembre 2016, per la raccolta dei dati al (T2). La piattaforma eBee™ di Sensefly era equipaggiata questa volta da una camera RGB Canon Power Shot S110™ da 12,1 MP (4000 x 3000) sensore CMOS 7.44 x 5.58 mm, con un peso di 172g. In queste operazioni sono state acquisite 125 immagini e sono stati materializzati a terra con bomboletta spray su punti naturali o con target a contrasto di colore e misurati con sistema GNSS in modalità RTK (Real Time Kinematic satellite navigation) 23 punti di appoggio.

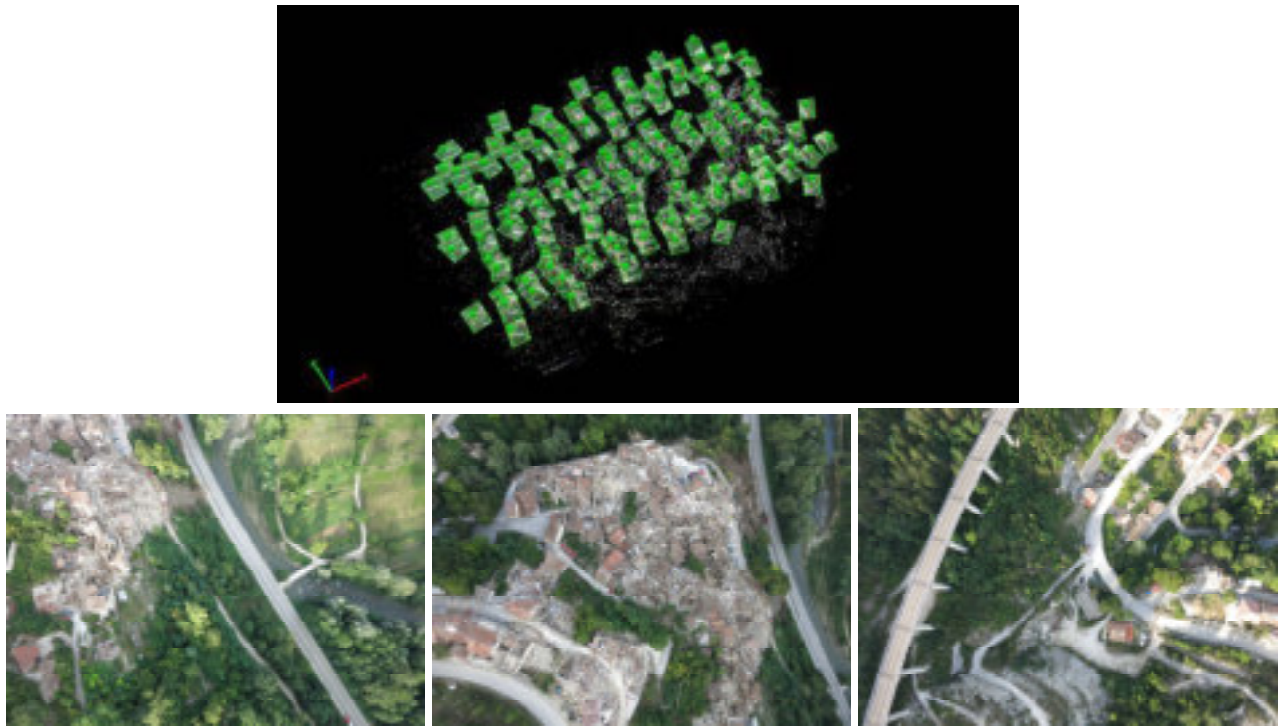


Fig. 5. Il volo di Settembre 2016: posizione delle camere e alcuni scatti aerei

3.1.3. Il Tempo 3

Nella campagna di acquisizione del (T3) il Team DIRECT del Politecnico di Torino in collaborazione con la squadra dei Vigili del Fuoco ha pianificato un'acquisizione aerea più complessa da piattaforma eBee™ Sensefly equipaggiata con una Canon RGB Power Shot S110. Durante i tre voli sono state acquisite 345 immagini aeree (180+97+68) e sono stati materializzati a terra con bomboletta spray su punti naturali o con target a contrasto di colore e misurati con sistema GNSS in modalità RTK (Real Time Kinematic satellite navigation) 38 punti di appoggio.

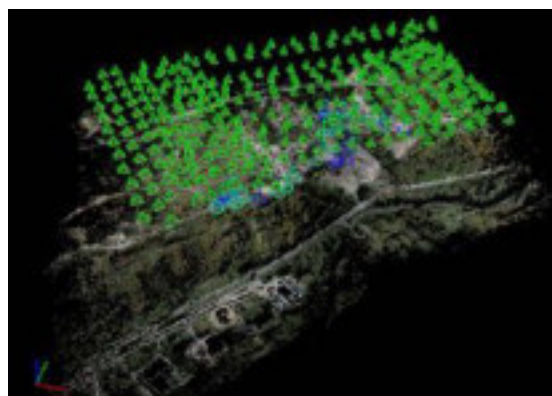




Fig. 6. I voli di Ottobre 2016: (sx) il volo principale e (centro e dx) le strisciate laterali

3.1.4. Il Tempo 4

Nel mese di Dicembre 2016, dopo i nuovi eventi del 26-30 Ottobre, il nucleo SAPR dei Vigili del Fuoco insieme con il Team DIRECT, ha eseguito nuove riprese di ricognizione e documentazione del nuovo assetto delle strutture con l'ausilio di un drone dalle caratteristiche differenti. Il velivolo impiegato è un DJI INSPIRE1, equipaggiato con ricevitore GPS e camera ZENMUSE X5. Grazie al sensore CMOS della fotocamera 15mm F/1.7-F/16, con un angolo di campo pari a 72 gradi, è possibile ottenere video a 4K video e immagini da 16 MP (4608x3456).

Sono state acquisite 409 immagini e per la georeferenziazione del blocco fotogrammetrico sono stati materializzati e registrati a terra 17 GCP in modalità GNSS con RTK.

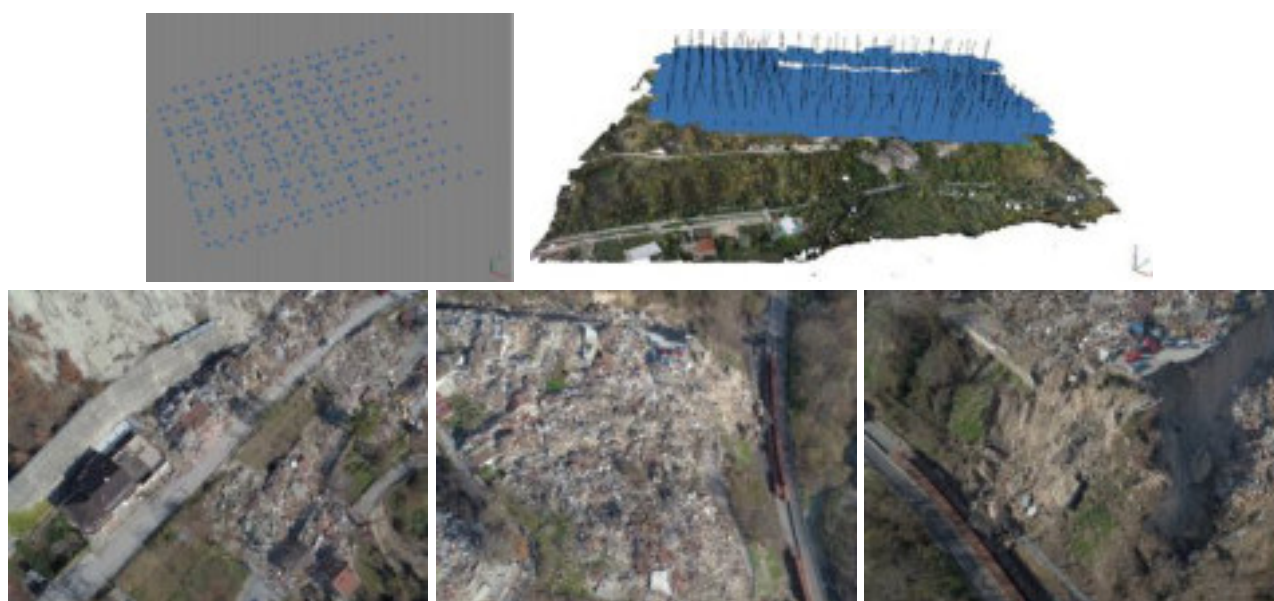


Fig. 7. Il volo di Dicembre 2016: posizione delle camere con GPS Tag e alcuni scatti aerei

3.2. Georeferenziare il blocco fotogrammetrico

La fase di georeferenziazione è stata messa in opera progettando anche un test tra alcuni metodi di misura. I punti di appoggio a terra di ogni missione di documentazione (a esclusione di quella di Agosto) sono stati acquisiti con l'ausilio di differenti sistemi di posizionamento:

- GNSS in RTK mode. Ricevitore differenziale Geomax Zenith 35 di fascia media, satelliti GPS/GLONASS/GALILEO/BEIDOU. Precisione 5-10mm statico; 10-20mm dinamico.
- Palmare GNSS. Antenna palmare Garmin GPSMAP® 64s, satelliti GPS/GLONASS. Precisione 3-5m

Per entrambi i metodi, i dati sono stati georiferiti nel sistema di riferimento UTM-WGS 84 Fuse 33N, ETRF 2000, con le informazioni derivanti dalla Rete Permanente Geodetica controllata dall'Istituto Geografico Militare (IGM, <http://www.igmi.org/>). La qualità del set di punti di Dicembre, però, non risponde alle precisioni centimetriche richieste di norma, a causa della cattiva ricezione del segnale GPS /GNSS, in parte attribuibile alla conformazione e praticabilità degli spazi in relazione alla copertura satellitare, e in parte riconducibile a possibili danni subiti dalle stazioni GPS permanenti utilizzate per il calcolo topografico (Ascoli, Fermo, Grottammare. La stazione permanente di Norcia è stata disattivata) e coinvolte nei ripetuti eventi sismici.

Inoltre le immagini aeree acquisite da entrambi i droni sono correlate da una posizione GPS automatica associata dal sensore GPS con il quale è equipaggiato il drone (GeoTag per la georeferenziazione diretta del blocco fotogrammetrico); la precisione assoluta dichiarata per i sensori, però, è dell'ordine di grandezza del metro (1-5m verticale/orizzontale per l'eBee™ Sensefly, e 0.5m orizzontale e 2.5m verticale per il DJI Inspire).



Fig. 8. Materializzazione a terra di un punto Marker; misura del Marker in modalità RTK; misura del Marker con palmare GPS; posizione GPS automatica della camera in volo (GeoTag)

3.3. Co-registrazione multi-temporale

Il processo di registrazione dei blocchi fotogrammetrici è stato eseguito secondo un workflow sperimentale, al fine di testare una procedura speditiva che massimizzi i dati provenienti dalle acquisizioni aeree con la miglior precisione raggiungibile, riducendo i tempi di misura dei punti a terra, che coinvolgono l'operatore per la messa a terra e la misura, in aree solitamente soggette a rischio, in particolar modo immediatamente dopo l'evento calamitoso.

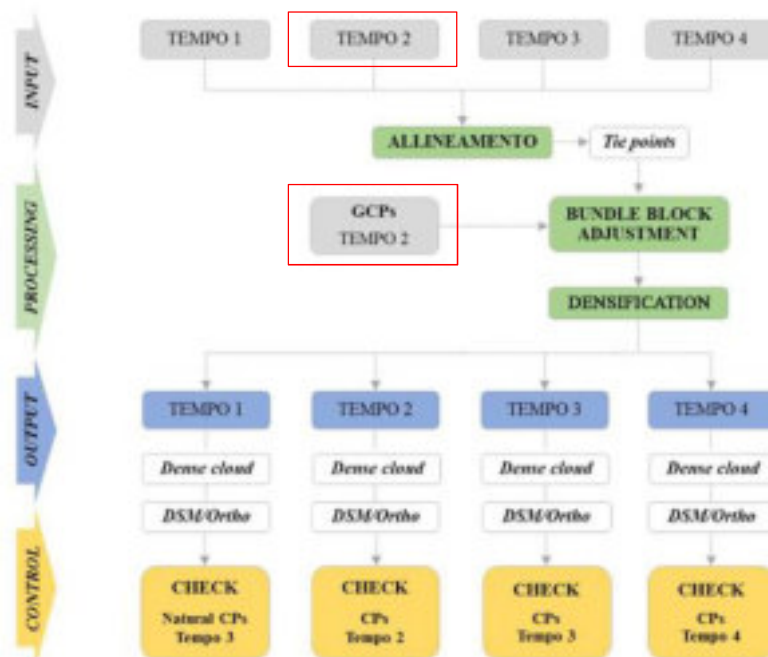




Fig. 9-10. Illustrazione schematica del workflow sperimentale e set di punti di controllo utilizzati appartenenti al T2 (Settembre)

Nella fase iniziale di allineamento delle camere, secondo i principi stereoscopici della fotogrammetria, agevolati dagli algoritmi della Computer Vision, la fase di *image-matching* estrae iterativamente una serie di *feature points* 2D sulle immagini, detti *Keypoints*, utili al processo di triangolazione aerea per la definizione dell'orientamento interno ed esterno delle camere e il calcolo di una prima nuvola rada 3D di *Tie Points*.

Il procedimento vuole testare il risultato dell'orientamento e della fase successiva di Triangolazione Aerea (*Bundle Block Adjustment*) e costruzione della nuvola densa (*Point Cloud densification*) basato sulla co-registrazione di tutte le immagini acquisite nei quattro tempi, e quindi di un utilizzo dell'algoritmo di *image-matching* tramite estrazione di *feature* in presenza di immagini con caratteristiche radiometriche sensibilmente differenti, soprattutto nelle aree che hanno ripetutamente subito i danni sismici, rispetto alle aree di vegetazione e dell'intorno, che si direbbero rimaste pressoché invariate.

La procedura ha permesso di lavorare alla fase di orientamento/*image-matching* ed estrazione di *Tie Points* con un unico blocco di immagini (tutti i Tempi, n°952 immagini, n°1.074.753 *Tie Points*) e procedere al Bundle Block Adjustment con un solo set di punti misurati (blocco master, n°18 GCPs), quelli del Tempo 2 (Questo è il primo set di punti misurati dal momento che, come già richiamato, nel mese di Agosto l'emergenza non ha permesso la pianificazione di un set di misure).

N° camere (T1, T2, T3, T4)	N° Tie Points	n°18 GCP, T2 RMS (cm)				n°5 CP, T2 RMS (cm)			
		X	Y	Z	error	X	Y	Z	error
952	1.074.753	3.671	3.158	4.741	3.857	0.879	2.476	10.405	4.587

Tab. 2. Dati relativi al controllo del Bundle Block Adjustment



Fig. 11. Uno zoom sulle ortofoto prodotte nelle diverse acquisizioni e i *tie points* estratti:
T1, agosto; T2, settembre; T3, ottobre; T4, dicembre

A partire da tutti i *Tie Points* estratti (colore grigio), solo parte di essi (colore blu) sono stati utilizzati per il *Bundle Block Adjustment* per la stima della posizione di presa delle camere: solo questi ultimi infatti sono stati riconosciuti come *features* comuni tra le immagini, sia appartenenti allo stesso set di acquisizioni, che tra set temporalmente distinti.

L'obiettivo sarà quindi quello di testare attraverso procedure matematiche di controllo l'accuratezza dei modelli fotogrammetrici di Agosto, Ottobre, Dicembre, calcolati sulla base di questo workflow, utilizzando set di punti di controllo misurati nelle missioni successive (CPs).



