

Piattaforme UAV per applicazioni geomatiche

di Fabio Remondino, Francesco Nex, Daniele Sarazzi

Un'alternativa efficiente, veloce e low-cost al tradizionale rilievo aereo, ma ancora senza una regolamentazione chiara e con alcuni problemi di stabilità e payload.



Figura 1 - Alcune piattaforme UAV per sorveglianza, monitoraggio, ispezioni e rilievi fotogrammetrici.

Definizioni e tipologie

Secondo l'UVS (*Unmanned Vehicle Systems*) International (www.uvs-international.org), una piattaforma UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) è un velivolo che può operare senza pilota o viene controllato in remoto da un operatore. L'UVS International era nata nel 1995 con il nome di EURO UVS, un'iniziativa per unire e promuovere l'industria degli UAV in Europa. Dal 2000 l'UVS è diventata un'associazione no-profit con lo scopo di rappresentare i costruttori di sistemi e sotto-componenti UAV, promuoverne le loro applicazioni (non solo per scopi militari), fornire un canale di scambio tra aziende, governi e aviazione civile, creare standard e certificati, supportare le aziende che lavorano con piattaforme UAV.

Nella comunità scientifica, accanto al termine UAV sono spesso utilizzati termini quali RPV (*Remotely Controlled Vehicle*), APR (*Aeromobile a Pilotaggio Remoto*), ROA (*Remotely Operated Aircraft*), RPA (*Remotely Piloted Aircraft*), UAS (*Unmanned Aerial Systems*), MALE (*Medium Altitude Long Endurance*) UAV, elicotteri RC (*Remotely Controlled*) o semplicemente droni. Gli UAV possono essere classificati a seconda delle dimensioni, peso, motore, carico trasportabile ('payload'), massima distanza percorribile e quota di volo. In particolare, l'UVS International suddivide gli UAV in tre grandi categorie:

- **UAV tattici:** in questo gruppo sono inclusi velivoli con caratteristiche molto diverse fra loro per massa (1-1000 kg), distanza percorribile (1-500 km), quota (100-5000 m) e autonomia di volo (da un'ora a 2-3 giorni). Le due sottocategorie 'mini-' (<20 kg) e 'micro-UAV' (<2 kg) sono quelle a cui appartengono la grande maggioranza dei velivoli in commercio utilizzati per fini geomatici.
- **UAV strategici:** sono inclusi in questo gruppo i mezzi utilizzati per missioni nella stratosfera e nella troposfera (fino a 20000 m di quota) in cui la durata del volo può arrivare a 2-4 giorni.
- **UAV per scopi speciali:** a quest'ultima categoria appartengono tutti i mezzi utilizzati per finalità belliche.

Per le fasi di decollo e atterraggio, diversi sistemi UAV sono in grado di eseguirle senza aiuti esterni (sia aerei che elicotteri), altri richiedono l'aiuto di un operatore per il lancio manuale, o con sistemi a fionda o razzo o trainati da un'auto. Le piattaforme più utilizzate sono ad elica (da una a otto) o ad ala fissa, con motore a scoppio o elettrico e capaci di eseguire voli in modalità manuale, semi-automatica o automatica. Ogni UAV dispone di una stazione a terra per il controllo remoto della navigazione, per verificare l'andamento del volo ed eventuali malfunzionamenti del sistema.

