



IL PROGETTO UP4DREAM: DRONI PER LA REALIZZAZIONE DI CARTOGRAFIA NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO

A. Calantropio¹, F. Chiabrando¹, J. Comino¹, A. M. Lingua², P. F. Maschio², T. Juskauskas³

¹ Laboratorio di Geomatica per i Beni Culturali (LabG4CH), Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino, Viale Pier Andrea Mattioli, 39, 10125 Torino (TO) – (alessio.calantropio, filiberto.chiabrando, jessica.comino)@polito.it

² Laboratorio di Fotogrammetria, Geomatica e GIS, Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, Territorio e Infrastrutture, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi, 24, 10129 Torino (TO) – (andrea.lingua, paolo.maschio)@polito.it

³ UNICEF Supply Division, Copenhagen – tjuskauskas@unicef.org

PAROLE CHIAVE: Formazione e Capacity Building, Paesi in via di Sviluppo, Fotogrammetria UAV, Cooperazione Internazionale.

ABSTRACT:

UP4DREAM (UAV Photogrammetry for Developing Resilience and Educational Activities in Malawi) è un progetto di cooperazione internazionale co-finanziato da ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) insieme al Politecnico di Torino e ad UNICEF (United Nations Children Fund) Malawi, con il supporto di due università locali (la Lilongwe University of Agriculture e Natural Resources, e la Mzuzu University) e di Agisoft LLC. Il Malawi è un paese particolarmente soggetto ad inondazioni, altamente soggetto a rischi naturali e sanitari, che ne impediscono lo sviluppo socio-economico in maniera sostenibile. Frequenti sono gli eventi naturali che hanno interessato l'approvvigionamento di cibo di diverse comunità. Lo stesso Malawi soffre inoltre di uno dei più elevati tassi di HIV, così come di malaria endemica. Il progetto UP4DREAM ha avuto come obiettivo la creazione di iniziative di *capacity-building*, e sviluppo di competenze sul campo legate ai metodi ed alle tecniche della Geomatica, in linea con altri progetti legati alla realizzazione di cartografia già attivi nei paesi in via di sviluppo. Il progetto UP4DREAM ha come obiettivo principale la divulgazione di competenze legate alle tecniche fotogrammetriche (dall'acquisizione alla gestione dei dati) ed all'utilizzo di sistemi GNSS (Global Navigation Satellite System) per la misura sul campo. I dati sono stati non solo acquisiti ed elaborati/georeferenziati, ma anche implementati in un geodatabase spaziale. Tali attività sono state condotte sul corridoio destinato alle operazioni umanitarie che UNICEF ha aperto nel 2017, coinvolgendo le istituzioni locali, le università, le società di servizi e le organizzazioni umanitarie che operano sul territorio del Malawi utilizzando la tecnologia UAV.

1. INTRODUZIONE

L'impiego dei droni nella raccolta di dati aerei ad alta risoluzione in aree remote e difficilmente accessibili si è dimostrato particolarmente rilevante, anche grazie alla possibilità di integrazione di questi dati nelle attività di previsione e mitigazione dei disastri naturali, per la realizzazione di piani dettagliati volti alla prevenzione delle emergenze, per la modellazione 3D delle aree sorvolate, l'identificazione di potenziali hotspot per focolai di malattie, e per la valutazione dello stato di salute delle colture (Boccardo, et al., 2015; Bravo & Leiras, 2015). Mentre alcune organizzazioni hanno soltanto recentemente iniziato ad impiegare l'utilizzo dei droni nelle loro prassi operative, altre ne hanno già incrementato l'impiego in contesti umanitari (Triche, et al., 2020) ed in particolare nei paesi in via di sviluppo (Lalrochunga, et al., 2020; Mugala, et al., 2020).

L'elevato potenziale degli UAS (Uncrewed Aerial Systems, chiamati anche UAV - Unmanned Aerial Vehicles) e del loro utilizzo nella realizzazione di cartografia per la prevenzione e risposta alle emergenze è stato ampiamente testato, risultando una tecnologia rapida, efficiente, e di grande interesse, da adottare al fine di individuare i pericoli prima che possano evolversi in disastri (UNICEF Kazakhstan, 2019). In questi contesti gli UAV sono stati utilizzati non solo per la realizzazione di cartografia (Bonte-Grapentin, et al., 2017), ma anche impiegati per il trasporto di farmaci e vaccini in diverse aree del mondo, (Strieckland, 2018). Spesso l'elaborazione dei dati e la raccolta degli stessi avvengono in contesti remoti (Meier, 2018) introducendo iniziative di addestramento di piloti e operatori che utilizzano i sistemi aerei e ne elaborano i dati¹. Nella maggior

parte dei casi tali attività sono promosse da ONG (Organizzazioni non governative) che collaborano con le università locali.

La forza di tali progetti di riduzione del rischio risiede spesso negli approcci di *capacity building* che mirano a fornire alle comunità locali le conoscenze e gli strumenti adeguati senza fare affidamento permanente su risorse e competenze che arrivano dall'estero (*Back to the Future: Drones in Humanitarian Action - WeRobotics Blog*, 2019; Bonte- Grapentin et al., 2017). Lo sviluppo di competenze locali è, per l'appunto, essenziale quando si tratta di territori fragili; l'intervento immediato degli attori che operano sul territorio può diminuire il tempo di risposta all'evento, ovvero mettere in atto una rapida localizzazione dello stesso, giungendo ad un'efficace valutazione del danno, delle vite in pericolo e della potenziale perdita di risorse. Tale aspetto è essenziale non solo in fase di acquisizione dei dati ma anche per le fasi di ricostruzione, che solitamente risultano carenti in questo aspetto.

2. IL PROGETTO UP4DREAM

Diversi sono i progetti già realizzati per la generazione di cartografia su larga scala nei paesi in via di sviluppo (Koeva, et al., 2018), come lo Zanzibar Mapping Initiative², il cui scopo è fornire una serie complementare di dati ad altissima risoluzione ad integrazione di quelli già esistenti provenienti da immagini satellitari, e attualmente disponibili su OpenStreetMap. Alla luce di queste esperienze è stato concepito il progetto UP4DREAM (UAV Photogrammetry for Developing Resilience and Educational Activities in Malawi)³, un progetto di formazione e sviluppo finanziato dall'ISPRS che si pone come obiettivo quello di rispondere a molteplici questioni quali: la generazione di

¹ <https://flyinglabs.org/>

² <http://www.zanzibarmapping.org/>

³ <https://www.up4dream.com>

cartografia a grandissima scala tramite l'utilizzo di UAV a supporto della prevenzione delle emergenze, la valutazione delle potenzialità dell'utilizzo di sistemi aerei non convenzionali per la consegna di carichi essenziali (come i vaccini), la predisposizione di strumenti utili alla gestione dei dati acquisiti e soprattutto al rafforzamento della comunità locale attraverso l'implementazione e la partecipazione ad iniziative già in essere per la formazione legata all'uso dei dati acquisiti da UAV per la generazione di elaborati metrici 2D e 3D (ortofoto, Digital Surface Model – DSM e modelli 3D).