Fig. 12. Uno zoom sulle ortofoto prodotte nelle diverse acquisizioni: T1, agosto; T2, settembre; T3, ottobre; T4, dicembre

DATASET		CHECK		RMS (cm)			
		<i>n° CPs</i>	<i>Dataset</i>	X	Y	Z	error
T1	Agosto	12 (pt. naturali)	T3	3.910	4.429	26.395	11.578
T3	Ottobre	31	T3	2.764	3.895	24.310	10.323
T4	Dicembre	11	T4	7.939	28.343	51.074	29.118

Tab. 3. Dati relativi al controllo sui modelli dei dataset precedenti e successivi con relativi punti

Sulla base dei primi test eseguiti su questo campione di misure dei dataset multitemporali, si può affermare che la procedura di estrazione di *Keypoints*, la costruzione della nuvola di *Tie Points* 3D e la posizione stimata di presa delle camere ha prodotto dei modelli 3D metricamente controllati, sui quali il controllo tramite punti di controllo (CPs) offre scarti con precisioni ritenute mediamente accettabili ai fini del livello di dettaglio richiesto, e quindi la scala, per cui i voli sono stati progettati. Il dataset del mese di Dicembre eccede dal limite di accettabilità a causa del sopra richiamato problema di qualità di segnale intrinseca della misura dei punti di appoggio a terra.

4. VALIDAZIONE DEI RISULTATI: IL DATASET DI OTTOBRE

Per la validazione più approfondita dei prodotti fotogrammetrici generati, si sceglie ora di seguire due strategie di potenziamento del workflow applicabile ad acquisizioni in situazioni di emergenza. Da un lato l'ottimizzazione delle strategie di acquisizione dei fotogrammi, relazionata alla distribuzione dei punti di appoggio a terra (GCPs); dall'altro la scelta del metodo più adatto alla misura di tali GCPs, in funzione sia delle necessità di tempo e sicurezza del sito e sostenibilità

economica degli strumenti impiegati, e sia dell'accuratezza richiesta per tali elaborati di documentazione utili a sostenere valutazioni strutturali e di accessibilità e orientare interventi mirati sui luoghi della calamità.

4.1. Strategie di orientamento del blocco: influenza di fotogrammi e GCP

In un contesto di emergenza e di scarsa accessibilità agli spazi può essere estremamente utile massimizzare le acquisizioni di dati aerei, con camere nadirali integrate anche, laddove possibile, da prese oblique [13], e parallelamente, diminuire la misura di punti a terra, operazione che necessita della presenza di operatori sul campo. Qui di seguito un test per confrontare una tipica acquisizione a strisciata singola con un alto numero di punti di appoggio misurati a terra, e una acquisizione complessa a più strisciate con l'impiego di un numero più esiguo di GCPs.

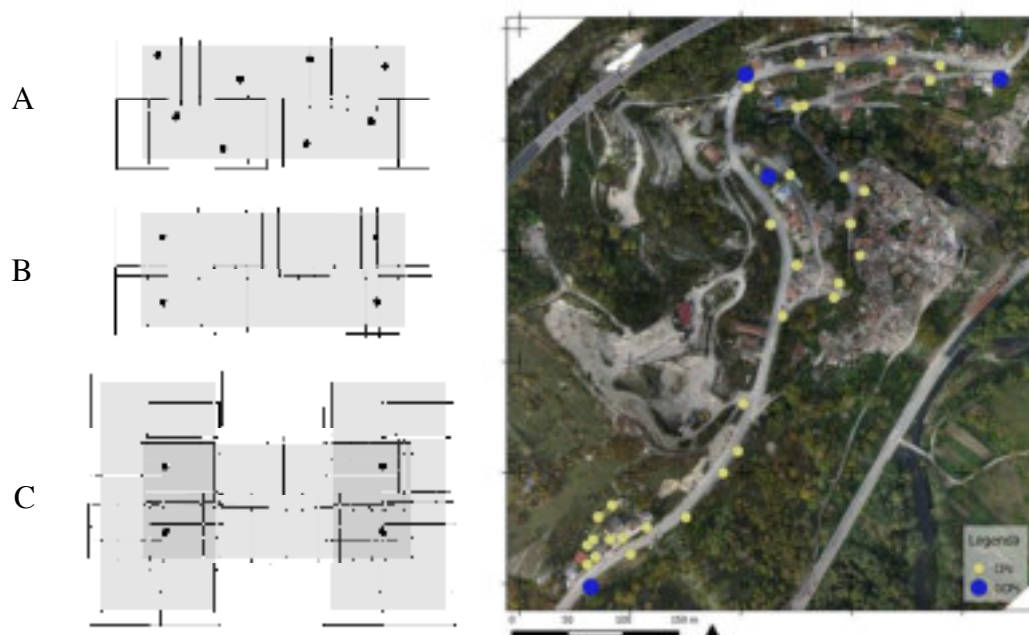


Fig. 13. Pianificazione delle strisciate e dei GCP: (A) strisciata singola con GCP numerosi e (B) limitati e integrazione delle strisciate laterali(C). A destra i quattro punti di appoggio (GCP) visibili sull'ortofoto, posizionati nel dataset di Ottobre

	n° immagini	n° GCP	n° CP	GCPs RMS (cm)				CPs RMS (cm)			
				X	Y	Z	error	X	Y	Z	error
A	180	18	8	1.837	1.560	1.892	1.763	3.427	1.317	1.955	2.233
B	180	4	22	0.558	0.986	0.474	0.673	2.616	1.646	2.830	2.364
C	343	4	22	0.741	1.125	0.664	0.843	2.552	1.759	1.774	2.028

Tab. 4. Dati relativi al controllo sui tre differenti modelli di acquisizione e appoggio: A, B, C.

Si può quindi ragionevolmente avanzare una riflessione circa la possibilità, in certi contesti di complessità dell'edificato e di rischio dell'area di accessibilità, di ridurre i punti misurati a terra con ricevitori geodetici ad alte precisioni, a vantaggio di un maggior numero di fotogrammi per accrescere il ricoprimento delle strisciate, meglio se integrate da prese oblique.

4.2. Confronto sulle strategie di georeferenziazione

E' necessario inoltre affrontare una considerazione sulle strategie più efficaci, come rapporto tempo-accuratezza attesa, per la misura dei punti di appoggio materializzati a terra o assunti tra alcuni punti naturali individuati sul terreno, possibilmente in aree adiacenti l'area soggetta a danni maggiori.

Le soluzioni di confronto sono state:

- GPS/GNSS in RTK mode
- (A) Palmare GPS
- (B) Georeferenziazione diretta con GeoTag immagini

Le valutazioni numeriche del caso studio sono state condotte considerando come *ground truth* le misurazioni eseguite con il ricevitore geodetico GPS Geomax in modalità RTK.

I test hanno anche messo in opera una serie di misurazioni parallele con il ricevitore palmare Garmin GPSMAP® 64s e con queste è stato elaborato un modello fotogrammetrico. Inoltre un ulteriore modello è stato calcolato senza punti a terra, con georeferenziazione diretta cioè con le sole immagini e la loro posizione GPS (GeoTag) assegnata loro dal sensore GPS interno al drone.



Fig. 14. (A) Alcuni estratti di ortofoto che evidenziano le posizioni di punti misurati con ricevitori geodetici, e punti misurati con ricevitori palmari GPS

A	CONFRONTO Ricev. geod. RTK <u>VS</u> GPS palmare	n°10 CPs			
		X	Y	Z	error
	Media (m)	2.264	1.488	9.608	4.453
	RMS (m)	2.646	1.941	4.155	2.914

Tab. 5. Dati relativi al controllo sul modello calcolato con la georeferenziazione da palmare GPS rispetto alle coordinate misurate dall'antenna GPS in RTK



Fig. 15. (B) Alcuni estratti di ortofoto che evidenziano le posizioni di punti misurati con ricevitori geodetici, e punti misurati sul modello calcolato con georeferenziazione diretta delle immagini con GeoTag GPS

B	CONFRONTO	n°34 CPs			
	Ricevitore geod. RTK VS GeoTag immagini	X	Y	Z	error
	Media (m)	1.124	1.173	3.148	1.815
	RMS (m)	0.086	0.121	0.398	0.202

Tab. 6. Dati relativi al controllo sul modello calcolato con la georeferenziazione diretta delle immagini acquisite da drone (GeoTag) rispetto alle coordinate misurate dall'antenna GPS in RTK

Entrambe le soluzioni non possono essere dichiarate idonee al calcolo di un prodotto fotogrammetrico che risponda al dettaglio della scala architettonica o urbana, né in planimetria né in quota. Possono essere invece coerenti con un dettaglio di rappresentazione corrispondente alla scala 1:2000-1:5000 (1-3m). Le coordinate dei punti di controllo misurati sul modello generato con le immagini georiferite direttamente dalla posizione di scatto (geoTag) si presentano comunque le più uniformi nei valori di scarto (RMS, Scarto quadratico medio) e si dimostrano quindi affette da un errore sistematico dato dalla tecnica stessa di acquisizione.

	CONFRONTO STRUMENTI	N° CPs	Media sui CPs (m)			
			X	Y	Z	error
A	Ricev. geod. RTK VS palmare GPS	10	2.264	1.488	9.608	4.4531
B	Ricev. geod. RTK VS GeoTag immagini	34	1.124	1.173	3.148	1.815

Tab. 7. Tabella riassuntiva del confronto sulla media degli scarti delle coordinate sui punti misurati con palmare GPS e georeferenziazione diretta delle immagini

5. CONSIDERAZIONI FINALI

Il presente contributo ha voluto testare un workflow sperimentale per la registrazione di blocchi fotogrammetrici acquisiti da drone in contesti di emergenza e necessità di produzione speditiva di dati per documentazione 3D a supporto dell'intervento e del monitoraggio multi-temporale.

La procedura di co-registrazione di set di immagini provenienti da intervalli temporali diversi, basata su un unico set di punti misurati a terra, ha fornito buoni risultati sulla base di scarti calcolati con punti di controllo CPs registrati nei tempi successivi al tempo dei GCPs. Inoltre la strategia convincente, sulla base dei test qui esposti, si è dimostrata essere quella di un ragionevole incremento di immagini acquisite per via aerea, coadiuvate dalle prese oblique dove possibile, a scapito dei punti misurati a terra, che devono essere pochi e ben distribuiti nell'intorno dell'area da documentare. In linea generale questa soluzione si dimostrerebbe utile con un set di punti distribuiti a maglia regolare, il più esteso possibile dalle aree danneggiate, misurati regolarmente per rispondere all'indeterminabilità degli eventi sismici di aree particolarmente sensibili.

La soluzione più efficace per la georeferenziazione dei dati è sicuramente la misura di punti di appoggio con ricevitori geodetici ad alta precisione per il dettaglio della scala architettonica, ma per una scala ambientale fino a 1:500-1:1000 sono sufficienti ricevitori GNSS differenziali di fascia medio-bassa disponibili sul mercato. Le soluzioni di registrazione con antenne palmari GNSS con precisioni di 5-10m non rispettano tale accuratezza e non possono perciò essere considerate valide.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rathje, E. M. Franke, K. (2016). *Remote sensing for geotechnical earthquake reconnaissance*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 91, 304-316.
- [2] Voigt, S. Scheneiderhan, T. Twele, A. Gahler, M. Stein, E., and Mehl, H. (2011). *Rapid damage assessment and situation mapping: learning from the 2010 Haiti earthquake*, Photogram. Eng. Remote Sens., 77, 923-931.
- [3] Kerle, N. (2010). *Satellite-based damage mapping following the 2006 Indonesia earthquake – How accurate was it?*. Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinf., 12, 466-476, DOI:10.1016/j.jag.2010.07.004.
- [4] Zimmaro, P. and Stewart J.P. (ed) (2017). *Report number: GEER-050C. “Engineering Reconnaissance following the October 2016 Central Italy Earthquakes”*. Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Association (GEER) Technical Report. January 2017, DOI: 10.18118/G6S88H
- [5] Aicardi, I. Nex, F. Gerke, M. Lingua, A.M. (2016). *An Image-Based Approach for the Co-Registration of Multi-Temporal UAV Image Datasets*. Remote Sens. 2016, 8, 779, DOI: 10.3390/rs8090779.
- [6] El-Omari, S. Moselhi, O. *Integrating automated data acquisition technologies for progress reporting of construction projects*. Autom. Constr. 2011, 20, 699-705. [CrossRef]
- [7] Matikainen, L.; Hyypä, J.; Kaartinen, H. *Automatic detection of changes from laser scanner and aerial image data for updating building maps*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2004, 35, 434-439.
- [8] Champion, N. *2D building change detection from high-resolution aerial images and correlation digital surface models*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2007, 36, 197-202.
- [9] Adams, B.J. *Improved disaster management through post-earthquake building damage assessment using multi-temporal satellite imagery*. In Proceedings of the ISPRS XXth Congress, Istanbul, Turkey, 12-23 July 2004; Volume 35, pp. 12-23. Available online: <http://cartesia.es/geodoc/isprs2004/comm7/papers/121.pdf>
- [10] Masini, N.; Lasaponara, R. *On the use of Multisensor and multitemporal data for monitoring risk degradation and looting in archaeological site*. In Proceedings of the EGU General Assembly Conference, Vienna, Austria, 12-17 April 2015; Volume 17.
- [11] Unger, J.; Reich, M.; Heipke, C. *UAV-based photogrammetry: Monitoring of a building zone*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2014, 40, 601-606.
- [12] Boccardo P. Chiabrando, F. Dutto, F. Tonolo, F.G. Lingua, A. (2015). *UAV deployment exercise for mapping purposes: Evaluation of emergency response applications*. Sensors, 15 (7), 15717- 15737

- [13] Chiabrando, F. Lingua, A. Maschio, P. and Teppati Losè, L. (2016) *The influence of flight planning and camera orientation in UAVs photogrammetry. A test in the area of Rocca San Silvestro (LI), Tuscany*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2/W3, 163-170, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-163-2017.
- [14] Aicardi, I. Chiabrando, F. Grasso, N. Lingua, A. M. Noardo, F. and Spanò, A. (2016) *UAV photogrammetry with oblique images: first analysis on data acquisition and processing*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 835-842, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B1-835-2016.

The use of UAVs in Amatrice of the European project "TRADR" in support of the survey of the damage for the Special Operations Unit¹

Emanuele Gissi, CNVVF Comando di Genova, emanuele.gissi@vigilfuoco.it

Luca Ponticelli, CNVVF DCPST Roma, luca.ponticelli@vigilfuoco.it

Ciro Bolognese, CNVVF Comando di Alessandria, ciro.bolognese@vigilfuoco.it

Emanuele Pianese, CNVVF DCE Roma, emanuele.pianese@vigilfuoco.it

Alessandro Colangeli, CNVVF Comando di Teramo, alessandro.colangeli@vigilfuoco.it

ABSTRACT

We provide key facts and lessons learned about the TRADR project deployment of ground and aerial robots in Amatrice, Italy, after the major earthquake in August 2016 in support to the NIS operations of the Italian Fire and Rescue Service (CNVVF, Corpo nazionale dei Vigili del fuoco).

The robots were used to collect data for 3D textured models of the interior and exterior of two badly damaged churches of high national heritage value.

1. INTRODUCTION

On September 1 2016 a team of the TRADR project² deployed two ground (UGVs) and three aerial (UAVs) robots in Amatrice, Italy, to assist the response after the 6.2-magnitude earthquake, which hit and devastated the town on August 24 2016, killing 234 people.

The Italian Fire and Rescue Service (CNVVF, Corpo nazionale dei Vigili del fuoco) asked to the partners of the TRADR project for a one-day mission to deploy robots in two ancient churches: San Francesco and Sant'Agostino, both severely damaged and too dangerous for humans to enter due to the possibility of further collapse.

TRADR is an integrated European research project funded by the EU FP7 Programme, ICT: Cognitive systems, interaction, robotics (Project Nr. 609763) in the area of robot-assisted disaster response (disaster robotics; robot search and rescue).