Tipicamente un UAV per applicazioni geomatiche (mini- e micro-UAV) monta una foto-camera digitale (amatoriale o reflex) e sensori GNSS/INS. Per i sistemi a batteria, il payload è tuttavia ridotto e questo obbliga l'uso di strumentazioni leggere (e di basso costo), sia per la navigazione automatica che per l'acquisizione delle immagini. Pertanto l'impiego di laser scanner o di strumenti GNSS/INS sufficientemente accurati da permettere l'orientamento diretto delle immagini, è limitato a piattaforme molto costose. UAV elettrici hanno inoltre il problema dell'instabilità dovuto al loro peso ridotto che sovente li rende particolarmente oscillanti in condizioni di vento, nonché l'autonomia di volo limitata a poche decine di minuti. UAV con motore a scoppio sono più pesanti e quindi un po' meno instabili in condizioni ventose, consentono l'utilizzo di camere digitali reflex ma possono dare problemi di trasportabilità. In generale, a parità di motore, si predilige l'uso di elicotteri per il rilievo di aree circoscritte o pareti verticali, mentre l'uso degli aerei ad ala fissa è consigliabile per acquisire immagini su aree più vaste.

Storia e normativa vigente

Le prime piattaforme UAV furono realizzate per scopi militari al fine di sorvegliare e spiare aree remote o nemiche e per missioni di 'peace keeping'. Sul versante geomatico, la prima esperienza di rilievo fu compiuta da Przybilla e Western-Ebbinghaus nel 1979 (1). Nell'ultimo decennio l'impiego di sistemi UAV si è allargato ad applicazioni comuni, grazie allo sviluppo di sensori GNSS/INS che ne hanno permesso la navigazione autonoma su percorsi pianificati ('waypoints'). Attualmente la regolamentazione dei sistemi UAV non è ancora molto chiara, in particolare per le applicazioni geomatiche.

A livello internazionale, nonostante diversi progetti e programmi (2), organizzazioni ed enti internazionali (3), non ci sono standard chiari, le specifiche e certificazioni sono generalmente solo per piattaforme UAV impiegate per scopi militari (4) ed ogni stato ha delle proprie direttive o linee guida (5) da seguire, create tutte principalmente per assicurare la sicurezza del cittadino e consentire l'utilizzo di UAV con lo stesso livello di flight-safety dei velivoli dotati di pilota a bordo.

A livello italiano, la normativa nazionale (6, 7, 8) definisce un drone (o APR) un mezzo aereo pilotato da un equipaggio che opera da una stazione remota di comando e controllo e ne regola gli usi e i permessi principalmente per scopi militari. Per usi civili, si stanno discutendo i parametri e i livelli di safety degli aeromobili, le certificazioni delle piattaforme e degli operatori. L'utilizzo di UAV su aree urbane per la realizzazione di cartografia o analisi urbanistiche è attualmente regolato dall'attuale normativa dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) che impedisce voli al di sotto di 350 m di quota. Ma un comunicato della FIAM (Federazione Italiana AeroModellismo) dichiara che gli UAV, in quanto presuppongono un controllo automatico del volo, *non* sono considerati aeromobili (poiché senza pilota) e per le loro caratteristiche, devono sottostare alle leggi dell'aria emanate dall'ENAC e dell'ENAV. Quindi, vista la poca chiarezza, per ciascun rilievo geomatico con sistemi UAV, in base alle caratteristiche della piattaforma e all'area rilevata, serve valutare quale di queste norme applicare e come assicurarsi la sicurezza operativa. Costruttori e sviluppatori italiani (ad esempio Alenia, Selex Galileo, Nimus e Aermatica) hanno operato a livello sperimentale con un apposito permesso di volo rilasciato da ENAC per il sorvolo di aree non segregate. Le PMI attive nel settore UAV operano principalmente con velivoli elettrici "micro" e svolgono rilievi fotogrammetrici a bassa quota (50-150 m) lontani dai centri urbani. Le principali attività sono state svolte su siti archeologici, cave, coste e greti di torrenti, pareti rocciose, aree agricole e linee elettriche extra-urbane, svolgendo liberamente sorvoli e assicurandosi la massima sicurezza operativa.

Ma visto il crescente interesse sia da parte dei costruttori che da parte dei potenziali utilizzatori, le istituzioni comunitarie, le autorità nazionali e l'ICAO (Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile) si stanno attivando per gli aspetti di competenza sebbene, al momento, non esista una regolamentazione chiara di settore.