In accordo con gli obiettivi sopra esposti la prima parte del progetto UP4DREAM ha interessato un'attività di formazione organizzata appositamente per gli studenti dell'ADDA (The African Drone and Data Academy)⁴. I principali argomenti trattati all'interno del seminario hanno riguardato sia temi teorici (cenni di fotogrammetria digitale e topografia), sia aspetti pratici relativi all'utilizzo di software per l'elaborazione delle immagini digitali ed all'impiego di strumentazione GNSS (Global Navigation Satellite System) per la misura dei punti di controllo a terra (GCPs - Ground Control Points). Il seminario ha dunque seguito l'approccio del *learning by doing* ed ha contribuito a supportare ADDA con lo sviluppo strutturale del curriculum accademico, in particolare per quanto riguarda l'acquisizione e l'elaborazione delle immagini acquisite da UAV.

Successivamente è stato organizzato un secondo seminario che ha avuto come partecipanti i componenti delle agenzie governative e le istituzioni pubbliche. Tale momento di confronto è stato focalizzato sull'importanza dei dati geospaziali per il processo decisionale in caso di emergenza. Successivamente ai seminari, una parte delle attività del progetto si è concentrata sull'acquisizione dei dati all'interno del corridoio dedicato ai droni, istituito dall'UNICEF Malawi nel 2017⁵. Tale corridoio è stato predisposto per consentire ad aziende private, organizzazioni e università di testare le loro tecnologie legate al mondo dei droni e fornire soluzioni di sviluppo innovative nel contesto del Malawi. Le acquisizioni durante le attività del Politecnico di Torino in Malawi sono state eseguite nel distretto di Nsanje, un'area nel sud del Paese, fortemente colpita dalle inondazioni del 2019. Le attività sul campo nel distretto di Nsanje hanno avuto come obiettivo quello di valutare ed analizzare le potenzialità offerte dai prodotti ottenibili per varie applicazioni, quali il *flood modelling* (monitoraggio dei bacini idrografici) e l'identificazione dei siti di riproduzione delle zanzare (Hardy, et al., 2017).

2.1 Contesto e obiettivi del progetto

La prevenzione delle emergenze e i sistemi di allerta sono fondamentali per garantire che le comunità eventualmente colpite da un disastro naturale possano ricevere prontamente tutto il supporto e i materiali necessari in tempi rapidi. Attualmente in Malawi si stanno sviluppando sempre di più i sistemi di allarme per le attività di prevenzione delle catastrofi; tuttavia, molte delle informazioni utilizzate per prendere decisioni sono scarse, non ottimizzate e non raccolte in sistemi che permettono di gestire le informazioni geografiche in modo strutturato (GIS). Ciò rende il processo di prevenzione complicato e incoerente, portando le comunità più vulnerabili a non ricevere in caso di calamità naturale il necessario aiuto umanitario.

Il progetto UP4DREAM, realizzato in collaborazione tra Politecnico di Torino, la Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources, la Mzuzu University, UNICEF e con il supporto di Agisoft Metashape, mira a sviluppare strategie e strumenti di rafforzamento delle competenze nel campo

dell'acquisizione, elaborazione e analisi dei dati derivanti da fotogrammetria UAV, per garantire che i partner coinvolti nel progetto ricevano un'istruzione e una formazione attiva e costante, sia in loco che da remoto.

UP4DREAM è stato ideato come uno studio pilota che, se pienamente adottato dal governo locale e applicato in modo programmatico, può espandersi attraverso vari partner e creare un impatto tangibile e positivo in Malawi, contribuendo in modo più ampio al miglioramento della qualità della vita della popolazione.

2.2 Il contesto: il corridoio per droni in Malawi

Il Fondo delle Nazioni Unite per l'infanzia (UNICEF) Malawi ha promosso attivamente l'impiego dei droni nel contesto umanitario e di sviluppo. In collaborazione con il governo del Malawi, l'UNICEF Malawi è stato il primo a istituire un corridoio umanitario per i droni, ossia uno spazio aereo integrato compatibile con tale tecnologia, dove aziende, organizzazioni e università possono testare le piattaforme sviluppate e fornire soluzioni di sviluppo per un utilizzo attivo di questi sistemi nel contesto del Malawi.

Il corridoio consiste in uno spazio aereo dedicato, con il centro nell'aeroporto di Kasungu (Figura 1). La sua dimensione è di quasi 5000 km² ed ha una forma circolare con un raggio di 40 km.



Figura 1. L'aeroporto di Kasungu, al centro dell'area designata per il passaggio dei droni impiegati in attività umanitarie in Malawi nel 2017.

Diversi test sono stati eseguiti da ditte private ed istituti di ricerca con piattaforme che consentono di raccogliere dati utili per lo studio ed il training di algoritmi di Intelligenza Artificiale (AI) e/o per analisi territoriali a larga scala. Tuttavia, non c'è mai stato alcun progetto per la realizzazione di una documentazione cartografica su larga scala. Solo un'area molto piccola e non uniforme è stata coperta da voli utili alla realizzazione di ortofoto.

Il distretto di Kasungu (7000 km², ± 500.000 abitanti), area nella quale è localizzato il corridoio, presenta due grandi fiumi che lo attraversano, un centro urbano principale, alcuni villaggi remoti e difficilmente raggiungibili, un parco naturale, un piccolo aeroporto, scuole, piccole strutture sanitarie e molti altri elementi che sono di interesse dal punto di vista dell'attività umanitaria e durante la prevenzione/mitigazione delle catastrofi. Stagionalmente, il distretto deve far fronte a problemi di

⁴ <https://adda-malawi.org/>

⁵ <https://www.unicef.org/stories/humanitarian-drone-corridor-launched-malawi>

inondazioni e siccità che portano a malnutrizione, mancanza di acqua e cibo, oppure a focolai di malattie (come il colera) e altri problemi correlati. Inoltre, come qualsiasi altro distretto del Malawi, è esposto alla malaria.