Using a proven-in-practice user-centric design methodology, TRADR develops novel science and technology for human-robot teams to assist in urban search and rescue disaster response efforts, which stretch over multiple sorties in missions that may take several days or weeks. The novel technology makes the experience during robot-assisted response to an emergency persistent. Various kinds of robots collaborate with human team members to explore or search the disaster environment, and gather physical samples from the incident site.

Throughout this collaborative effort, TRADR enables the team to gradually develop its understanding of the disaster area over multiple, possibly asynchronous sorties (persistent

¹ Nucleo Interventi Speciali (NIS)

² More info on: <http://www.tradr-project.eu/?p=1835>.

environment models), to improve team members' understanding of how to work in the area (persistent multi-robot action models), and to improve team-work (persistent human-robot teaming).

TRADR focuses on an industrial accident scenario, but the technology is equally applicable for using robots in other disaster, emergency and urban search and rescue (USAR) scenarios, such as earthquake relief.

The CNVVF is partner of the TRADR project since its inception and offers the field expertise as technology end-user.

The goal of the mission was to provide 3D textured models of the interior and exterior of these important national heritage monuments to facilitate precise damage assessment and plan preservation operations.



Fig. 1. (a) San Francesco Church; (b) Sant'Agostino Church (Sep 1st 2016)

2. SCENARIO DESCRIPTION

First to inspect was the San Francesco church (SF, Fig. 1). The only potential UGV ingress point was a side door, surrounded by large rubble (Fig. 2(a)). The only potential UAV ingress point was the hole left after the rose window, obstructed by a metal bar across the middle (Fig. 2(b)).

Second was the Sant'Agostino church (SA, Fig. 1). The only potential UGV ingress point was the front door, surrounded by large rubble. The only potential UAV ingress point was a narrow hole in the collapsed roof (Fig. 2(c)).

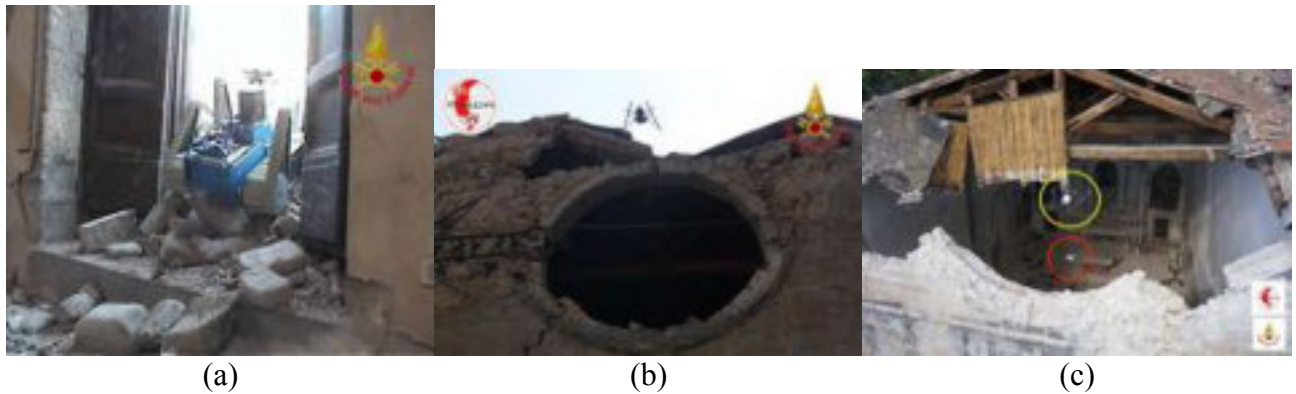


Fig. 2. (a) SF Church, UGV ingress point; (b) SF Church, UAV ingress point; (c) SA Church, UAV ingress point, three UAVs in cooperative action;

3. DEPLOYMENT

The TRADR project received the request 48 hours prior to the deployment start, less than one week after the first earthquake. A team of ten TRADR researchers was promptly organized to travel the next day by cars and plane, bringing the robots and other equipment along.

The team travelled from Italy (Rome); Czech Republic (Prague) and Germany (Munich, St. Augustin, Saarbrücken). One UGV was brought from Prague, one UGV and one UAV from Rome, and two UAVs from Munich.

At the site the TRADR team operated under the authority of a CNVVF incident commander.

CNVVF provided additional logistics assistance, such as equipment transport, personnel safety in the red zone, power generator and tables and benches for the command post.

3.1. Technology

During the deployment two UGVs based on the BlueBotics Absolem³, two UAVs AscTec Falcon 8⁴ and a DJI Phantom 4⁵ were employed.

Each Falcon came with a mobile control ground station with a video receiver and a video monitor for visual feedback. The Phantom had a 3-Axis Camera Stabilization Gimbal and a built-in camera capturing 4K resolution video and 12.4 MPX photos. A remote controller integrating a smart-phone was used. The UGVs carried a SICK LMS-151 laser scanner, a LadbyBug3 omnidirectional camera, an IMU and a GPS sensor and a pan-tilt unit with a camera.

The UGV control station consisted of several laptops (Fig. 3(a)). A mix of communication infrastructures was used. The UGVs used a 5 and 2.4 GHz WiFi network with different channels, respectively. Each Falcon used a 2×2.4 GHz diversity data link for connecting the flight system and remote controllers. The Phantom's communication operated in a range of frequencies between 2.4 GHz and 2.483 GHz.

³<http://www.bluebotics.com/mobile-robotics/absolem>

⁴<http://www.asctec.de/en/uav-uas-drones-rpas-roav/asctec-falcon-8/>

⁵<http://www.dji.com/phantom-4>



Fig. 3. (a) UAV and UGV control station; (b) Launching of an UAV-UGV mission;

3.2. Mission

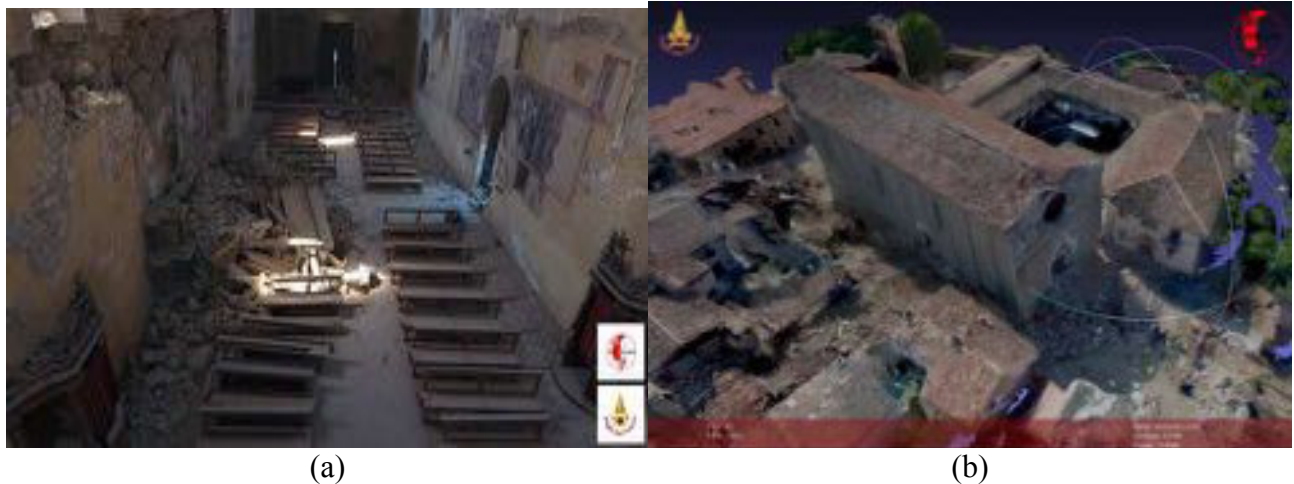
A number of UGV and UAV sorties at both churches were performed, outside and inside the buildings, during a 10 hour operation.

At SF a Falcon first provided a close-up view of the door which could be the UGV ingress point, before the decision to enter was taken. Each UGV carried out one sortie inspecting the interior of SA completely out of line of sight (UGV1: 4 hours; UGV2: 30 minutes).

The two Falcons carried out a series of flights around SF during a 4 hour operation to collect data for the exterior models. The Phantom performed one 20 minute flight to collect data inside SF; the entry and exit maneuvers were very challenging.

Also at SA a Falcon first provided a close-up view of the entrance. Due to the high risk that entering the church with the UGVs would have posed, the decision was taken not to enter. Then the Phantom was again used to fly inside. Since entering and exiting SA by the roof hole was out of line of sight and extremely difficult to navigate, a multi-robot sortie was performed by all three UAVs in collaboration: the two Falcons provided external view of the Phantom while it entered and later exited the church. An assistant watched the Falcon video feed and provided instructions to the Phantom pilot. The flight took 25 minutes.

Subsequently all three UAVs collected data for the exterior models. The UGVs also drove on the outside, gathering both point clouds and images.



*Fig. 4. (a) SF Church, interior views from an UAV-UGV mission;
(b) SF Church, reconstructed exterior and interior 3D model;*

4. DATA PROCESSING AND MODELS

About 15 GB of images were collected of the SF and SA exteriors.

A selected sub-set of images in two different 3D reconstruction pipelines was processed using Agisoft PhotoScan⁶ and VisualSFM⁷. About 24 GB of streaming video were collected inside SF and SA. The above pipeline was applied to images extracted from these videos. 3D models have been created in different resolutions and formats.

In particular, 3DPDF and WebGL models were built for fast visualization and interaction in a browser. The post-processing took approximately two days, requiring high power computation resources.

Web browser versions of the 3D models of the interior and exterior of both SF and SA are currently accessible on: <http://www.tradr-project.eu/?p=1835>.

5. LESSON LEARNED AND CONCLUSIONS

The mission fulfilled its purpose to create textured 3D models of the interior and exterior of the SF and SA churches.

The TRADR deployment in Amatrice was in some sense a sequel of the NIFTi⁸ deployment in 2012 in Mirandola [1]. Novel aspects include: multiple heterogeneous robots operated simultaneously and partially in collaboration; upgraded and newer technology was used; the system setup time was considerably shorter; more sorties in one day in Amatrice than in Mirandola over three days were performed.

There is of course room for improvement. Particularly the UGVs require better stability to avoid sortie delays and complications. The Phantom UAV proved very useful. However, its flight duration

⁶ <http://www.agisoft.com/>

⁷ <http://ccwu.me/vsfm/>

⁸ NIFTi project website: <http://www.nifti.eu>

was constrained by limited battery and data storage resources. The Falcon UAVs have shown their worth to provide high quality models. The UAV collaboration to facilitate difficult maneuvering was a particular highlight.

CNVVF expressed extreme satisfaction with the performance and results of the deployment. For the first time, no firefighter was exposed to the grave risk of collapse in case of aftershocks during the damage assessment and geometry reconstruction phase on these two heritage buildings.

The resulting processed data was used to design short-term protection measures for the damaged structures and their valuable contents (Fig. 5).

An important result of the deployment was the development of own capacities for the CNVVF to repeat such kind of geometric data processing for other buildings. These techniques were further employed within the same emergency response by the SAPR⁹ teams of the CNVVF.

The rapid activation was also meant to test the logistic complexities and the on-the-field reliability of innovative and complex technologies in the dangerous red zone of Amatrice.

Some critical issues were highlighted in relation with the logistics of complex equipment and the deployment of technical experts of third parties in the area of operations. These issues will be fully addressed in the context of the preparatory work for the civil protection modules within the Voluntary pool of the Union civil protection mechanism¹⁰.

Further problems were encountered in the inherent complexity to the treatment, storage and subsequent sharing between the CNVVF teams of the large amount of data acquired in disaster areas.

In conclusion, we definitely note the positive impact in the development of state-of-the-art operational capabilities for our organization, coming from the participation to European projects and the active contact with the top institutions of the international robotic research.

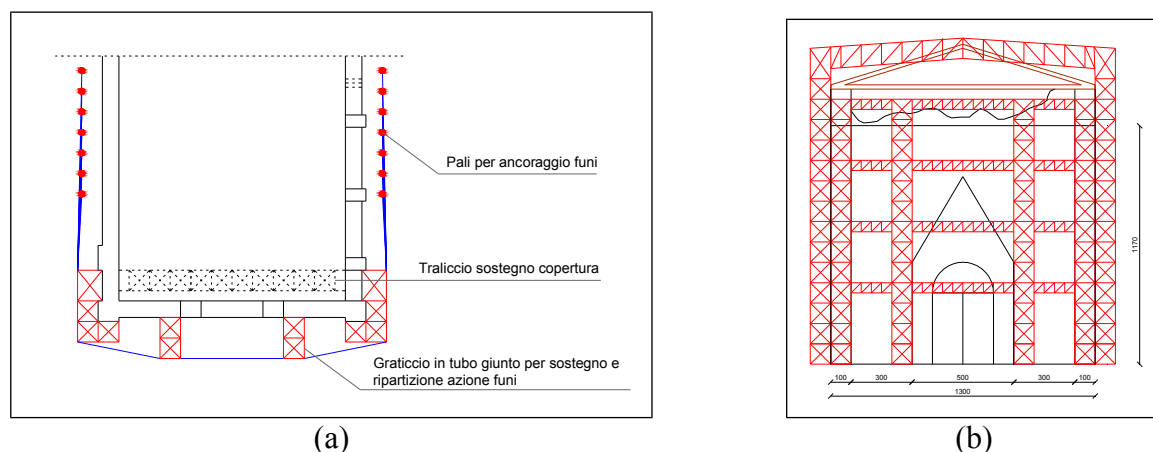


Fig. 5. SA Church, an hypothesis of temporary protection propping up developed at NIS before grave 2nd and 3rd aftershock damages;

9 Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (UAVs)

10 http://ec.europa.eu/echo/what/civil-protection/mechanism_en

REFERENCES

- [1] Kruijff G.J.M. et al. Rescue Robots at Earthquake-Hit Mirandola, Italy: a Field Report, Proc. of the 10th IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2012), IEEE Press, 2012.
- [2] Kruijff G.J.M. et al. Deployment of Ground and Aerial Robots in Earthquake-Struck Amatrice in Italy (brief report), Proc. of the 14th IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2016), IEEE Press, 2016.

Leonardo: dai satelliti ai sistemi aerei a pilotaggio remoto per le operazioni SAR

Andrea Maccapani, Leonardo S.p.A. Divisione Sistemi Avionici e Spaziali, UAS & Simulator Capability. Andrea.maccapani@leonardocompany.com

1. INTRODUZIONE

Nel presente lavoro si descriveranno le soluzioni che consentono a Leonardo di supportare il personale impegnato in attività di ricerca e soccorso (SAR - Search and Rescue) sia in ambiente terrestre che marino, grazie all'integrazione di dati provenienti ad piattaforme satellitari e da payload installati su sistemi aerei a pilotaggio remoto (SAPR, o Remotely Piloted Aircraft Systems RPAS) di varia tipologia, caratteristiche, performance e portata di carico utile. Tali dati, provenienti quindi da diverse sorgenti, vengono acquisiti, fusi, interpretati e resi disponibili nella stazione di terra a nei sistemi C4I (Command Control Communication Computer Intelligence), in modo da permettere una gestione efficiente della situazione emergenziale.

2. APPROCCIO LEONARDO

Leonardo è un player globale nei settori ad alta tecnologia e tra i maggiori operatori mondiali nei settori dell'Aerospazio, Difesa e Sicurezza.

Leonardo ha sede in Italia, conta circa 47.000 dipendenti (dati al 31/12/2015) dei quali il 37% all'estero e nel 2015 ha conseguito ricavi consolidati per 13,0 miliardi di euro e ordini per 12,4 miliardi di euro. Facendo leva sull'applicazione duale delle tecnologie, Leonardo è in grado di progettare e realizzare prodotti, sistemi, servizi e soluzioni integrate destinati sia al comparto della difesa, sia a committenti pubblici e privati del comparto civile, in Italia e nel resto del mondo.