Rilievo e processamento di immagini UAV

Un rilievo fotogrammetrico con piattaforma UAV sopra un'area di interesse presuppone la pianificazione dell'acquisizione di un blocco di immagini con sufficiente ricoprimento (longitudinale e trasversale) e una predefinita risoluzione a terra ('Ground Sample Distance' - GSD) dettata dal tipo di applicazione.

Le fasi di decollo e atterraggio sono solitamente eseguite manualmente mentre il resto del volo è eseguito dalla piattaforma in maniera autonoma (anche se gli spostamenti del velivolo sono monitorati e possono essere controllati in tempo reale dalla stazione di controllo remoto).

La presenza di un sistema (software) di autopilota (con GNSS/INS) rappresenta sicuramente un requisito essenziale per l'acquisizione di immagini che rispecchino le tipiche caratteristiche di un blocco fotogrammetrico. L'autopilota è funzionale per definire e seguire le strisciate del blocco e, in alcuni casi, per definire i centri di presa delle immagini. Gli scatti avvengono in corrispondenza delle posizioni prestabilite o, nella maggior parte dei casi, ad intervalli regolari. Tutti i dati del volo vengono generalmente registrati (tele-

metrie) per la fase successiva di processamento e triangolazione aerea.

La foto-camera è normalmente pre-calibrata poiché una procedura di auto-calibrazione richiederebbe, in teoria, l'impiego di strisciate trasversali e, possibilmente, a quote differenti.

Le immagini acquisite durante il volo sono processate seguendo la classica procedura fotogrammetrica. Generalmente nei voli eseguiti con mini- e micro-UAV, l'orientamento diretto delle immagini non è ancora possibile, in quanto l'uso di GNSS con solo il segnale di codice e di INS di ridotte dimensioni e peso, rende i dati di orientamento totalmente insufficienti per questa procedura. Pertanto la triangolazione aerea ('bundle block adjustment') viene effettuata identificando (automaticamente) i punti omologhi e definendo un sistema di riferimento relativo (imposto solitamente fissando la base fra le immagini e fornendo una scala) oppure assoluto (geo-referenziazione) con l'aiuto di punti a terra di coordinate topografiche note.

La precisione dei punti a terra è ovviamente di fondamentale importanza per la restituzione di dati metrici accurati.

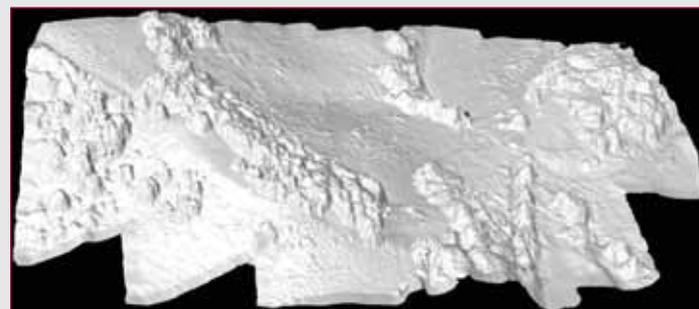
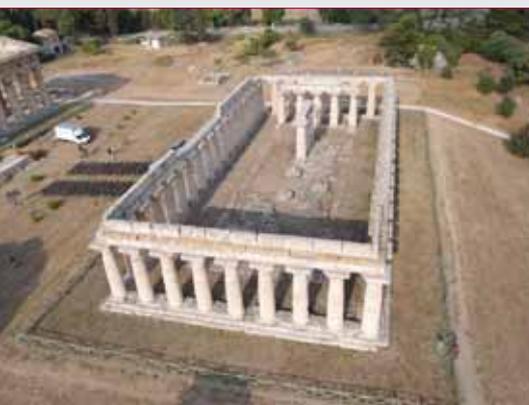


Figura 2 - Esempi di immagini acquisite con UAV (Microdrone MD4-200) e di prodotti fotogrammetrici da essi ottenibili: modelli digitali, ortofoto e profili altimetrici (scavo archeologico di Montalcino).