Alla luce di tali considerazioni sono state stabilite dall'ufficio UNICEF del Malawi i seguenti aspetti come priorità chiave del corridoio:

- *imagery*: acquisizione e analisi di immagini aeree per la gestione dello sviluppo territoriale e/o delle crisi umanitarie, compreso il monitoraggio della situazione in caso di emergenza e calamità naturali, come inondazioni e terremoti;
- *connectivity*: esplorazione della possibilità per i Droni di estendere i segnali Wi-Fi o dei telefoni cellulari in aree difficili da raggiungere, in particolare in caso di emergenza o dopo un disastro naturale;
- *transport*: consegna di piccole scorte di peso ridotto come forniture mediche di emergenza, vaccini e campioni per diagnosi di laboratorio, compreso il test HIV.

Il progetto UP4DREAM si incentra sulla prima priorità del corridoio (immagini). Come già segnalato in precedenza, ha avuto come obiettivo quello di avviare un'iniziativa di *capacity building*, in linea con missioni già sviluppate in altri paesi in via di sviluppo, concentrandosi sulla realizzazione e gestione di cartografia su larga scala ad alto livello di dettaglio, con l'impiego di strumenti GIS - Geographic Information Systems per la gestione di dati 3D e 2D generati grazie a processi fotogrammetrici condotti attraverso l'uso di immagini acquisite da droni.

Il progetto prevede un coinvolgimento attivo degli enti locali che consentirà, se implementato in modo programmatico, di creare un impatto tangibile e positivo in Malawi e, più in generale, contribuirà al miglioramento della popolazione del Malawi.

3. FASI DEL PROGETTO E ANALISI SVOLTE

Il progetto, della durata di un anno, ha avuto come obiettivo principale quello legato alla formazione ed al trasferimento tecnologico, svolto attraverso momenti di formazione ed attività sul campo utili alla definizione di strategie condivise per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati raccolti.

Dal 23 febbraio al 5 marzo 2020 una delegazione del Dipartimento di Architettura e Design (Filiberto Chiabrando e Alessio Calantropio) e del Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (Andrea Lingua e Paolo Maschio) si è recata in Malawi per la prima fase del progetto UP4DREAM⁶. L'esperienza è stata condivisa con i colleghi del team di soccorso e risposta alle emergenze Amazon per l'identificazione di obiettivi comuni nell'ambito del progetto. In generale il progetto UP4DREAM si è sviluppato attraverso sei fasi principali: il test di prassi e procedure, la formazione dei partner locali, l'acquisizione dei dati aerei da drone, l'elaborazione con approccio fotogrammetrico, l'analisi dei dati elaborati ed infine la gestione e la condivisione dei risultati ottenuti.

3.1 Fase di sperimentazione

La prima parte delle attività di test si è concentrata sull'acquisizione di dati su un'area limitata del corridoio, utilizzando le tecnologie disponibili in Malawi per definire gli

standard operativi e l'estensione delle operazioni di mappatura per l'intero corridoio.

L'esercitazione condotta ha previsto due giorni di attività sul campo ed è stata svolta nel distretto di Nsanje, un luogo nel sud del paese fortemente soggetto a inondazioni, pesantemente colpito da un'alluvione nel 2019 (Figura 2). Diversi dati sono disponibili nella zona in quanto eventi alluvionali significativi sono ricorrenti con una cadenza quinquennale. Le attività svolte hanno avuto anche come obiettivo quello di fornire un supporto per la preparazione/prevenzione e risposta alle emergenze.

La prima parte delle attività svolte si è concentrata sulla sperimentazione nell'acquisizione di dati con la piattaforma VTOL (Vertical Take Off and Landing) sviluppata da Swoop Aero (Figura 3).



Figura 2. In alto: l'area del corridoio umanitario, con al centro l'aeroporto di Kasungu; in basso: l'area del distretto di Nsanje (indicata con apposita campitura) dove sono state svolte le acquisizioni UAV.

Tale società, che ha vinto una gara commerciale e sta attualmente lavorando nel corridoio per conto dell'UNICEF Malawi, avrebbe dovuto svolgere missioni programmatiche di acquisizione dati fotogrammetrici con droni organizzate e automatizzate per acquisire grandi quantità di dati, adatti alla generazione di ortofoto per la documentazione su larga scala del territorio. Le applicazioni si sono limitate solo ad alcuni voli fotogrammetrici, mentre la maggior parte dei voli hanno riguardato missioni operative di *payload delivery*. Questa fase del progetto è stata condotta considerando sempre il Codice di condotta UAV umanitario⁷ e altri regolamenti e disposizioni etiche inerenti al volo di tali piattaforme in questi contesti.

⁶https://www.isprs.org/news/newsletter/2020-02/61_UP4DREAM_first_report_updated.pdf

⁷ <https://uavcode.org>



Figura 3. Il drone VTOL utilizzato da Swoop Aero nel distretto di Nsanje.

Il volo eseguito ha consentito l'acquisizione di immagini con un GSD (Ground Sample Distance) di 3 cm con 80% di sovrapposizione longitudinale e 60% di sovrapposizione laterale. Oltre all'acquisizione delle immagini e prima delle operazioni di volo, diversi marker artificiali sono stati distribuiti in modo omogeneo sull'area. I marker sono stati successivamente utilizzati come GCPs (Ground Control Points) o Check Points (CPs) nell'elaborazione fotogrammetrica eseguita per ottenere risultati con precisioni controllate.

I punti sono poi stati misurati utilizzando un sistema GNSS (Global Navigation Satellite Systems), in modalità Real-Time Kinematik (RTK) per ottenere coordinate 3D con una precisione di circa 2-3 cm (Figura 4).



Figura 4. Rilievi GNSS per l'acquisizione dei GCPs nel distretto di Nsanje.

3.2 Attività di formazione attraverso l'analisi e l'elaborazione dei dati acquisiti per la definizione di strategie funzionali alla mappatura del corridoio umanitario.

Un ulteriore obiettivo di UP4DREAM è lo sviluppo di attività di formazione tecnica dei futuri operatori di droni con un approccio di sviluppo delle competenze applicando la logica del *learning by doing*. I discenti di questa esperienza formativa sono stati gli studenti dell'African Drone and Data Academy (ADDA), ricercatori e professori delle università locali (Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources e Mzuzu University), e altre istituzioni e organizzazioni umanitarie e governative come COOPI e il DODMA (Department of Disaster Management Affairs - Malawi).

L'obiettivo della fase di formazione è stato quello di garantire che i partner locali potessero comprendere le fasi principali del processo di acquisizione ed elaborazione dei dati per portare

avanti le operazioni di mappatura senza specialisti provenienti dall'estero, nel modo più semplice e standardizzato possibile.

Il primo momento di formazione è stato svolto con gli studenti di ADDA. Tale attività ha introdotto gli aspetti relativi all'acquisizione di dati da drone, strategie di georeferenziazione utilizzando sistemi GNSS, elaborazioni fotogrammetriche, gestione di file di grandi dimensioni ed infine archiviazione e visualizzazione delle informazioni spaziali attraverso appositi software e strumenti GIS.