In particolare, le realtà che la compongono sono leader nel settore della Earth Observation, definizione generica ma che nello specifico può essere scissa secondo uno schema "top down" partendo da dati derivati da piattaforme satellitari, sistemi di sorveglianza aerea "convenzionali", come aerei ed elicotteri da pattugliamento, ed il loro "alter ego" : i sistemi aerei a pilotaggio remoto.

Questi ultimi, di differenti classi e performance, si stanno affacciando negli ultimi anni come vero e proprio segmento nell'aviazione, sono in grado di fornire un flusso di dati con un livello di sicurezza maggiore, ed in maniera prolungata, rispetto all'equivalente piattaforma pilotata, dal quale poter derivare dati sui quali basare decisioni critiche, come quelle competenti a sistemi destinati a supportare operazioni di ricerca e soccorso.

In parallelo, rispetto ai sistemi di acquisizione dei dati, è necessario operare con sistemi di collezione, gestione, elaborazione e diffusione delle informazioni che siano in grado di supportare efficacemente e con precisione le decisioni dei gestori delle emergenze, che possono così disporre in maniera ottimale delle risorse a disposizione

3. I SISTEMI AEREI A PILOTAGGIO REMOTO DI LEONARDO

Specificamente per l'ambito dei sistemi aerei a pilotaggio remoto, si ha la necessità di fornire sistemi in grado di rispondere alle necessità contingenti della situazione che si intende affrontare.

Questo implica che i sistemi devono rispondere agli standard di sicurezza propri al sistema dell'aviazione, con il vantaggio, non trasportando il pilota, di essere intrinsecamente più sicuri rispetto a sistemi convenzionali in caso di condizioni di emergenza per la piattaforma stessa..

La remotazione del pilota, e dell'osservatore, pongono quindi dei vantaggi di sicurezza e nella gestione delle informazioni, che obbligatoriamente devono arrivare a terra per essere gestite, ma dei limiti in merito alla "situation awareness" che si ha esaminando il mondo attraverso il campo di vista di un sensore,

Questo è il motivo principale per il quale i SAPR sono il complemento ai sistemi tradizionali, da utilizzare secondo modalità specifiche, e secondo le loro peculiarità, ma che attualmente non possono e non potranno sostituirle.

Leonardo, nello sviluppo delle soluzioni a pilotaggio remoto, che eccede oramai i 60 anni di esperienza, pone come punto di partenza, le esigenze della missione specifica, esaminate nella loro completezza.

In particolare, nell'esaminare le necessità di avere sistemi semplici e flessibili, in grado di procedere a veloci mappature di aree dell'ordine di qualche chilometro quadrato, ha concepito ed integra delle soluzioni basate su sistemi leggeri (Mini UAS), sia ad ala rotante, che ad ala fissa, destinati a rispondere a situazioni emergenziali localizzate, e diffusi a livello di singola unità di emergenza.

Quando poi le necessità di operare in maniera strutturata da zone con minime infrastrutture per tempi prolungati, sono prioritarie, vi è l'opportunità di impiegare sistemi a decollo ed atterraggio verticale (Rotary UAS).

Quando è possibile avere a distanza utile una infrastruttura equivalente ad un aeroporto minore, ed è necessario pattugliare o supportare una operazione per decine di ore, è possibile impiegare sistemi ad ala fissa "tattici" (Tactical UAS) e superiori.

Leonardo presidia tutti questi segmenti con le sue soluzioni, che possono e potranno essere impiegati in contesti emergenziali per

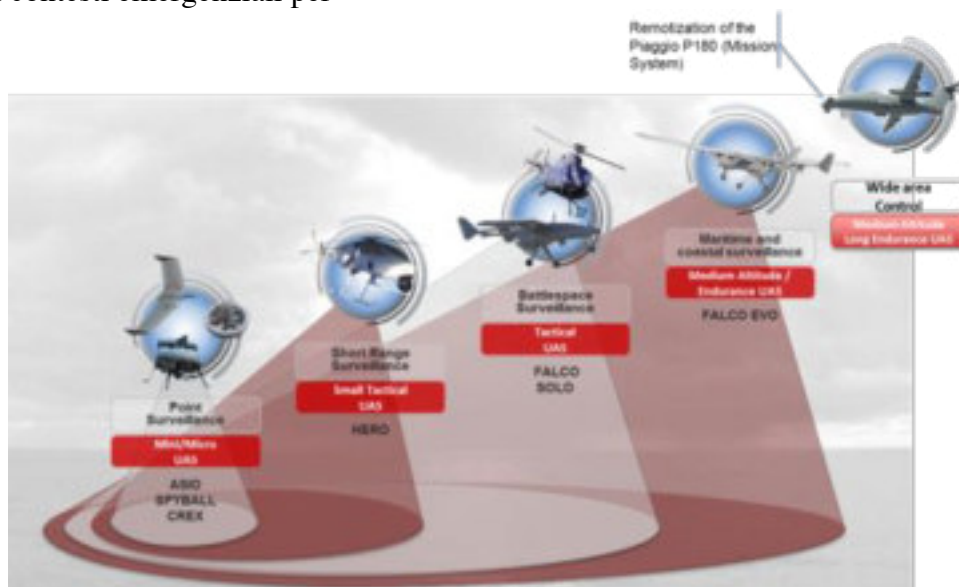


Figura 1 Soluzioni Leonardo in ambito dei sistemi aerei a pilotaggio remoto

4. GLI ELEMENTI FONDAMENTALI NELLA GESTIONE DELLE MISSIONI DI RICERCA E SOCCORSO

Le situazioni di emergenza possono avvenire in zone impervie dove l'uso e il coordinamento dei veicoli aerei disponibili, veicoli terrestri o veicoli navali è fondamentale per salvare i sopravvissuti. L'operazione SAR è l'attività di scoprire il veicolo e salvare i sopravvissuti.

Le procedure di ricerca in tutto il mondo sono standardizzate dalle varie realtà di ricerca e soccorso dall'IMO (International Maritime Organization) con il Manuale IAMSAR

Le operazioni di determinazione ed identificazione dell'area di ricerca salvataggio, operazione oggi non di semplice gestione, è il risultato dell'analisi e dell'elaborazione dei dati raccolti dalla sala operativa SAR.

Le principali componenti delle operazioni SAR si possono dividere in tre macro aree:

quella pertinente alla fase di pianificazione della missione, quella dell'esecuzione e monitoraggio degli avvenimenti della stessa, e la fase di playback e debriefing, oltre che di data storage per scopi forensici e legali. Per descrivere ogni fase, può essere utile macroscopicamente definire che nella fase di "pianificazione di missione", la sala operativa, dopo avere ricevuto notizia dell'avvenimento procede a:

- Raccogliere ed aggiornare le informazioni del veicolo perduto, sulla base di input esterni
- Gestire il database degli assetti e delle capacità presenti in zona
- Valutare le condizioni esterne, come meteorologiche, nelle aree SAR.
- Stabilire i punti di ricerca ed i pattern di ricerca
- Proporre i piani di azione

Nella fase di Mission Monitoring, la Sala Operativa SAR provvede a

- Allertare ed azionare gli assetti SAR più opportuni, sia come posizione che come capacità.
- Monitorare il compito di ricerca dei veicoli di soccorso e del Centro di coordinamento
- Gestire i flussi comunicativi
- Gestire le ripianificazioni in funzione dei mutamenti di scenario
- Stabilire il termine dell'operazione SAR e dichiarare il risultato

Al termine dell'evento SAR, poi si passa nella fase di debriefing, e "forensic" nella quale deve essere possibile analizzare tutto quanto è successo durante la fase SAR attiva, in modo da permettere di definire la qualità dell'intervento, e comprendere e catalogare "lesson learned", nell'ottica di ottimizzare ed efficientare i processi. In ultimo, la gestione nel tempo di tutta questa documentazione permette di attingere ad uno storico che risulta probante in caso di condizioni in cui sia necessario fornire delle evidenze in sede giudiziale.

E' chiaro quindi che in un contesto SAR, tutti questi elementi devono essere gestiti e lavorare in maniera sinergica, per permettere un efficace operazione.

5. LA COMBINAZIONE E LA STRATEGIA NELL'UTILIZZO DELLE INFORMAZIONI

Lo scenario in cui le tematiche di risposta alle emergenze, che siano “maxi emergenze” che operazioni di “search and rescue” locali in cui si sviluppano queste condizioni è quindi variegato, complesso, multiforme, e, di base, considerando la componente di casualità che lo determina: per fornire una risposta efficace, anche in considerazione dei budget disponibili, sempre più esigui, deve essere orientata all'ottimizzazione delle risorse disponibili.

La base di questo processo è la corretta informazione, che permette di formulare risposte mirate, proporzionali ed efficaci.

La corretta informazione è determinata anch'essa dalla corretta e consistente gestione dei dati e dalla loro elaborazione attraverso piattaforme multi sorgenti, sempre più integrate e complesse.

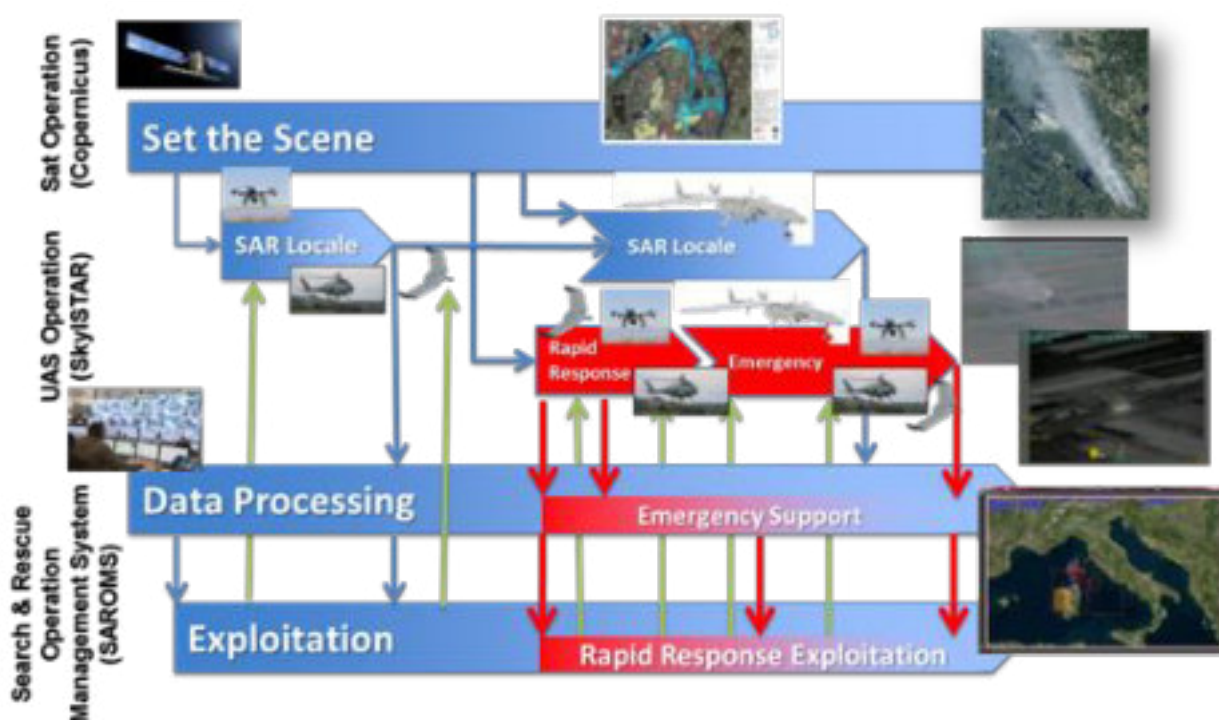


Figura 2 sinottico delle soluzioni in ambito emergenziale

In questo ambito, i dati ottenuti da una continua processazione di dati satellitari, integrati con le condizioni contingenti, come dati meteorologici, possono offrire un costante flusso di informazioni tali da permettere un monitoraggio “preventivo” di intere nazioni, in maniera continuativa, e storicizzata. Questo porta, attraverso algoritmi di predizione a determinare possibili aree di rischio, per le quali potrebbe essere opportuno allocare preventivamente e dinamicamente risorse tali da permettere un monitoraggio con maggiore persistenza, proprio di sistemi aerei tattici.

In particolare la dislocazione preventiva di questi sistemi sul territorio nazionale permetterebbe di effettuare con maggiore costanza ricognizioni e mappature tali da poter prevenire l'insorgere di situazioni di emergenza. Il posizionamento preventivo, inoltre, permetterebbe una familiarizzazione con il territorio degli operatori, di sicuro beneficio quando si richiedono informazioni “time sensitive” tipiche di situazioni di emergenza.

La proporzionalità nella gestione delle risorse, così come la possibilità di avere una visione d'insieme senza impiegare sistemi complessi, porta alla considerazione che i sistemi MUAS

potranno essere impiegati in maniera ampia e puntuale per supportare le singole squadre di operativi, nelle necessità quasi ordinarie.

In occasione di operazioni più complesse, sia per dimensione che per rilevanza, potrebbe essere opportuno impiegare mezzi di classe superiore che integrino con persistenze elevate, in tempo reale i dati derivanti sia da sistemi satellitari che da MUAS. Il vantaggio principale di operare con questa stratificazione di sistemi, è quello di ottenere una risposta flessibile sulla base delle necessità contingenti: qualora si ravvisino le necessità di spostare le aree di monitoraggio, o effettuare tipi di ricognizione con diversi sensori, o da diversi punti di osservazione, la capacità di questi sistemi di essere riconfigurati rapidamente li colloca come fonte prioritaria di dati.

Oltre che ad un efficace sistema di fornitura di dati per sistemi predittivi, il satellite è in grado di fornire con una reattività di qualche ora, indicazioni in merito alla presenza di situazioni di emergenza, ed “innescare” le catene decisionali proprie di missioni di risposta, che necessitano di informazioni in “real time” relative alla situazione contingente. Queste potrebbero impiegare in una prima fase dei MUAS, qualora non si abbiano SAPR di classe superiore disponibili all’occorrenza, che eseguirebbero la prima determinazione di dati contingenti, che fluirebbe nei sistemi di data processing emergenziale dedicati a seguire quel particolare evento.

Dall’analisi incrociata e correlata dei dati satellitari e di dettaglio, i sistemi decisionali potranno allocare sistemi maggiori alla necessità, in funzione della disponibilità e dell’opportunità.

I sistemi di exploitation, invece, si occuperebbero sia di gestire ed elaborare i dati iniziali, in modo da fornire una “prima fotografia” della situazione, e sulla base delle condizioni contingenti suggerire dei piani di azione, che potrebbero essere direttamente forniti ai sistemi di sorveglianza per attuare le procedure di ricerca, sulla base dell’ottimizzazione degli asset a disposizione. Inoltre i sistemi permetterebbero di gestire i flussi di informazione di ricerca, in modo da operare un’operazione di salvataggio mirata e tempestiva.

Ultimo elemento fondamentale per permettere che tutto questo possa avvenire, risiede nella gestione delle comunicazioni sia dati che voce, e delle connessioni tra i vari attori, che devono essere al più elevato standard industriale, di qualità e di affidabilità, con particolare riguardo alle tematiche di cyber sicurezza, dato che le reti che compongono queste infrastrutture possono essere oggetto di attacco cibernetico da parte di malintenzionati. Nell’accezione più semplice significa accedere a network protetti e dedicati, oppure in caso di zone senza connettività nativa, la capacità di portare con se e creare in tempo reale network locali che si interfacciano poi ai sistemi esistenti.

La capacità poi, ad emergenza conclusa, di riprendere tutti i dati per un’analisi degli operati, e per una valutazione “a freddo” delle situazioni e di come si è risposto, porta ad un’analisi degli stessi che potenzialmente è in grado di modificare i concetti di risposta delle forze in campo, in caso di eventi simili, creando di fatto una sorta di biblioteca di “lesson learned”.