I punti a terra devono essere importati nel programma di triangolazione aerea come osservazioni pesate per definire il datum. Utilizzare i punti a terra per eseguire una roto-traslazione con fattore di scala (trasformazione di Helmert) del blocco dopo la fase di orientamento relativo non fornisce gli stessi risultati e possibili deformazioni del blocco non verrebbero compensate o minimizzate.

Una volta eseguito l'orientamento delle immagini è possibile estrarre modelli di superfici (DSM) o del terreno (DTM) con tecniche di image matching. Attualmente i software a disposizione (commerciali e/o open source) permettono di derivare nuvole di punti con densità pari alla dimensione del GSD, anche se un passo di campionamento di 2-3 volte il GSD è fortemente consigliato. Infine dalle nuvole di punti si possono derivare ortofoto, modelli tridimensionali poligonali e texturizzati oppure informazioni tematiche di vario genere.

Applicazioni ed esempi

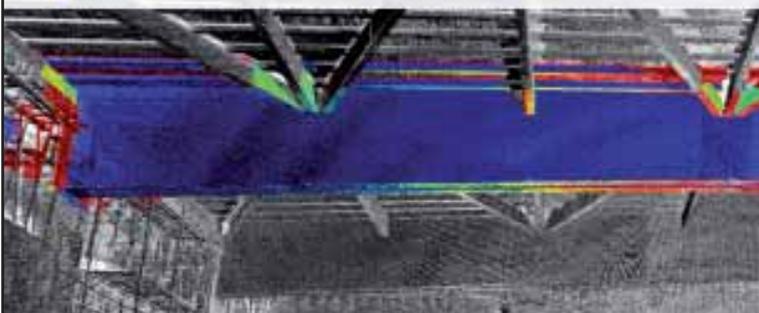
Per diverse applicazioni l'uso di piattaforme UAV ha rappresentato un notevole passo in avanti in termini di completezza del risultato, velocità di acquisizioni, riduzione dei costi e semplicità d'uso, pur continuando a fornire dati geometricamente accurati e dettagliati.

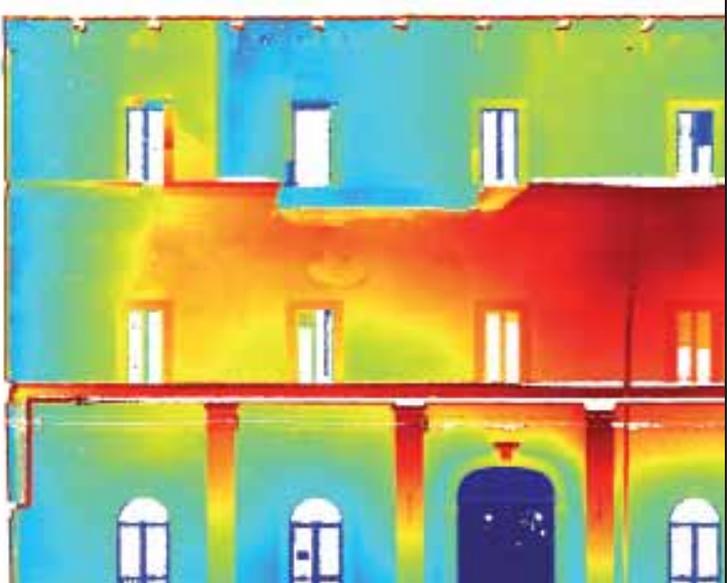
Le applicazioni geomatiche più richieste sono in agricoltura ('precision farming'), scienze forestali (calcolo di biomasse o monitoraggio), archeologia e beni culturali (documentazione e modellazione 3D), geologia e ambiente (dissesti, volumi di cava, ecc.), controllo in ambienti cittadini (dispersioni termiche, potenziale fotovoltaico, manifestazioni, sicurezza), ecc. A questi rilievi UAV per scopi fotogrammetrici, si aggiungono richieste di scatti fotografici per puri scopi documentativi (panorami, settore immobiliare, ecc.) o attività di sorveglianza in zone di confine, coste e mari.