Una parte consistente del momento di formazione è stata dedicata all'apprendimento del software Metashape, partner del progetto, analizzato in tutti i suoi aspetti: dal primo allineamento delle immagini, passando per la collimazione dei punti di controllo, le fasi di calibrazione della camera, la valutazione dei residui ed infine la generazione dei prodotti finali quali nuvole di punti 3D, mesh DSM (Digital Surface Model) e ortofoto (Figura 5).

Sono inoltre state svolte attività sul campo che hanno riguardato l'acquisizione di GCPs con l'ausilio di strumentazione GNSS e la progettazione e l'esecuzione del volo fotogrammetrico sia con drone ad ala fissa (Figura 6) che con drone multi-rotore.



Figura 5. Momento di formazione sull'utilizzo dei programmi di fotogrammetria all'interno della ADDA Academy.



Figura 6. Acquisizione dati sul campo con piattaforma ad ala fissa.

Un secondo momento legato alle attività di *capacity building* condotte in Malawi è stato organizzato in collaborazione con ricercatori e docenti delle Università locali, quali la Malawi University of Science and Technology, la Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources e la MZUZU University. Ai partner accademici si sono aggiunti tecnici di organizzazioni umanitarie (COOPI e UNICEF) e di enti governativi del Malawi come ad esempio il DODMA (Department of Disaster Management Affairs) (Figura 7).



Figura 7. Attività svolte con i rappresentanti delle istituzioni e organizzazioni locali, UNICEF, DODMA, COOPI, e le università partner del progetto.

Alla luce dei riscontri ottenuti al termine delle attività e nei mesi seguenti è possibile affermare che il risultato delle attività didattiche di *capacity building* è stato apprezzato sia da parte degli studenti dell'ADDA sia dai docenti e ricercatori delle università locali e dai tecnici di UNICEF, COOPI e DODMA. In funzione delle risorse disponibili si prevede un'ulteriore attività da svolgere nel corso del 2021 o 2022.

3.3 Acquisizione dei dati

Questa fase è stata progettata inizialmente per l'acquisizione di dati su larga scala con l'utilizzo di droni, con l'obiettivo di coprire l'intero territorio del corridoio con la raccolta di informazioni utili alla generazione di una cartografia fotografica dell'intera area. I partner locali avrebbero dovuto eseguire missioni di acquisizione dati organizzate e automatizzate al fine di rilevare ampie zone di territorio, per poi elaborare i dati con il software Metashape messo a disposizione per il progetto. Tali dati avrebbero creato la base di riferimento per ulteriori analisi su diversi ambiti quali la modellazione delle inondazioni, l'identificazione dei siti di riproduzione delle zanzare, e il monitoraggio dei bacini idrografici.

Tale fase, che doveva essere svolta in autonomia dai partner locali appositamente formati durante le attività didattiche precedentemente esposte, avrebbe previsto l'acquisizione di dati da droni già presenti sul territorio ed il posizionamento e la misura di GCPs e CPs con strumentazione GNSS donata ad UNICEF grazie al finanziamento ISPRS e Politecnico di Torino per l'acquisto di una coppia di ricevitori.

Sfortunatamente a causa dello scoppio della crisi COVID-19, non è stato impossibile raggiungere questo risultato, poiché l'operazione con i partner sul campo è stata interrotta e tutt'ora le difficoltà legate alla pandemia sul territorio del Malawi non hanno consentito ulteriori attività.

3.4 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita grazie alla disponibilità di 10 licenze di rete gentilmente concesse da Agisoft Metashape. L'obiettivo è stato quello di estrarre ortofoto e prodotti 3D come DSM (Digital Surface Models) e mesh 3D per meglio comprendere e documentare l'area oggetto della sperimentazione.

Agisoft Metashape ha fornito licenze software della durata di un anno per permettere la continuazione del progetto. Oltre alla possibilità di utilizzare tali licenze per l'elaborazione dei dati Amazon ha donato tre unità del suo supercomputer (Amazon Snowball Edge) ad UNICEF Malawi. Tali dispositivi sono stati e verranno utilizzati per l'elaborazione dei dati già acquisiti e di

futura acquisizione e per l'archiviazione delle immagini e la condivisione dei file elaborati su un server cloud, sempre messo a disposizione da Amazon. Questa opportunità consentirà ad UNICEF, oltre agli aspetti già precedentemente analizzati, di migliorare la conoscenza del territorio necessaria per una migliore modellazione delle inondazioni ed anche nella mappatura dei siti di riproduzione delle zanzare.

3.5 Condivisione dei dati

Per la condivisione dei dati in fase di progetto era previsto l'utilizzo di licenze open per la creazione di un geodatabase spaziale dedicato, utile a rendere accessibili i dati raccolti a tutti i potenziali utenti, come ad esempio quelli legati alla comunità ISPRS, al mondo accademico, agli enti di ricerca, alle organizzazioni non governative ed infine gli enti locali preposti alla tutela e conoscenza del territorio. L'idea originale era quella di coinvolgere la comunità internazionale ISPRS anche per la fase di elaborazione e per cercare di contenere i costi e fornire alla comunità scientifica un ampio set di dati per i più diversi scopi. Tuttavia, poiché sono stati eseguiti solo piccoli test di acquisizione a causa di problemi relativi al COVID-19, è stato possibile realizzare esclusivamente un'esperienza di studio pilota per mettere a punto una strategia operativa condivisa a livello locale.

3.6 Gestione e analisi dei dati

L'ultima parte del progetto si è sviluppata su un'attenta analisi dei prodotti realizzati. Tale studio ha coperto diversi aspetti di ricerca ed è stato utilizzato per diversi scopi: la realizzazione di cartografia a grandissima scala, il monitoraggio dei corpi idrici, la generazione di modelli di allagamento/siccità ed in un prossimo futuro, previa l'ulteriore disponibilità di dati, il progetto potrà essere esteso ed impiegato per ulteriori analisi quali ad esempio la mappatura su larga scala delle colture (agricoltura di precisione), il monitoraggio dei processi di deforestazione, il rilevamento dei punti d'acqua e qualsiasi altro tipo di analisi relativa alle infrastrutture situate nell'area analizzata (strade, scuole, strutture sanitarie, mercati o altri luoghi cruciali che sono essenziali per l'agricoltura / la risposta alle emergenze / nutrizione / altro).

Tali aspetti potranno essere analizzati da più enti con interessi scientifici / di ricerca / sviluppo nella collaborazione con il governo del Malawi. Come già precedentemente riportato alcuni aspetti sono già stati trattati e sono riportati nel capitolo successivo.