6. CONCLUSIONI

Le missioni SAR possono essere affrontate con un'efficacia superiore andando ad integrare dei sistemi che gestiscono in maniera ottimale flussi informativi derivanti da molteplici sorgenti.

Tra queste sorgenti, le informazioni derivanti da piattaforma satellitare sono primarie nella definizione dei quadri di insieme delle situazioni emergenziali, dato che per caratteristica intrinseca possono fornire dati relativi a zone di dimensioni notevoli, con risoluzioni buone, tali da permettere la creazione rapida di mappe di azione a livello macroscopico. La storicizzazione delle informazioni di questa sorgente poi, è tale da permettere di creare rapidamente una mappa dell'accaduto. Il punto dolente di questa sorgente è la ripetitività nei passaggi, che giocoforza è risultato, a meno di avere satelliti dedicati, delle orbite e del numero dei satelliti considerati, senza contare che anche la tipologia di dato potrebbe risentire di fenomeni atmosferici localizzati. Ad esempio, la presenza di fumi o nuvole potrebbe inficiare la riprese ottica o infrarossa della zona.

I sistemi a pilotaggio remoto forniscono invece informazioni su scala inferiore, ma con risoluzioni e superiori e caratteristiche di persistenza e flessibilità che li rendono ideali nella gestione delle attività di ricerca, se non di soccorso, come efficace complemento ai mezzi "pilotati" convenzionali, che potrebbero essere impiegati, o dove l'impiego di questi ultimi risulti eccessivamente rischioso.

Leonardo è in grado di supportare il personale impegnato in attività di ricerca e soccorso sia in ambiente terrestre che marino, grazie al dominio delle soluzioni di missione in cui si procede all'integrazione di dati provenienti da piattaforme satellitari, e da payload installati su sistemi aerei a pilotaggio convenzionale o remoto, e se ne permette lo sfruttamento, nell'ottica di ottimizzare gli impegni delle risorse a disposizione, minimizzandone i rischi operativi.

Sistema di sorveglianza Falco

Gabriella Serafino, Leonardo S.P.A., gabriella.serafino@leonardocompany.com

ABSTRACT

Leonardo ha sviluppato un sistema UAV per applicazioni di sorveglianza denominato Falco. Il Falco, che l'azienda produce in diverse versioni/categorie di prodotto, compie le sue missioni di sorveglianza per mezzo di sensori che imbarca. Come caratteristiche più spinte, il Falco ha una capacità di payload di più di 70kg, può volare per più di 14 ore ad una distanza di più di 200 km. I payload imbarcabili dal Falco sono di varie possibili tipologie: elettroottici nel visibile e nell'infrarosso, radar SAR e multimodo etc. Le applicazioni tipiche sono quelle di sorveglianza dei confini, search and rescue, ricognizione e monitoraggio aree critiche. Tra gli obiettivi visualizzati, anni fa ha monitorato anche degli incendi nelle campagne della Bulgaria (fig.1). Nelle figure sottostanti sono visibili gli incendi rilevati con una telecamera nel visibile e nell'infrarosso. In alcune delle immagini si nota come nel visibile si vede poco perché c'è nebbia, mentre nell'infrarosso è ben visibile la zona dell'incendio. Sfruttando le informazioni dei due sensori, nel visibile e nell'infrarosso, l'operatore ha una visione chiara della situazione e può valutare i danni e le modalità di intervento.



Figura 1 – Fuoco rilevato con sensore nel visibile e all'infrarosso

1. INTRODUZIONE (SISTEMA)

Il Sistema Falco, operativo dal 2003, è basato su un velivolo di sorveglianza controllato in remoto da un pilota tramite stazione di terra (GCS). Il velivolo ha una capacità di payload di circa 70Kg. La configurazione di payload che solitamente viene scelta per missioni di sorveglianza è composta da sensore elettroottico brandeggiabile e da radar SAR. Il sensore elettroottico brandeggiabile include tipicamente una telecamera all'infrarosso ed una nel visibile.

La tipologia di missione sorveglianza effettuabili con il sistema Falco sono:

- IMINT (Imagery Intelligence): informazioni provenienti da immagini fotografiche o da video o da SAR (Syntetic Aperture Radar), prodotte da satelliti o da vettori di ricognizione e sorveglianza;
- SIGINT (Signal Intelligence): informazioni provenienti da intercettazioni da ogni forma di comunicazione elettronica
- MASINT (Measurement and Signature Intelligence): attività informativa proveniente da informazioni di ogni tipo di radiazione (Laser, Nuclear, Infrared, Optical), non rientrante nelle definizioni di SIGINT e IMINT.

Durante le missioni il velivolo decolla controllato in remoto da un pilota in GCS, sale a quota di crociera, vola fino a raggiungere la zona da sorvegliare, poi attiva il payload, lo posiziona sulla zona da osservare ed acquisisce le immagini che manda in tempo reale alla console payload della GCS, dove l'operatore payload controlla il movimento della piattaforma elettroottica e visualizza le immagini.

Quando un target viene acquisito con la telecamera, a seconda di quanti pixel dell'immagine sono occupati dal target si ha:

- Rilevamento del target
- Riconoscimento
- Identificazione

Le acquisizioni di immagini di incendi in Bulgaria sono state effettuate con sensore EO/IR Seaflir composto da 2 telecamere (IR e VIS) e da un laser (LRF). Le immagini acquisite rivelano diversi focolai di incendi in campagna, chiaramente visibili nell'infrarosso e poco visibili con la TVC perché era presente molta nebbia. Le acquisizioni sono state effettuate da 3Km di distanza con il velivolo in loitering sulla zona a 2,5Km di quota.

The FALCO UAV system is a persistent unmanned surveillance asset able to carry a wide selection of multispectral sensors suites allowing reliable Real Time stand-off target detection, classification, identification and shadowing, becoming a valuable information and intelligence node integral with any national C4I network.

Designed and manufactured by Selex ES, it directly leverages on the FALCO System proven mission reliability records delivering superior performances in terms of multi-payload capability, endurance and mission range matching higher tier UASs.

Typical system configuration includes a Ground Control Station (GCS) connected to a Ground Data Terminal (GDT), a Ground Support Equipment (GSE) and typically three air vehicles with associated mission payload suites tailored to Customer's needs.

2. FALCO SYSTEM GENERAL DESCRIPTION AND PERFORMANCES

The FALCO, UAV System is aimed at dual-use requirements providing 24/7, all weather persistent regional surveillance, covering a wide range of missions and complementing typical military roles (theatre persistent multispectral surveillance) with government/commercial missions such as border patrol, coastal watch, immigration prevention, law enforcement, power and pipelines surveillance, illegal fishery prevention and environmental monitoring. The air vehicle is able to carry a wide selection of mission payloads including Electro-Optical (EO)/Infra-red (IR)/ Laser Range Finder (LRF)/Laser Designator (LD), Synthetic Aperture Radar (SAR), passive and active Electronic Warfare (EW) equipment with the ability to carry combined payload suites function of the mission task, including SATCOM operations.

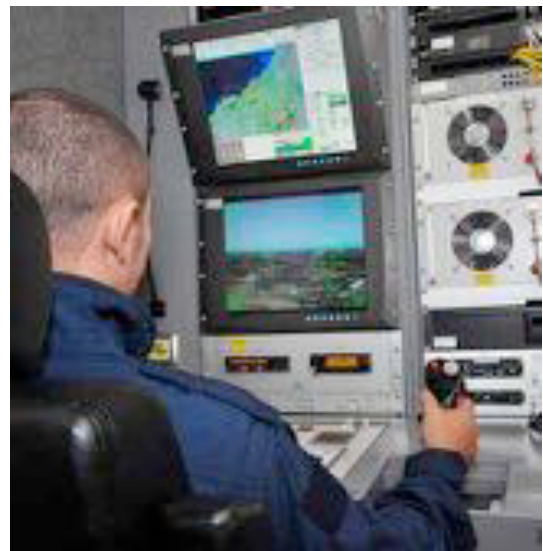


Figura 2 – Falco in volo e GCS dal quale si controlla in remoto

The FALCO Ground Control Station enables mission planning and rehearsal, pre-flight system check, mission management, flight plan re-tasking, mission play back and mission simulation for operators training. The surveillance flight plan is typically flown automatically along the preprogrammed route including the take-off and landing phases, with the possibility to perform manual override any time during the flight.

The Ground Data Terminal provides a real-time data link range in excess of 200Km between the Ground Control Station and the in-flight FALCO air vehicle, via a redundant data link and jam-resistant (option) data/images transmission in real time.

The Falco Characteristics (features) and performances are:

- Air vehicle length 6.2m
- Wing span 12.5m
- Height 2.5m
- MTOW 650Kg
- Performance (ISA conditions)
- Endurance 20+ hours
- Max payload weight in excess of 100Kg
- Ceiling 6000m
- Link range 200+ Km

- Maximum Take Off Weight (Kg) 490
- Internal Payload Capability (Kg) 70
- Typical Endurance (hours) 8
- Max Endurance (Basic Payload) (hours) 14
- Link Range (LOS) (Km) >200
- Stall Speed (KTAS) <50
- Typical Speed (KTAS) 80
- Max Speed (KTAS) 125
- Ceiling(ft) 18000
- Rate Of Climb(ft/min) >1200
- TO Distance (w/ 50 ft Obstacle) (m) <500
- Temperature Range (°C) -40/+44
- Payload
 - o EO/IR/LRF
 - o Radar like SAR (Synthetic Aperture Radar)/GMTI
 - o Different types of wide band data link

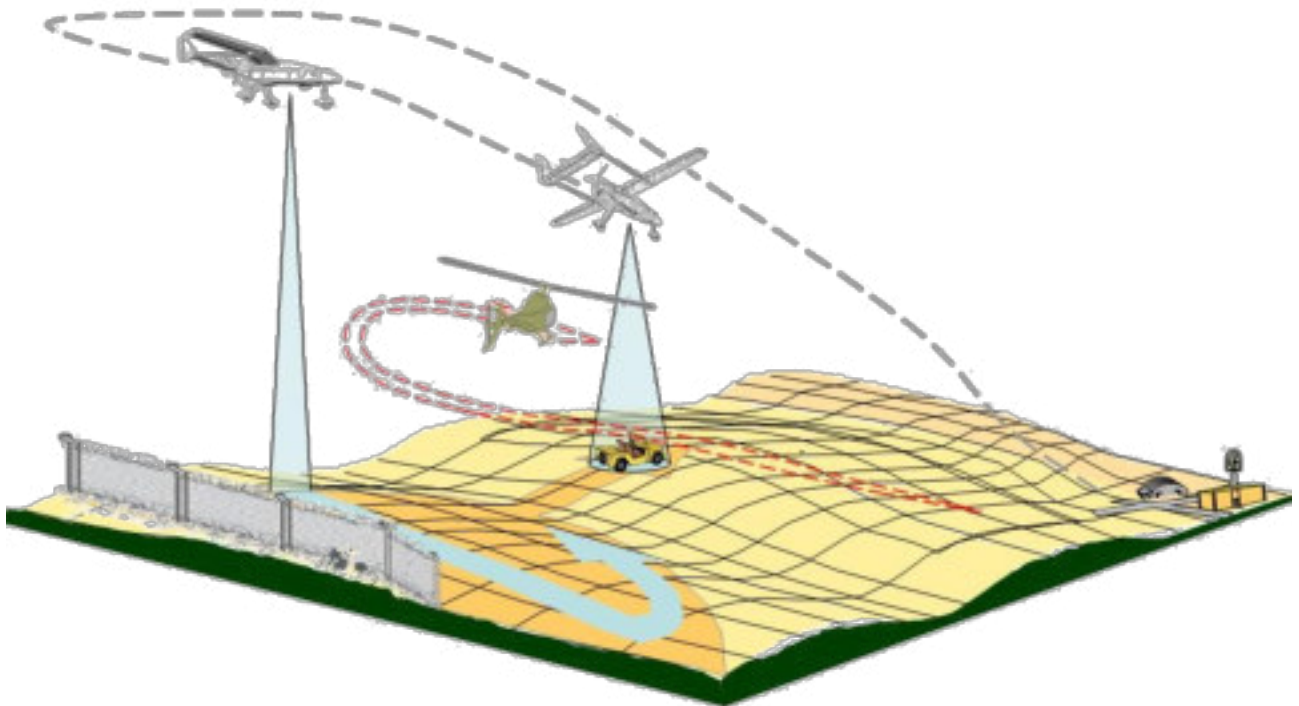


Figura 3 – Esempio di missione del Falco

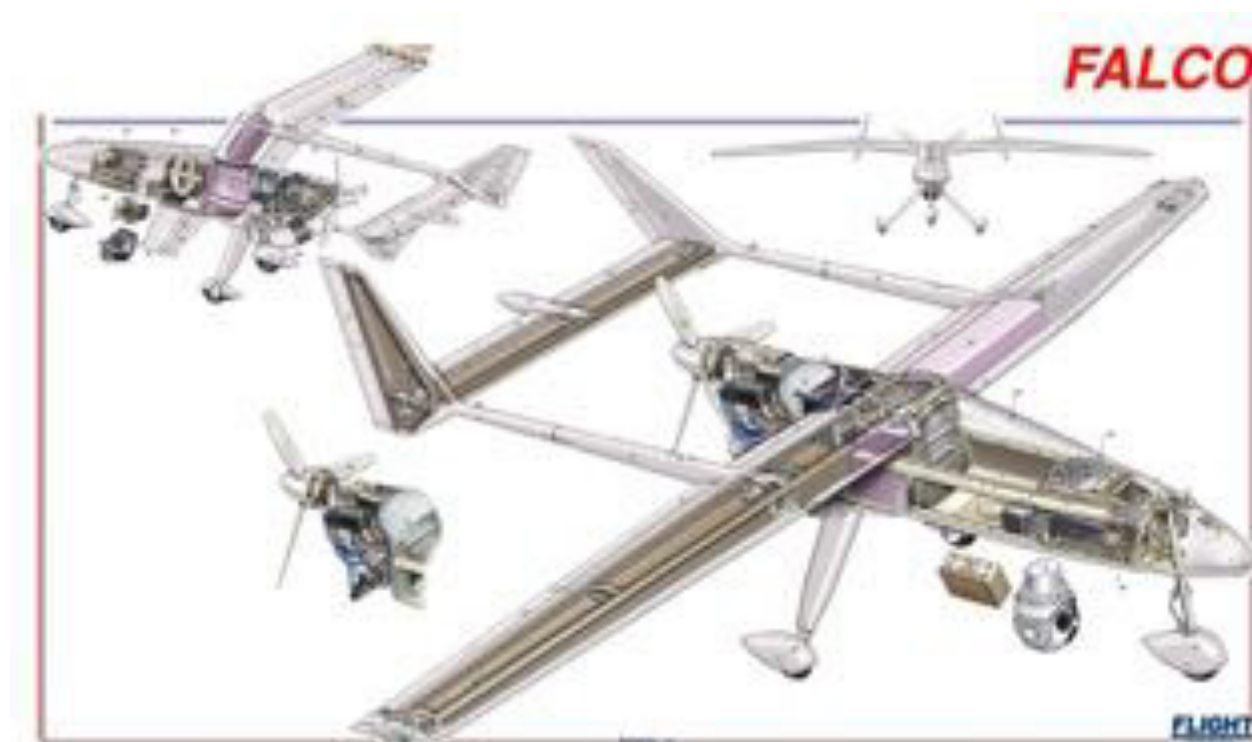
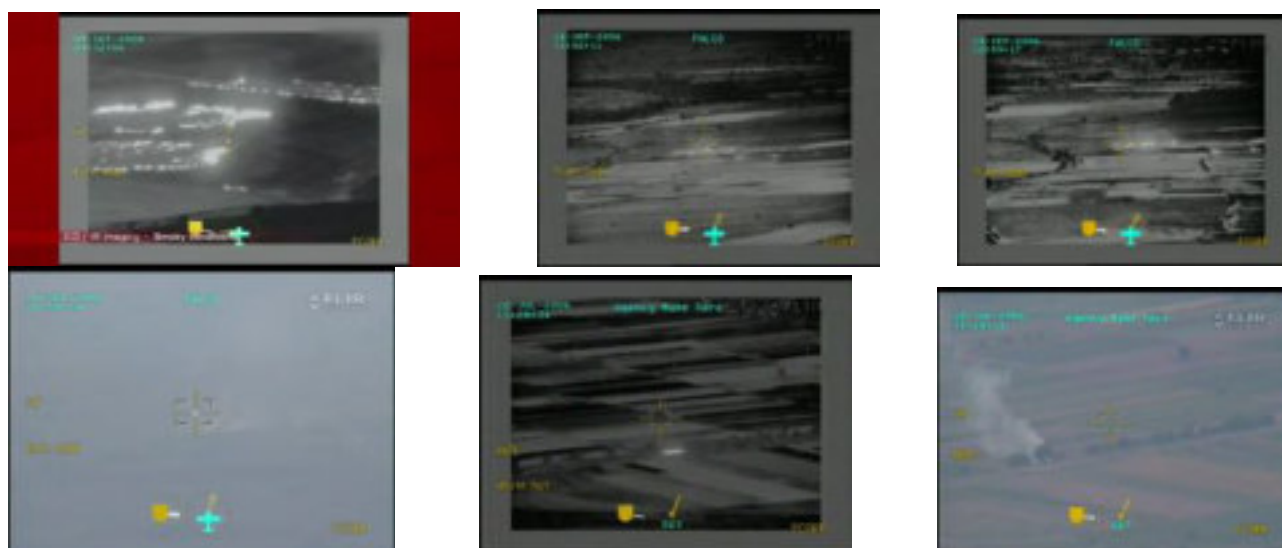


Figura 4 – Rappresentazione Falco con payload imbarcabili

3. RISULTATI OTTENUTI: IMMAGINI FUOCO ACQUISITE IN BULGARIA

Il Sistema Falco ha effettuato numerose missioni di sorveglianza in giro per il mondo, in particolare in Bulgaria ha rilevato ed acquisito immagini di focolai.