4. DEFINIZIONE DI UN GEODATABASE SPAZIALE PER L'ANALISI DI RISCHIO

Al termine di una attenta e approfondita ricerca, svolta all'interno dei differenti geoportali esistenti per il Malawi, sono stati riscontrati numerosi problemi relativi all'uniformità e attendibilità dei dati ottenibili dalle diverse fonti consultate. In particolare, le prime analisi delle informazioni rinvenute relative alla valutazione del rischio risultavano poco chiare e rendevano pressoché incompatibile una corretta lettura delle informazioni stesse. Per cercare di migliorare la fruizione e lettura dei dati reperiti ed acquisiti sul campo si è deciso di sviluppare un geodatabase che funga da unico contenitore e che permetta il confronto e l'elaborazione di dati finora presenti su geoportali diversi e non connessi tra di loro.

Alla luce di tali aspetti, qui di seguito sono riportate le diverse fasi utilizzate per la creazione del geodatabase, il quale può essere inteso non solo come strumento cartografico di riferimento, bensì come strumento base per eventuali future

attività di prevenzione/preparazione all'emergenza ed in situazioni di emergenza stessa.

Per l'applicazione della metodologia proposta sono state selezionate due aree nel sud del Malawi (Nsanje e Bangula). Parallelamente a tali attività il progetto UP4DREAM ha costituito occasione per la sperimentazione di un approccio basato su algoritmi di intelligenza artificiale (AI), che verrà descritto più nel dettaglio in seguito, finalizzato all'estrazione di dati spaziali utili alla rappresentazione del territorio.

La prima sperimentazione è stata condotta nel distretto di Nsanje ed ha previsto l'utilizzo dei dati acquisiti da drone durante le attività di campagna del progetto.

La seconda ha invece riguardato il distretto di Bangula, dove è stato possibile reperire una serie di immagini satellitari multi-temporali (2013, 2015 e 2019), alcuni voli da drone e informazioni tematiche armonizzate relative a precedenti eventi catastrofici e resi disponibili da UNICEF, Netherlands Red Cross, OSM (Open Street Map) come ad esempio l'estensione delle acque esondate dai corsi d'acqua.

A causa della molteplicità delle fonti (OSM⁸; UNICEF 2019⁹; Netherlands Red Cross 2019¹⁰; COOPI 2018¹¹; EMS Copernicus¹²; EO Browser Sentinel data¹³), si è optato dunque per la realizzazione di un nuovo geodatabase comprensivo di tutte le informazioni disponibili attraverso l'impiego di un sistema informativo geografico (ArcGIS Pro) con l'obiettivo di fornire un chiaro e completo set di dati (Figura 8) facilmente accessibile. Nella definizione del nuovo geodatabase sono stati svolti i seguenti passaggi:

- Definizione del Sistema di riferimento, EPSG:32736 WGS84/UTM zone 36S;
- La creazione di un Feature Dataset, all'interno del nuovo file geodatabase, comprensivo di tutte le informazioni vettoriali di base:
 - sistema delle infrastrutture e dell'edificato estratto da Open Street Map;
 - corpi idrici estratto da Open Street Map;
 - estensione delle acque durante le inondazioni del ciclone Idai nei giorni 7, 10, e 14 marzo 2019 (Red Cross Netherlands);
- La costruzione di due diversi Mosaic Dataset:
 - raster UAV (ortofoto e DSM) degli elaborati relativi al distretto di Nsanje;
 - immagini satellitari (Landsat 8) nel distretto di Bangula, volto ad esplorare e confrontare precedenti eventi catastrofici (2013, 2015, e 2019);

4.1 Nsanje

Nell'analisi svolta sul distretto di Nsanje, le informazioni estratte da OSM relative agli edifici ed alle infrastrutture sono state sovrapposte a quelle corrispondenti all'estensione delle inondazioni rilevate della Croce Rossa olandese (marzo 2019), al fine di ottenere una prima stima delle aree che avevano subito l'allagamento e che potenzialmente potrebbero nuovamente subire danni a seguito di un ulteriore alluvione. I risultati di questa analisi sono riportati in Figura 9.

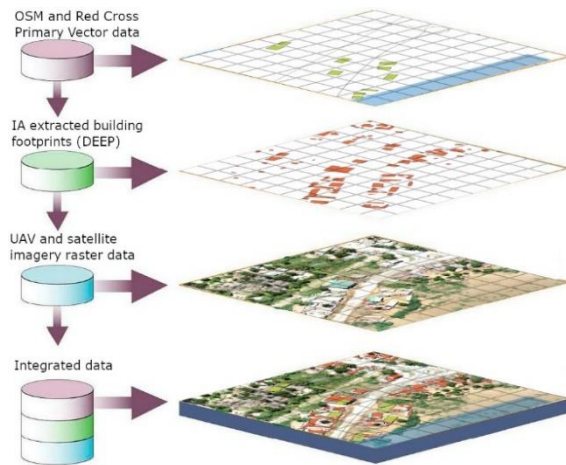


Figura 8. Sistema di organizzazione dei layer impiegati su GIS. (Immagine tratta e riadattata da nationalgeographic.org)

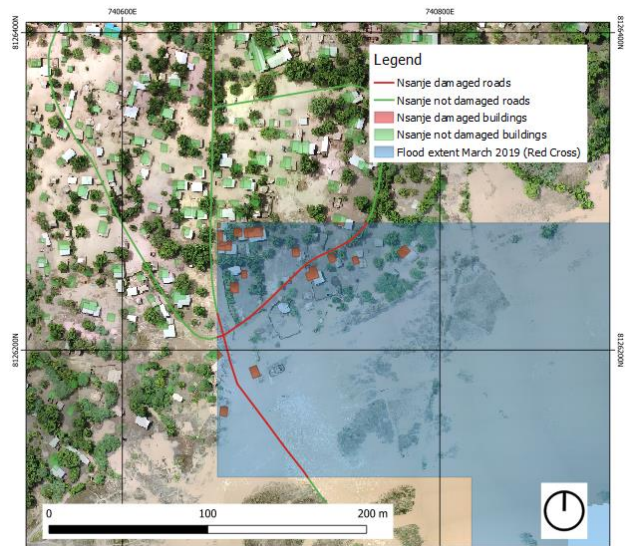


Figura 9. Ortofoto UAV di Nsanje (UNICEF 2019); con sovrapposizione del layer di estensione delle acque (blu) con evidenziazione delle strade e degli edifici colpiti (in rosso) a seguito dell'inondazione dovuta al ciclone Idai nel 2019.