Nelle immagini nel visibile e nell'infrarosso si possono vedere zone di vegetazione in fiamme, in particolare nel visibile si vede il fumo, mentre nell'infrarosso viene meglio delineata la zona del fuoco che presenta temperatura molto più alta.



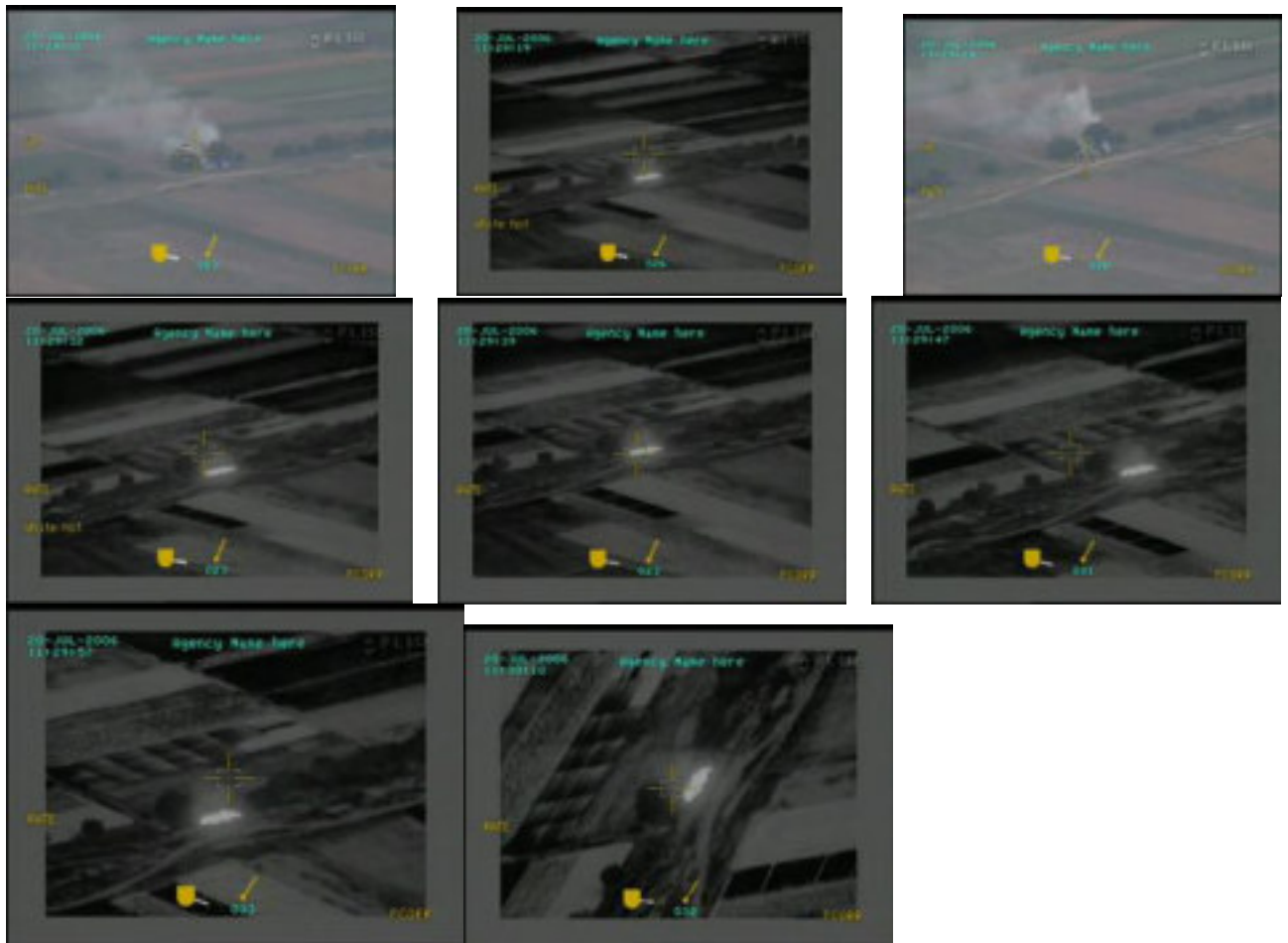


Figura 5 – Immagini di incendio rilevato ed acquisito in Bulgaria con sensori nel visibile ed all’infrarosso

4. CONCLUSIONI

Con il Sistema Falco è possibile effettuare missioni di sorveglianza di diversa tipologia e inviare in tempo reale le immagini acquisite dai sensori installati alla console payload della stazione di terra (GCS) permettendo all’operatore di rendersi conto di quanto sta avvenendo e valutare la situazione e i possibili danni.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA
CENTRO DI COMPETENZA DEL
SERVIZIO NAZIONALE DELLA
PROTEZIONE CIVILE



Saturn: un drone innovativo sviluppato per migliorare e facilitare rilievi e monitoraggio per scopi di protezioni civile.

Rossi G. , Tanteri L. , Salvatici T. , Tacconi C. , Moretti S. , Casagli N.

Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Firenze - Riferimento: guglielmo.rossi@unifi.it

Nell'ambito delle attività di protezione civile e di monitoraggio ambientale, è di fondamentale importanza il miglioramento dei sistemi di individuazione, valutazione e gestione di rischi ambientali grazie all'impiego e all'integrazione di tecniche di analisi abbinate a tecnologie sensoristiche multispettrali aviotrasportate.

Tra i droni di piccola dimensione, il drone multicottero ha un sempre maggiore impiego nel telerilevamento o per fotografia aerea. Il multicottero si presenta in numerose varianti caratterizzate da un corpo centrale da cui si diramano radialmente bracci strutturali brandeggianti di supporto per i dispositivi propulsivi.

Per migliorare le caratteristiche dei droni esistenti e ovviare alcune problematiche comuni alle configurazioni esistenti è stato progettato un nuovo telaio portante. La struttura centrale non fornisce sostegno strutturale finalizzato al volo del velivolo, come avviene per i droni comunemente utilizzati in commercio, e permette di risolvere alcune problematiche che ne limitano l'uso a scopo scientifico. Il telaio è coperto da brevetto, in Italia e in 117 paesi mondiali tramite PCT (Patent Cooperation Treaty). Il nuovo telaio presenta le seguenti caratteristiche:

- Maggior spazio disponibile nella struttura centrale e libertà di collocamento dei dispositivi elettronici di controllo del volo e della strumentazione.
- La struttura centrale può essere collegata rigidamente, in maniera parzialmente mobile o flessibile con i motori. Può compiere rotazioni e movimenti che non influenzano il volo stazionario e non, permettendo di stabilizzare uno strumento di misura, attivamente o passivamente, anche senza l'ausilio di un dispositivo supplementare dedicato, normalmente ancorato al di sotto della struttura centrale.
- Flessibilità della configurazione del numero delle unità propulsive: senza modifiche al telaio è possibile utilizzare una configurazione a unità propulsive a tre, quattro, sei o più motori, compatibilmente con le dimensioni delle eliche.
- Flessibilità di carico e di autonomia di volo.
- Posizionamento libero e ottimale per sensori di volo, navigazione e di immagine.
- Geometria variabile della disposizione geometrica dei propulsori in volo per la gestione delle emergenze, permettendo di equilibrare scompensi dovuto al carico trasportato od eventuali avarie a uno dei motori.

Il drone SATURN è capace di voli completamente autonomi dal decollo all'atterraggio finale, potendo gestire in maniera autonoma situazioni di emergenza legata al volo.

La piattaforma proposta è di tipo modulare, configurabile a seconda delle esigenze di telerilevamento. L'impiego del drone SATURN permette di effettuare anche in condizioni meteorologiche difficili, sia una normale attività ricognitiva visiva, sia rilievi fotografici aerei di estremo dettaglio utili alla mappatura di

elementi di interesse oltre che all'elaborazione di modelli 3D della superficie ad altissima risoluzione in aree difficilmente accessibili e con tempi e rischi estremamente ridotti.

Progetto AF3

Author 1, affiliation, e-mail

Author 2, affiliation, e-mail

ABSTRACT

Leonardo è coinvolta in AF3, progetto della comunità europea per il monitoraggio, la predizione dell'evoluzione e la gestione degli incendi forestali. Il progetto è basato sullo sviluppo di diversi sistemi interoperabili coordinati e gestiti da un sistema principale chiamato C4I e preposto al comando e controllo centralizzato degli altri sistemi e degli operatori dispiegati. Il sistema nel suo complesso include un centro di comando e controllo, dov'è disposto il C4I, il sistema di simulazione dell'evoluzione dell'incendio (FFL), il sistema di supporto alle decisioni (DS) e gli altri sottosistemi di controllo e valutazione della situazione (situation awareness); e tale sistema interviene all'interno dello scenario operativo, dove è in corso l'incendio e sono dispiegate le truppe di terra, i vigili del fuoco, le ambulanze, i vari sensori, i sistemi di rallentamento e circoscrizione dell'incendio e gli UAV per il monitoraggio dell'incendio e la valutazione dei danni. In particolare sono schierati vari UAV equipaggiati con differenti tipi di sensori quali la telecamera nel visibile, quella nell'infrarosso ed il sensore multispettrale. Le immagini acquisite dagli UAV sono inviate in tempo reale al centro di comando e controllo, in modo da permettere agli operatori di valutare la situazione e reagire di conseguenza.





1. INTRODUZIONE

Il progetto AF3 è iniziato nel Maggio 2014 ed è svolto da un Consorzio che si compone di 19 partecipanti tra Aziende, Istituzioni ed Enti di Ricerca, provenienti da 9 Paesi europei più Israele. Le aree di azione del progetto AF3 riguardano la diagnosi precoce e il monitoraggio ambientale attraverso l'integrazione e l'implementazione di sistemi diversi, tra cui satelliti, aerei e UAV, l'innovazione nelle contromisure passive ed attive, la gestione integrata delle situazioni di crisi e l'implementazione di sistemi di Visualizzazione e Simulazione per il supporto alla decisione. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, il progetto AF3 prevede la realizzazione di una Stanza di Comando e Controllo alla quale affluiranno tutte le informazioni provenienti dal Campo. Tali informazioni saranno sintetizzate e visualizzate in modo da raggiungere una ottimale conoscenza della situazione (Situation Awareness) da parte degli Operatori. Nella stessa stanza saranno anche presenti sistemi dedicati alla Risk Analysis nonché i vari sistemi di simulazione. L'integrazione di tutti questi sistemi è finalizzata a fornire agli Operatori il più completo supporto decisionale.

Nella Stanza di Comando e Controllo sarà presente una Stazione di Comando, Controllo, Comunicazioni, Computers e Intelligence (C4I), che fornisce agli altri sistemi una base di informazioni riguardo alla situazione attuale dello specifico incendio come, ad esempio, il perimetro, i Points Of Interest (POI), le linee di controllo (ovverosia le barriere naturali o artificiali impiegate per il controllo dell'incendio) nonché le risorse assegnate. Ogni sistema provvederà quindi, conosciuto il perimetro, a caricare, se necessario, le relative immagini satellitari, o fornite da UAV, mentre il servizio denominato "Sensors and Devices" renderà disponibili le informazioni ed i dati provenienti dai sensori e dalle stazioni eventualmente presenti sul terreno.

La situazione attuale dell'incendio viene così costruita mediante l'insieme di informazioni raccolte attraverso sensori presenti sul Campo, immagini, dati provenienti da stazioni fisse o mobili nonché dati in ingresso forniti dagli operatori. Tali informazioni costituiscono lo scenario di partenza dal quale, attraverso i modelli simulativi, si ottiene una previsione riguardo l'evolversi della situazione. L'architettura software del sistema AF3 è un'architettura aperta basata su Web Services che comprende diversi modelli simulativi tra cui un modello atmosferico e di distribuzione del fumo, un modello dell'evoluzione del fuoco, un modello che simula il comportamento di folle che si trovano coinvolte nell'incendio ecc.

La previsione costituirà un supporto per i Coordinatori, i quali, in base ad essa, potranno prendere diverse decisioni, come ad esempio lo sgancio di acqua o altri estinguenti in certe zone dell'incendio. Tali decisioni, prima di essere effettivamente attuate, possono essere anch'esse fornite come dato di ingresso ai modelli simulativi, che comprendono anche la simulazione dal punto di vista cinetico ed energetico dell'effetto degli estinguenti, questo allo scopo di valutare l'effetto dell'operazione che si vuole mettere in atto prima della sua attuazione effettiva e, nel caso, modificarla allo scopo di aumentarne l'efficacia.

2. AREE DI AZIONE DEL PROGETTO AF3

Al fine di perseguire gli obiettivi prefissati di monitoraggio e gestione gli incendi, il progetto AF3 si focalizza sulle seguenti aree:

- **Contromisure attive innovative:** implementazione del nuovo sistema AAFF (Advanced Aerial Fire Fighting) per distribuire in modo accurato e sicuro le sostanze estinguenti, da terra e da alta quota attraverso aerei ed elicotteri, in qualsiasi momento del giorno e della notte, indipendentemente dalle condizioni atmosferiche, dal fumo e dalla configurazione del terreno. AAFF permetterà una risposta rapida H24, riducendo al minimo la durata dell'incendio e, conseguentemente, i danni. Il sistema AAFF può essere adattato ad un'ampia varietà di aerei o elicotteri.
- **Contromisure passive innovative:** costruzione di barriere preventive con capsule finalizzate a prevenire la propagazione del fuoco da zone ricche di vegetazione verso le zone abitate. Tale barriera consente un modo nuovo e veloce per creare fasce tagliafuoco chimiche, caratterizzate da una lunga durata (mesi) e funzionamento autonomo. Le capsule contengono acqua e agenti ritardanti; essi sono spruzzati sulla vegetazione nel caso in cui le capsule siano attivate da un aumento di temperatura provocato da un incendio, senza uso di esplosivi né dell'elettronica.
- **Diagnosi precoce e il monitoraggio:** integrazione ed implementazione di sistemi diversi, tra cui i satelliti, aerei, UAV nonché sistemi di terra mobili (normali veicoli e UGV) e fissi per la diagnosi precoce del fuoco e per il controllo della propagazione del fumo e nubi tossiche.
- **Gestione integrata delle crisi:** coordinamento generale di tutte le missioni antincendio mediante l'innovativo "AF3 core expert engine".