La possibilità di realizzare cartografia georeferenziata a grandissima scala risulta essere in linea con quanto specificato nelle linee guida del IWG-SEM : “Flood impact mappings” infatti “[...] requires the availability of reference geo-information layers and the crisis/disaster flood extent mapping to support semi-automatic identification of the potentially affected infrastructures and suitable post-event optical imagery at an adequate level of detail to estimate a potential damage grade” (IWG-SEM, 2014). Seguendo questa metodologia, è stata eseguita una prima classificazione del livello di potenziale danno sul sistema delle infrastrutture e degli edifici nell'area di Nsanje. Questi due dati vettoriali sono stati sovrapposti con l'estensione degli allagamenti forniti dalla Croce Rossa olandese e classificati utilizzando i seguenti valori: 1- Strade / edifici interamente allagati; 2- Strade / edifici potenzialmente interessati, in quanto anche parzialmente intersecati con i dati relativi all'alluvione; 3-

⁸ <https://download.geofabrik.de/africa/malawi.html>

⁹ <https://malawi.4p2c.org/portal/apps/webappviewer/index.html?id=bb5820e275ab4d44ab2f9c4bec9f2b1e>

¹⁰ <https://data.humdata.org/dataset/floods-malawi-2019>

¹¹ <https://gis-malawi.com>

¹² <https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/copernicus-ems-monitors-floods-malawi>

¹³ <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>

Strade potenzialmente percorribili e edifici potenzialmente sicuri, come risultato dell'assenza di intersezioni tra l'estensione delle aree alluvionate e i layer vettoriali. Questo tipo di analisi, tuttavia, presenta alcune criticità di coerenza con il danno effettivo in quanto la bassa risoluzione delle immagini utilizzate (immagini satellitari) non ha consentito di verificare accuratamente l'effettiva portata delle inondazioni. È stato possibile ottenere una migliore valutazione dei danni potenziali che potrebbero subire gli edifici nei pressi dei corsi d'acqua grazie alle immagini UAV che il team del Politecnico ha raccolto durante la spedizione UP4DREAM del 2020.

Grazie a tali dati è stato possibile identificare informazioni relative allo stato attuale dell'ambiente costruito e del sistema infrastrutturale in modo più accurato.

Inoltre, come accennato in precedenza, poiché il ruolo dell'intelligenza artificiale si è già dimostrato efficace in combinazione con i dati UAV nelle operazioni umanitarie (Oren & Verity, 2020), è stato sperimentato un approccio innovativo per l'estrazione dei contorni degli edifici presenti nell'ortofoto di Nsanje (Figura 10) utilizzando un modello di segmentazione automatica degli edifici implementato in DEEP (Digital Engine for Emergency Photo-analysis), un algoritmo basato sulle reti neurali (Calantropio, et al., 2021).

Questa operazione ha consentito di valutare due aspetti decisamente importanti: la non corretta posizione degli edifici riportati in OSM, probabilmente non aggiornati di recente, che potrebbe essere migliorata attraverso una maggiore disponibilità di ortofoto da drone utili per una più completa documentazione del territorio che risulta necessaria in queste aree fragili. Inoltre tale documentazione risulterebbe fondamentale per una più precisa identificazione degli edifici che potrebbero subire danni in caso di evento calamitoso e dunque strumento prezioso per la prevenzione/preparazione alle emergenze.

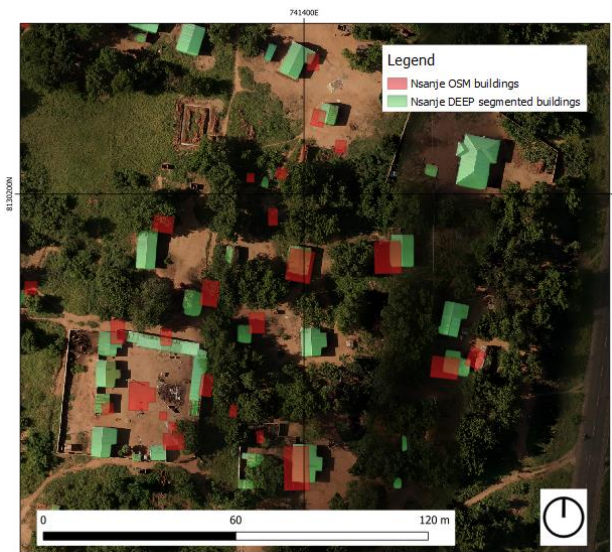


Figura 10. Ortofoto UAV di Nsanje (UP4DREAM 2020); sovrapposizione dell'impronta degli edifici generati attraverso le tecniche AI (in verde), e quelle OpenStreetMap (in rosso).

4.2 Bangula

Un'analisi simile a quella precedentemente descritta è stata sviluppata nel distretto di Bangula attraverso la creazione di un set di immagini satellitari (dati EMS Copernicus e EO Browser Sentinel) acquisite con diversa cadenza temporale (2013, 2015 e 2019). Tali immagini sono legate a precedenti eventi calamitosi che hanno colpito la zona di interesse nel corso degli anni. L'obiettivo è stato quello di visualizzare l'estensione delle aree allagate nel corso del tempo, e raggiungere una maggiore

comprensione relativa la frequenza e all'evoluzione degli eventi manifestatisi nell'area. Questo tipo di analisi permette una prima interpretazione del livello di danno nell'area, grazie all'analisi delle aree allagate che sono chiaramente visibili dalle immagini satellitari ad infrarossi. Come è possibile osservare nelle seguenti figure 11 e 12, le immagini ed i prodotti realizzabili grazie alle acquisizioni da drone possono fornire informazioni più accurate e affidabili (su scala urbana) rispetto invece a quelli acquisiti da satellite (principalmente impiegati nella valutazione a scala territoriale).

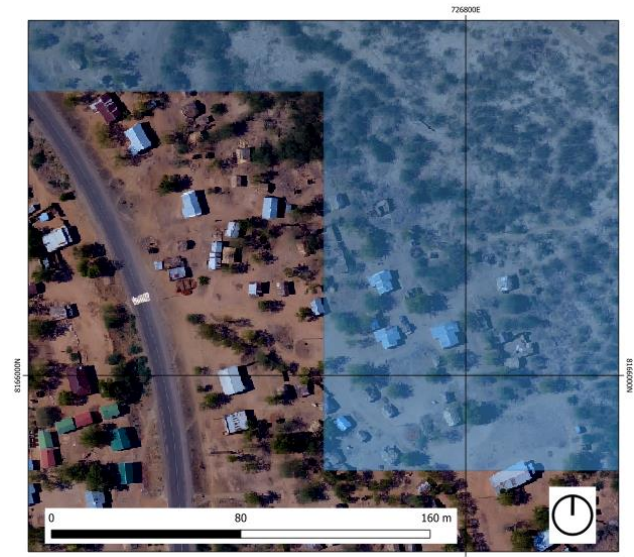


Figura 11 Ortofoto da drone relativa all'inondazione nel distretto di Bangula (COPI 2018); sovrapposta all'estensione delle acque del marzo 2019 (Netherlands Red Cross).



Figura 12. Ortofoto UAV a seguito dell'inondazione nel distretto di Bangula (UNICEF 2019).

Sulla base dei risultati ottenuti, è possibile dunque affermare che l'impiego di immagini UAV non sostituisce, bensì fornisce un supporto complementare alle immagini satellitari, utile per una più completa e accurata definizione del territorio, particolarmente utile per la localizzazione degli edifici e delle principali infrastrutture in caso di emergenze. Questo maggiore livello di dettaglio diventa efficace nella realizzazione di cartografia a grandissima scala, e di fondamentale importanza quando si



affrontano situazioni straordinarie, dalla prevenzione/preparazione dell'emergenza alla gestione e valutazione della stessa.

Prendendo in considerazione gli obiettivi e le sfide dichiarati nel Malawi Country Strategic Plan 2019-2023 (World Food Programme, 2019), l'utilizzo delle immagini UAV nella mappatura ordinaria e straordinaria potrebbe incoraggiare l'analisi dell'uso del suolo, finalizzata non solo alla determinazione del terreno allagato ma anche alla più specifica identificazione della tipologia di risorse compromesse. Una più precisa conoscenza e rappresentazione del suolo da parte dei droni e la conseguente analisi potrebbe portare inoltre all'individuazione dei potenziali *safe spots* o punti sicuri, punti di raduno della popolazione e di distribuzione di cibo, acqua e farmaci in situazioni di emergenza.

5. PROSPETTIVE FUTURE E PRIMI RISULTATI DEL PROGETTO

I principali risultati del progetto hanno riguardato un'intensa attività di formazione in situ, la realizzazione di cartografia a grandissima scala di una porzione del territorio di Nsanje e la creazione di un geodatabase armonizzato contenente i dati disponibili su alcune aree di interesse per gli enti locali. Tali primi sviluppi del progetto UP4DREAM hanno consentito di mettere a punto strategie condivise per la documentazione e gestione delle informazioni territoriali a scale diverse. I possibili sviluppi futuri sono riportati nel dettaglio nei successivi paragrafi.

5.1 Utilizzo di sistemi UAV per acquisizioni su larga scala

Finora, il numero di aree rilevate e mappate dai droni in Africa risulta ancora decisamente ridotto; in quest'ottica l'obiettivo principale del progetto è stato dunque quello di fornire una metodologia semplice, capace di predisporre una serie di strumenti per la raccolta di dati aerei nel territorio malawiano, volta a supportare la popolazione e soprattutto gli enti preposti al controllo ed alla tutela del territorio nell'acquisizione, elaborazione e corretta gestione delle informazioni acquisite. La corretta realizzazione di una mappatura del territorio amplia la conoscenza dello stesso e promuove lo sviluppo della resilienza della popolazione, offrendo un potente strumento che, insieme al geodatabase sviluppato, consentirà una precisa analisi spaziale per la prevenzione/preparazione o risposta alle calamità naturali. Questo progetto ha posto le basi verso la completa mappatura del Malawi e delle sue aree vulnerabili, consentendo ai partner locali di continuare con l'acquisizione dati da drone e misure sul campo con strumenti GNSS, seguendo procedure e standard condivisi a livello internazionale. Tali dati potranno essere poi condivisi con la comunità scientifica e con associazioni e organizzazioni nazionali ed internazionali.

5.2 Perfezionamento delle strategie di *early warning* ed *emergency preparedness* tramite gli strumenti e piattaforme GIS

Alla luce delle sperimentazioni eseguite e delle attività svolte a livello nazionale ed internazionale è ormai assodato che i droni possano certamente essere impiegati sia come strumento di risposta all'emergenza¹⁴, ma anche come strumenti essenziali nella prevenzione, previsione e valutazione di scenari che precedono un disastro. Ottenere informazioni da sistemi aerei non convenzionali ad alta risoluzione e creare mappe di vulnerabilità aumenterebbe la capacità delle autorità soprattutto

in paesi con aree a rischio come quelle analizzate sul territorio del Malawi, di istituire sistemi di allarme rapido efficienti e migliorare dunque la preparazione alle emergenze. Comprendere i rischi del territorio è il primo passo per aumentare la resilienza della popolazione; per poter migliorare la conoscenza degli spazi abitati, i dati raccolti sono stati implementati in un geodatabase spaziale che sarà messo a disposizione degli attori che si occupano di prevenzione e monitoraggio del rischio quali enti governativi e associazioni umanitarie presenti in Malawi. Tale strumento potrà essere un utile supporto per la valutazione del rischio ed inoltre per eventuali attività di pianificazione territoriale, come la proprietà fondiaria e il monitoraggio ambientale. È ormai chiaro che le operazioni di riduzione, risposta all'evento catastrofico e ripristino rapido delle normali attività richiedono dati tempestivi e affidabili per agire in modo corretto¹⁵. Una delle possibili prosecuzioni di questo progetto è l'identificazione e conseguente implementazione di soluzioni politiche e di coordinamento, soluzioni tecniche e di analisi dei dati mirate a ridurre la dispersione delle informazioni tra le piattaforme GIS già sviluppate precedentemente e supportare gli sforzi umanitari dei nostri partner in Malawi.

Infine, i partner locali del progetto stanno esplorando, come possibilità, nuovi modi per supportare il governo del Malawi, quali lo sviluppo di una piattaforma GIS nazionale e l'impiego della geomatica nell'agricoltura automatizzata e di precisione (volta a monitorare e migliorare la qualità delle colture).

5.3 Attività di sensibilizzazione e ricerca scientifica

Alcune aree di collaborazione future sono state delineate come passaggi successivi del progetto, tra cui l'interesse mostrato da parte di ricercatori e colleghi del mondo accademico per possibili programmi di scambio con il Politecnico di Torino. Alla luce di queste richieste si prevede la scrittura e stipula di un protocollo d'intesa con i partner locali (e non) interessati, al fine di esplorare la possibilità di scambio di personale e la redazione e pubblicazione di articoli scientifici su riviste e conferenze nazionali ed internazionali.

In funzione dei futuri finanziamenti è prevista una ulteriore attività di formazione in loco o on-line per una valutazione esplicita delle attività svolte dagli attori coinvolti nelle prime attività. Il team del Politecnico è inoltre in contatto e continua a supportare ADDA nello sviluppo dei propri curricula accademici relativi all'acquisizione dati (GNSS e droni), elaborazione e gestione dei prodotti finali. Tali attività saranno gestite in cooperazione con Virginia Tech (il partner accademico UNICEF nel progetto ADDA) e con le università locali.