Figura 1 - Concetto operativo proposto in AF3

3. IL CORE EXPERT ENGINE

Nell'architettura AF3 il coordinamento delle missioni di Fire Fighting è eseguito attraverso il "Core Expert Engine" che integra 3 sistemi complessi:

- **Stazione di Comando e Controllo**(per gestire le risorse)
- **Strumenti per l'analisi del Rischio** (per valutare i rischi per la salute ed il comportamento per la salute umana, il bestiame e le infrastrutture)
- **Fire Fighting Lab** (per prevedere l'evoluzione del fuoco e l'effetto delle contromisure attive e passive).

Questi sistemi ricevono dati di ingresso da diversi sensori (satelliti, aerei, sistemi mobili e statici), elaborano e fondono le informazioni eterogenee e simulano la missione in tempo reale per fornire un supporto alle decisioni durante la gestione dell'emergenza.



Figura 2 - AF3 Core Expert Engine

4. INTEGRAZIONE E TEST

Per il progetto AF3 è stato preparato un dettagliato piano di integrazione e test [3].

I piani di test sono progettati per cominciare con ciascun modulo / sottosistema separatamente (test eseguito dagli sviluppatori di quel modulo / sottosistema), continuare con una parziale integrazione tra i componenti che hanno interazione diretta tra loro e infine l'intera l'integrazione del sistema AF3. Il processo di integrazione di sistemi coinvolgerà tutti i partner che hanno componenti nel progetto.

Durante l'esecuzione del progetto AF3 sono previsti test preliminari sul campo in Grecia, fino ad arrivare alla validazione finale dell'intero sistema, che sarà effettuata mediante una campagna di test in Spagna ed Israele, che include:

- **Simulazione interattiva, in tempo reale** comprensiva di addestramento, per dimostrare le capacità del C4I e del Core Expert Engine in generale, nel monitorare in modo efficiente l'evoluzione del fuoco e le informazioni provenienti dai sistemi e coordinare le operazioni antincendio.
- **Test in volo** del sistema “Advanced Aerial Fire Fighting” (AAFF) per dimostrare l'efficienza delle contromisure attive.

Gli utenti finali coinvolti nel progetto contribuiranno anche all'organizzazione dei test, mettendo a disposizione le loro strutture per eseguire le dimostrazioni in tutta sicurezza.

L'obiettivo del programma di integrazione è quello di sincronizzare tra loro i partner e preparare gli eventi dimostrativi in programma. Il programma di tali eventi si svolge come segue:

Evento	Scopo	Data e Luogo
Dimostrazione in Grecia	Dimostrazione del Sistema AF3 in stato prototipale	Atene, Grecia (Maggio 2016)
Dimostrazione in Spagna	Dimostrazione del Sistema AF3 in corso di sviluppo	Leon (Novembre 2016)
Dimostrazione in Israele	Dimostrazione del Sistema AF3	Israele (approx. aprile 2017)

Tabella 1 - Pianificazione Eventi Dimostrativi

6. FIRE FIGHTING LAB (FFL) SIMULATION TOOL

Il teatro operativo per una missione di Fire-Fighting, richiede la coordinazione di molte risorse in condizioni di rischio. Per questo motivo, una buona pianificazione, addestramento e debriefing sono vitali per la sicurezza del personale coinvolto e il successo della missione.

Fattori chiave sono:

- Valutazione della situazione
- Processo decisionale
- Coordinamento delle forze impiegate.

Per soddisfare queste esigenze, Finmeccanica sta sviluppando, nell'ambito del progetto AF3, uno strumento di simulazione denominato Fire Fighting Lab (FFL). Esso è composto da un Host di simulazione ed da un' interfaccia uomo-macchina. FFL si interfaccia con tutti i modelli simulativi sviluppati nel programma ed il tool per l'analisi del rischio (analisi del rischio, prevenzione e sicurezza). FFL è inoltre integrato con la stazione C4I. Un'interfaccia utente separata permette di effettuare integrazioni, test, e sessioni di simulazione indipendenti dalle operazioni sulla Stazione C4I. Tale interfaccia comprende un Tactical Display avanzato che consente di visualizzare ogni particolare dello scenario simulato.

Il Fire Fighting Lab comprende un modello avanzato dell'evoluzione dell'incendio in base alle caratteristiche del terreno e della vegetazione e si interfaccia con i seguenti modelli simulativi:

- Situazione meteorologica.
- Effetti dei vari tipi di estinguenti.
- Modelli delle varie entità coinvolte: velivoli, entità a terra e sull'acqua.

Partendo dai dati sulla situazione corrente e dalle decisioni che si intende prendere, il modello simulativo fornisce una previsione della situazione futura.

Il Fire Fighting Lab può essere utilizzato anche per pianificazione della missione, debriefing e training.



Figura 3 - Visione in rendering del FFL

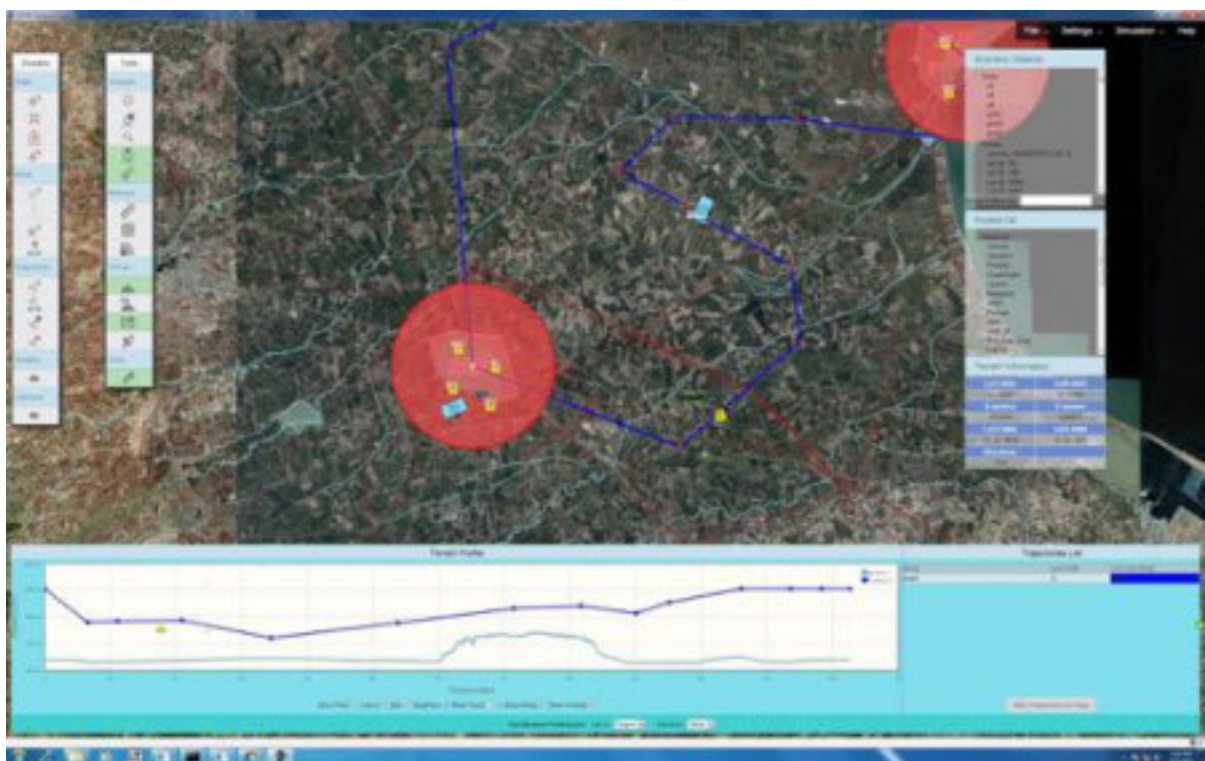


Figura 4 - Il Tactical Situation Display del FFL

7. TRIALS E RISULTATI

Gli eventi dimostrativi hanno avuto luogo prima presso la base navale di Skaramagkas, in Grecia, poi a Leon in Spagna.

Alle dimostrazioni hanno preso parte rappresentanti dell'Advisory Board del Consorzio AF3 e i seguenti membri del Consorzio stesso:

- ELBIT Systems LTD (ELBIT) - Israele
- Leonardo-Finmeccanica (FNM) - Italia
- National Center For Scientific Research "Demokritos" (NCSR) - Grecia
- Politecnico Di Torino (POLITO) - Italia
- Ministry Of National Defence, Greece (HMOD) - Grecia
- Ministero Dell'interno (CNVVF) - Italia
- Universitat Politecnica De Valencia (UPV) - Spagna
- Empresa De Transformacion Agraria SA (TRAGSA) - Spagna
- Aria Technologies SA (ARIA) - Francia
- Centrum Badan Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk (SRC) - Polonia
- Pyro Fire Extinction SL (PYRO) - Spagna
- Intracom SA Telecom Solutions (ICOM) - Grecia
- The University Of Westminster LBG (UOW) – Regno Unito

Tramite l'accensione di un fuoco prescritto, sono stati simulati incendi. Il sistema AF3 ha fornito in tempo reale una mappa di rischio incendio per l'area, dove il rischio stesso era espresso in termini di minimo e massimo relativamente a soglie di probabilità, distanza e tempo. Sulla base di questo, l'area circostante alla base navale è stata considerata ad altissimo livello di rischio e dunque monitorata da osservatori a terra. Sono state utilizzate mappe dei combustibili e delle infrastrutture. Successivamente è stata simulata l'osservazione di fumo e di un potenziale incidente con macchia d'olio vicino alla base navale da parte di un osservatore a terra. L'osservatore ha chiamato il centro di comando e controllo AF3 sia componendo "199" sia tramite la App *FireGoo Citizens* (NCSR) dal suo telefono cellulare. Tramite questa App è stato inviato un report al server AF3. Il report conteneva le coordinate approssimative del possibile incidente e informazioni accessorie di geolocalizzazione.

Il modulo *Call Data Capture Management* (NCSR) facente parte del sottosistema di AF3 *Sensors and Devices* è stato usato per registrare i dati di identificazione dell'incidente sia in forma verbale che quelli provenienti dalla App. A seguire, il sottosistema *Sensors and Devices* ha combinato i vari tipi di informazioni recuperati dalla App, dalla rete di sensori presenti sul terreno e dalle telecamere elettro-ottiche fondendoli e creando così un avviso per la *Stazione di Comando, Controllo, Comunicazioni, Computer e Intelligence (C4I)* sviluppata da ELBIT, contenente il punto di accensione del fuoco e le coordinate dell'incendio con la maggiore accuratezza possibile.

La sala di comando e controllo AF3 ha ricevuto la chiamata e ha attivato immediatamente il drone *Skylark* (ELBIT) al fine di ottenere immagini della zona in tempo reale. In parallelo, i "first responders" hanno ricevuto dalla stazione il piano di missione per raggiungere l'incidente.

La stazione C4I e le informazioni provenienti dagli operatori sul campo hanno costituito la base per la pianificazione della missione sul posto di un veicolo dotato di telecamere fornite da UPV e da operatori del Dipartimento Italiano dei Vigili del Fuoco (CNVVF) dotati di equipaggiamento anch'esso fornito da UPV. Tale missione aveva lo scopo di ottenere maggiori informazioni, specificare le condizioni dell'incidente e supportare il personale già presente sul luogo.

Al loro arrivo sul luogo dell'incendio, gli operatori hanno riferito che esso era in fase di propagazione, con emissione di denso fumo e hanno preso immagini dell'incidente.

Il perimetro del fuoco è stato geo-localizzato mediante un telemetro laser e anche questa informazione è stata inviata al modulo *Advanced Situation Awareness* (ASA) e C4I.

Dopo una misurazione delle condizioni meteo, i "first responders" presenti sul luogo hanno fatto una richiesta di persone e mezzi per assistenza. Da quel momento, il meccanismo di risposta all'incendio boschivo si è attivato: la stazione C4I ha proceduto con la pianificazione della missione, e la mobilitazione di un altro veicolo contenente apparecchiature fornite da TRAGSA.

All'arrivo di tale veicolo, si è eseguita una valutazione sul posto delle condizioni dell'incidente. Il direttore delle operazioni sul posto ha preso in carico l'incidente e ha distribuito tutti i veicoli in modo appropriato, dividendo la zona in sezioni. Ha creato inoltre un perimetro aggiornato del fuoco tramite la App *FR FireGoo* (NCSRD) e ha definito il luogo appropriato per le varie forze da impiegarsi.

Il concetto operativo ha consistito in un massiccio attacco al fuoco nelle sue fasi iniziali. Nei primi 30 minuti è stata mobilitata tutta la forza in campo e il direttore del centro comando e controllo ha ottenuto in tempo reale una stima della dimensione dell'evento dalle telecamere fisse installate sui veicoli da UPV e dalla relazione fornita dal direttore delle operazioni sul campo.

In parallelo, un veicolo pick-up dotato di sistema LIDAR è stato trasferito sul sito e i dati sono stati trasmessi al server di ARIA attraverso una dongle 3G.

A questo punto, la stazione C4I ha richiesto che sul sito venisse stabilito un centro di pronto soccorso per fornire assistenza agli eventuali feriti.

HMOD ha supportato sin dal primo momento la mobilitazione dei veicoli, non permettendo ai civili di essere vicino alla zona dell'incidente. Sulla base di questo e per ragioni di sicurezza, HMOD ha ricevuto il mandato dalla stazione C4I di bloccare il traffico all'ingresso della base navale. Le guardie all'entrata sono state informate ed è stato inviato un rapporto alla stazione C4I.

Il team del veicolo dotato delle apparecchiature di TRAGSA ha aggiunto riferimenti spaziali sotto forma di singoli punti, tra cui le posizioni esatte in cui l'accesso era impraticabile per i veicoli. Questo è stato fatto tramite strumenti *Decision Support* (DS) mobili (*EmerView*, *Emercarto 2* forniti da TRAGSA), e comunicato al direttore delle operazioni sul posto. Tali riferimenti spaziali sono stati visualizzati dal sistema DS nel centro di comando e controllo e dalle App DS a disposizione degli operatori sul posto.

A questo punto la stazione C4I ha richiesto al sistema DS i riferimenti spaziali aggiunti in precedenza come singoli punti ed il sistema DS ha avvisato la stazione C4I una volta che le informazioni sono state disponibili.

Una volta avute le informazioni riguardanti i punti impraticabili, la stazione ha dato mandato ad una squadra composta da 4 vigili del fuoco (2 Italiani e 2 Spagnoli) di aprire percorso utilizzando zappe, motoseghe e qualsiasi altra attrezzatura necessaria.

Durante lo svolgimento delle operazioni, il sistema ASA ha ottenuto un flusso di immagini in tempo reale proveniente dalle telecamere installate sui caschi dei vigili del fuoco.

I dati cardiovascolari dei vigili del fuoco Spagnoli sono stati monitorati dal capo dell'unità attraverso la App *Firestress*. Tali dati venivano visualizzati dall'operatore DS nel centro comando e controllo.

Durante questa operazione, è stato simulato un incidente nel quale due dei vigili del fuoco erano scivolati in un burrone e hanno inviato un segnale di allarme alla stazione C4I attraverso la loro unità dati First Responder (FR) e il tool DS su telefono cellulare. L'avviso è stato visualizzato nel sottosistema DS sia sulla stazione C4I che sul tablet in dotazione al direttore delle operazioni sul campo, che di conseguenza ha richiesto l'intervento di una seconda squadra composta da 8 volontari.