Uno dei risultati finali di questo lavoro congiunto sarà la predisposizione di linee guida e buone prassi operative per l'ulteriore sviluppo di operazioni di rilievo e realizzazione di cartografia a grandissima scala con l'impiego dei droni all'interno del Paese.

6. CONCLUSIONI

È ormai chiaro che la Geomatica ed il telerilevamento sono metodi fondamentali nei paesi in via di sviluppo per la documentazione, misura e gestione del territorio. Uno degli aspetti più importanti deriva dall'interoperabilità tra dati acquisiti da drone con le immagini satellitari provenienti da diverse fonti che permettono di eseguire analisi multi scala utili a valutare possibili pericoli naturali anche in paesi dove le risorse sono limitate. Nell'esperienza condotta i prodotti derivati dalle immagini UAV si sono effettivamente dimostrati un supporto

¹⁴ <https://blogs.unicef.org/blog/flying-drone-malawi-my-first-emergency-deployment/>

¹⁵ <https://werobotics.org/aidrobotics/>



affidabile nell'organizzazione di piani di prevenzione/preparazione alle emergenze. L'approccio di *capacity building* su cui si basa UP4DREAM garantisce inoltre attraverso la formazione professionale la possibilità di formare persone in loco che possono gestire tutte le fasi del processo, dall'acquisizione alla gestione dell'informazione spaziale, senza dover ricorrere all'intervento di personale dall'estero. Infine, l'approccio di rafforzamento delle capacità locali sicuramente migliora la resilienza dell'area, aumentando la capacità di risposta alle possibili calamità naturali che potrebbero presentarsi nel futuro. Il modello adottato permette di perseguire gli obiettivi prefissati per progetti di formazione delle comunità locali, utili al miglioramento delle attività educative a diversi livelli. Il progetto è tuttora in fase di sviluppo ed in continuo aggiornamento, per qualunque informazione è possibile consultare il sito web di UP4DREAM: www.up4dream.com.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare ISPRS per il sostegno economico che ha reso possibile questa iniziativa. Grazie all'United Nations Children Fund - UNICEF Malawi per aver cofinanziato il progetto e averci sostenuto, soprattutto nelle fasi iniziali del progetto. Grazie ad Agisoft LLC, specialmente a Liubov Rozhkova, per aver reso disponibili 10 licenze Agisoft Metashape Pro per i partner di questo progetto durante l'intera durata dello stesso. Grazie agli altri colleghi coinvolti in questa iniziativa scientifica: Mavuto Denis Tembo, Rochelle H. Holm, Brighton Austin Chunga, Joshua Mchenga della Mzuzu University e Daud Jones Kachamba della Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources. Gli autori desiderano ringraziare anche Emmanuel Chinkaka e Dickson Mbeya (Malawi University of Science and Technology), Jonathan Chambers (COOPI), James Devine e Cayce Pack (Amazon), Morgan Mayani, Innocent Manyera e Lyford Chipukunya (Department of Disaster Management Affari - Malawi), Brian Kamamia e Robert Hedman (African Drone and Data Academy), Matthew Zafir e Sabrina Ravail (Swoop Aero).

BIBLIOGRAFIA

Back to the Future: Drones in Humanitarian Action - WeRobotics Blog. (2019). Retrieved from <https://blog.werobotics.org/2019/11/12/back-to-the-future-drones-in-humanitarian-action/>

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.

Bonte-Grapentin, M., Meier, P., & Saito, K. (2017). Lessons From Mapping Geeks: How Aerial Technology is Helping Pacific Island Countries Recover From Natural Disasters. World Bank Blogs. Retrieved from <https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/lessons-mapping-geeks-how-aerial-technology-helping-pacific-island-countries-recover-natural>

Bravo, R., & Leiras, A. (2015). Literature review of the application of UAVs in humanitarian relief. *Proceedings of the XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Producao, Fortaleza, Brazil*, 13-16.

Calantropio, A., Chiabrando, F., Codastefano, M., Bourke, E. (2021). Deep Learning for automatic building damage

assessment: application in post-disaster scenarios using UAV Data. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, (on press).

Hardy, A., Makame, M., Cross, D., Majambere, S., & Msellem, M. (2017). Using low-cost drones to map malaria vector habitats. *Parasites & vectors*, *10*(1), 1-13.

International Working Group on Satellite-based Emergency Mapping (IWG-SEM) VA (2014). Emergency mapping guidelines. Working Paper (v1.0). Retrieved from http://www.un-spider.org/sites/default/files/IWG_SEM_EmergencyMappingGuidelines_A4_v1_March2014.pdf

Koeva, M., Muneza, M., Gevaert, C., Gerke, M., & Nex, F. (2018). Using UAVs for map creation and updating. A case study in Rwanda. *Survey review*, *50*(361), 312-325.

Lalrochunga, D., Parida, A., & Choudhury, S. (2020). Sustainability of UAVs in developing countries: Prospects and challenges. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, *23*(1), 237-248.

Meier, P. (2018). Empowering Youths in Fiji to Explore their Islands with Aerial and Marine Robotics | iRevolutions. Retrieved from <https://irevolutions.org/2018/02/22/aerial-marine-robotics-fiji/>

Mugala, S., Okello, D., & Serugunda, J. (2020). Unmanned aerial vehicles: Opportunities for developing countries and challenges. *In 2020 IST-Africa Conference (IST-Africa)* 1-10.

Oren, C., Verity, A. (2020). Artificial Intelligence (AI) Applied to Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and its impact on Humanitarian Action, *Digital Humanitarian Network*.

Strickland, E. (2018). Drone Delivery Becomes a Reality in Remote Pacific Islands - *IEEE Spectrum*. Retrieved from <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/devices/drone-delivery-becomes-a-reality-in-remote-pacific-islands>

Triche, R. M., Greve, A. E., & Dubin, S. J. (2020). UAVs and Their Role in the Health Supply Chain: A Case Study from Malawi. *In 2020 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)* 1241-1248.

UNICEF Kazakhstan. (2019). UNICEF and the Government of Kazakhstan Begin Test Flights for Emergency Response | UNICEF Office of Innovation. Retrieved from <https://www.unicef.org/innovation/stories/unicef-and-government-kazakhstan-begin-test-flights-emergency-response>

World Food Programme (2019) Malawi Country strategic plan (2019-2023). Retrieved from <https://www.wfp.org/operations/mw01-malawi-country-strategic-plan-2019-2023>