I vigili del fuoco oggetto dell'incidente simulato sono stati trasferiti al luogo di pronto soccorso precedentemente stabilito. Lì sono stati oggetto di una serie di test medici e i dati raccolti sono stati gestiti attraverso la piattaforma di monitoraggio sanitario fornita da ICOM.

La stazione C4I ha a questo punto richiesto di formare una barriera di capsule (fornite da PYRO) intorno ai primi edifici e infrastrutture della Scuola Ufficiali. Tale linea difensiva aveva lo scopo di impedire l'avanzata del fuoco. Il sistema a capsule è un metodo innovativo per prevenire la diffusione degli incendi. Il sistema contiene nuove tecnologie che consentono un rapido set-up di linee difensive contro il fuoco senza rimuovere la vegetazione, e facilitando il primo intervento. Il sistema a capsule non ha dispositivi esplosivi o elettrici ed è auto-attivato quando il fuoco lo raggiunge.

Il direttore delle operazioni sul campo ha anche richiesto l'impiego di due aeromobili ad ala fissa CL-215 (HMOD), di un firetruck (UPV) e di uno speciale veicolo cingolato in grado di portarsi il più vicino possibile al fuoco. Di conseguenza il direttore del centro comando e controllo ha richiesto al vicino aeroporto di Elefsina il decollo dei due velivoli, uno caricato con acqua e l'altro contenente pellets (ELBIT). Il centro comando e controllo ha fornito al secondo CL-215 le coordinate di sgancio dei pellets.

Dopo alcuni minuti e l'approvazione immediata per il decollo, i due velivoli ad ala fissa erano sopra l'incidente. Il primo ha operato uno sgancio di acqua, successivamente il secondo velivolo ha effettuato uno sgancio di pellets.

Dopo lo spegnimento del fuoco, è stato utilizzato un micro-UAV (UOW) per l'analisi dei danni, la modellazione 3D della zona interessata ed il conseguente trasferimento di questi dati alla stazione C4I.

E' stata inoltre simulata una situazione successiva, nella quale, a causa, di una ripresa dell'incendio, un gruppo di turisti era rimasto isolato in una spiaggia deserta. I turisti si sono sentiti isolati in spiaggia e non erano a conoscenza del numero che si deve chiamare in caso di incendio. Così, hanno cominciato massicciamente a twittare immagini e video, sperando in un aiuto. Inoltre si è simulato che i cittadini dei paesi vicini abbiano usato il AF3 *Public Information Channel* (NCSRD) riportando l'incendio sul web. Il sistema AF3 e in particolare il sottosistema Sensors and Devices ha riconosciuto il twitting massiccio come alta probabilità di incendio e ha inviato un avviso per la stazione C4I.

A seguito di questo, C4I ha ordinato che un UAV Pegasus (HMOD) decollasse dall'aeroporto di Aktion per una missione di pattugliamento. Il Pegasus è arrivato nella zona segnalata e ha riconosciuto che si trattava di un falso allarme. La diretta streaming video del Pegasus è stata visualizzata dalla stazione C4I, mostrando che in realtà si trattava di un fuoco di pneumatici.

Allo stesso tempo, C4I ha dato il mandato a forze di terra di raggiungere la zona del presunto incidente dall'aeroporto di Aktion. Le forze di terra hanno confermato che il fumo denso era causato da un agricoltore che bruciava pneumatici al di fuori di una casa colonica.

E stata infine simulato un messaggio di assicurazione ai turisti tramite il Public Information Channel, riportante che il fuoco e il fumo non provenivano da un incendio.

Durante la dimostrazione, è stata provata l'integrazione del FFL (FNM) con la stazione C4I che aveva il compito di coordinare le operazioni.

La stazione C4I ha richiesto al FFL una simulazione dell'evoluzione del fuoco, a seguito della quale è stata ordinata l'evacuazione della Scuola Ufficiali sita nella base navale.

Il comportamento delle persone durante le procedure di evacuazione è stato anch'esso simulato mediante un modello di comportamento della folla destinato alla gestione delle situazioni di crisi sviluppato dal NCSRD.

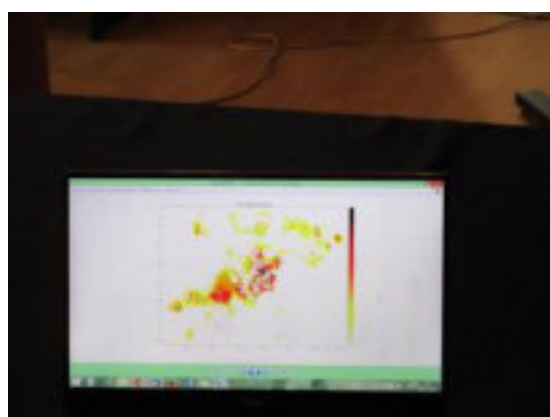
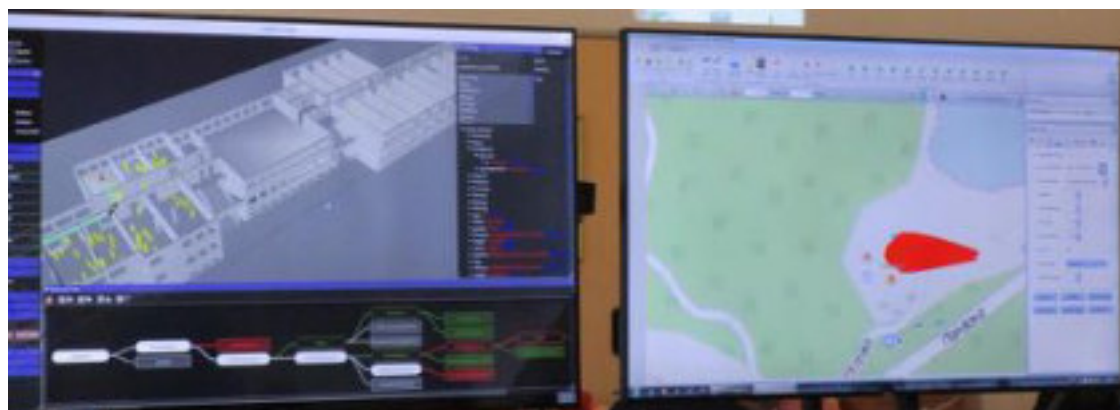
La simulazione del fuoco ha avuto in ingresso i dati riguardanti le condizioni meteorologiche e ambientali locali messi a disposizione dal sottosistema meteo fornito da ARIA sotto forma di Web Service ed elaborati da un ulteriore modulo fornito da POLITO. SRC ha prodotto una mappa dei combustibili ricavata dalle immagini satellitari della zona nella quale è stata fatta una

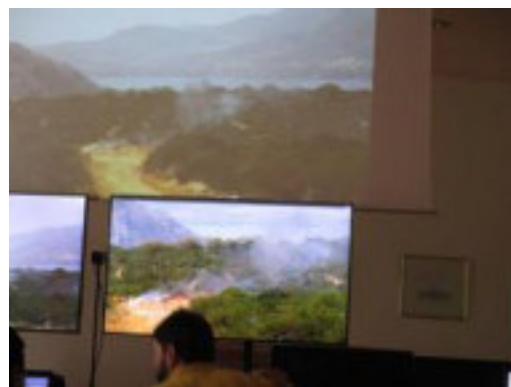
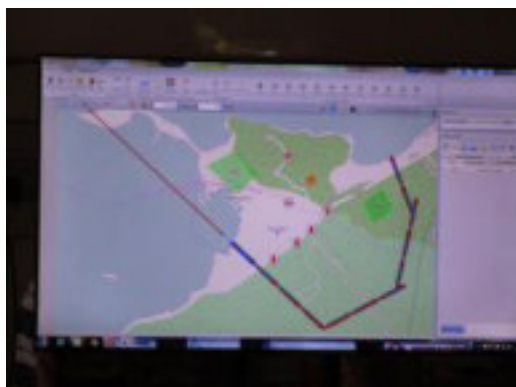
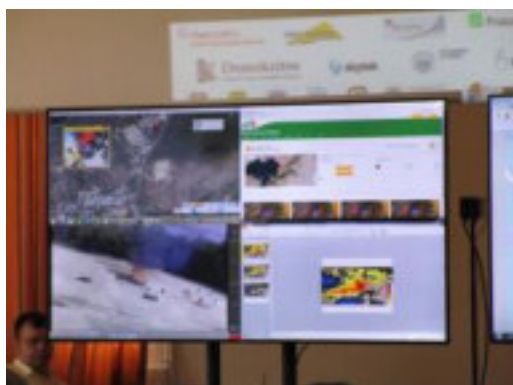
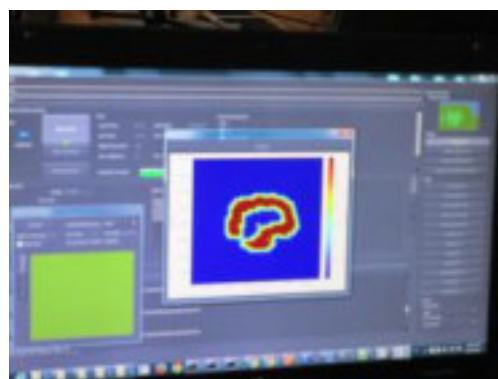
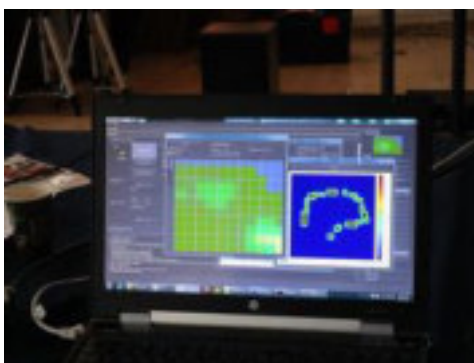
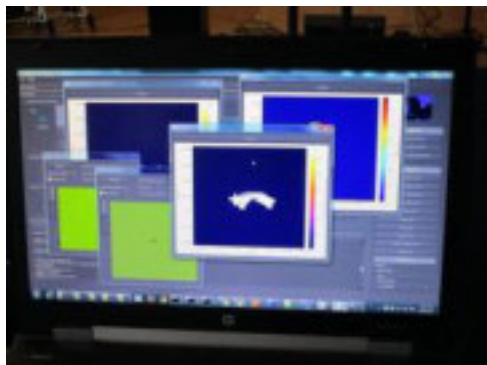
classificazione basata sui 13 tipi di combustibile definiti da Albini [5]. Anche questa mappa è stata utilizzata come dato in ingresso dal modello di evoluzione del fuoco.

I dati in uscita sono stati raccolti e visualizzati dalla stazione C4I ed utilizzati come mezzo di supporto alla decisione.

Durante le prove sono state dimostrate varie funzionalità del FFL in particolare:

- Il FFL è stato in grado di registrarsi nel sistema AF3. L'altimetria e la pendenza del terreno sono stati estratti dai dati GIS della zona e hanno fatto parte dei dati di input per la simulazione.
- Il modello di evoluzione del fuoco ha simulato una propagazione a partire da un fronte iniziale, che è stato fornito dalla stazione C4I nel messaggio di inizializzazione.
- Il FFL è stato in grado di fornire informazioni georeferenziate sull'evoluzione fuoco e tali informazioni sono state visualizzate sia sull'interfaccia utente locale sia sulla stazione C4I.
- Il sistema ha permesso di simulare diversi scenari che impiegavano vari dati di input relativi alla vegetazione, alle condizioni meteorologiche, ecc.





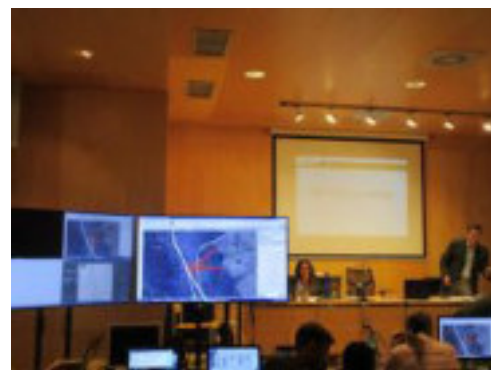




Figura 5 – Risultati dei Trials

8. CONCLUSIONI

I sistemi di simulazione possono avere un ruolo molto importante, non solo come strumenti di training, ma anche come mezzi di supporto alla decisione durante la gestione di situazioni di emergenza, come ad esempio i grandi incendi boschivi.

Nell'ambito del progetto europeo Advanced Forest Fire Fighting (AF3) Leonardo-Finmeccanica sta sviluppando il prodotto Fire Fighting Lab (FFL), che incorpora un modello avanzato di evoluzione del fuoco e che possiede la potenzialità di essere collegato a svariate fonti di dati ambientali, allo scopo di aumentare sempre di più l'affidabilità della simulazione.

Il Fire Fighting Lab può essere utilizzato come strumento di pianificazione delle operazioni, monitoring, supporto alla decisione, debriefing e training.

RIFERIMENTI

- [1] A.A.V.V., Seventh Framework Programme - THEME [SEC-2013.4.1-6] Preparedness for and management of large scale forest fires - Integration Project - Annex I - "Description of Work".
- [2] M. Giovannini, AF3 Advanced Forest Fire Fighting D21.1 – Mission Analysis Report
- [3] Tal Greenberg, AF3 Integration test plan D8.1.1

-
- [4] R.C.Rothermel: A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. 1972
 - [5] F.A.Albini: Estimating Wildfire Behavior and Effects. 1976
 - [6] Rickard Hansen: Estimating the amount of water required to extinguish wildfires under different conditions and in various fuel types. International Journal of Wildland Fire. Published online 1 June 2012
 - [7] Andrews P.L. 1986, "BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System -- Burn Subsystem", U.S.
 - [8] Collin D: "Bevins: fireLib User Manual and Technical Reference". October 1996
 - [9] Hal E. Anderson:" Aids to Determining Fuel Models For Estimating Fire Behavior". United States
 - [10] Department of Agriculture, General Technical Report INT-122. April 1982
 - [11] Rickard Hansen: Estimating the amount of water required to extinguish wildfires under different conditions and in various fuel types. International Journal of Wildland Fire. Published online 1 June 2012
 - [12] R.E.Burgan, R.C.Rothermel: "BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System – FUEL Subsystems“. A publication of National Wildfire Coordinating Group May 1984

Le applicazioni robotiche integrate ECA per operazioni in ambienti ostili: Antincendio, SAR e CBRN

Dott. TV (smg rn) (r) Riccardo Caponi, ECA Group, caponi.r@ecagroup.com

Dott. Emanuele Orlandi, RIGEL, eorlandi@rig.it

ABSTRACT

ECA lavora da alcuni decenni nello sviluppo di soluzioni robotiche integrate per la salvaguardia della vita umana e degli asset strategici quando si opera in ambienti estremamente ostili, come le alte profondità marine o zone contaminate da radiazioni nucleari o altri agenti CBRN. Siamo l'unica azienda al mondo a produrre e progettare soluzioni robotiche in ogni ambiente terrestre, dall'aria, al mare, alla terra. Nel nostro intervento esporremo alcune delle principali referenze e progetti svolti in ambito soluzioni per applicazioni antincendio, SAR e CBRN, quali chiaramente droni aerei (UAV) ma anche UGV (Unmanned Ground Vehicle) e USV (Unmanned Surface Vehicle).

1. INTRODUZIONE

Il Gruppo ECA è attivo nei settori della robotica, dei sistemi automatici, della simulazione e del automazione nei processi industriali.

A capitale interamente privato, il Gruppo ECA è interamente impegnato a innovare ed a trovare soluzioni efficienti e affidabili che consentano all'uomo di operare in ambienti estremi, attraverso sistemi di robot che consentano di minimizzare i rischi di danni per gli operatori o per i beni che si vogliono proteggere.



Fig. 1. ECA Group è l'unica azienda al mondo ad avere soluzioni robotiche per ogni ambiente terrestre, dall'aria a sotto la superficie marina.