JRC 3D Reconstructor

COMPATIBILE CON I DATI DI TUTTI I PRINCIPALI SENSORI LASER SCANNER TERRESTRI | MOBILI | AEREI





- Software di trattamento dati laser scanner, ideale per applicazioni di ingegneria civile, costruzioni e disaster management
- Collaudi e controlli "as built" di edifici, monitoraggi, rilevamento del fuori piombo di costruzioni
- Mappatura di fessurazioni superficiali di ponti, dighe, viadotti e strutture in calcestruzzo
- Gestione di grandi moli di dati (versione 64bit)
- Tecnologia nata nel Centro Comune di Ricerca (JRC) di Ispra della Commissione Europea

CONTATTATECI per Ulteriori informazioni . Specifiche tecniche . Videoconferenza e Versione demo . Offerte commerciali ed educational . Contratti di noleggio



www.gexcel.it | sales@gexcel.it
Telefono (+39) 030 65 95 001



Figura 3 - Orientamento di un blocco UAV acquisito attorno ad un monumento archeologico e modello digitale derivato con tecniche di image matching.

Laddove le leggi nazionali lo consentono, gli UAV possono essere utilizzati per volare su zone urbane e realizzare DSM particolarmente densi delle aree da cui eventualmente estrarre informazioni riguardo la geometria degli edifici, produrre '3D city models' o aggiornare la cartografia.

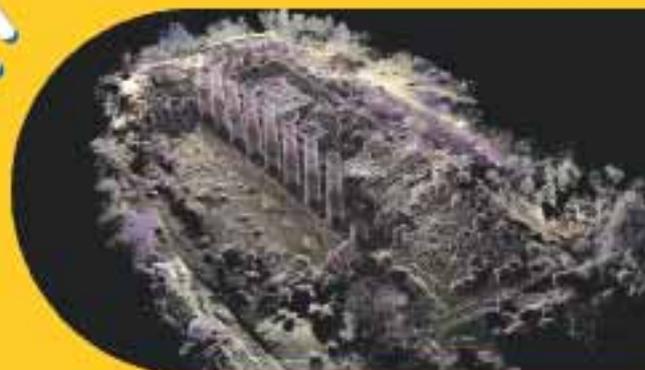
Figura 4 - Un nucleo urbano in Indonesia rilevato e modellato in 3D da immagini UAV.



GEOGRA

- Scansioni 3D (laser scanner)
- Stereofotogrammetria
- Fotogrammetria
- Topografia
- Batimetria
- Rilievi tradizionali
- Elaborazioni informatiche

via Indipendenza, 106
 46028 Serride, Mantova
 tel. +39 0386.62628
 fax +39 0386.960248
 info@geogra.it • www.geogra.it



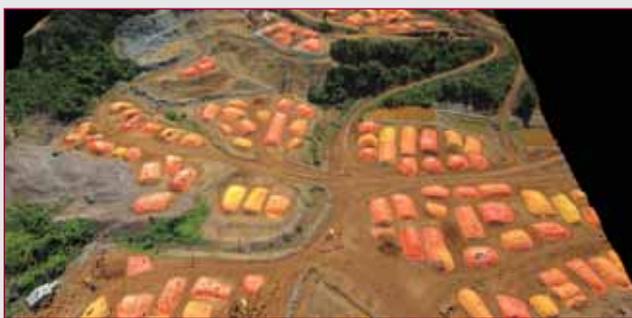


Figura 5 - Mosaico di immagini UAV su un'area estrattiva e modello 3D della zona per la determinazione del volume del materiale estratto.



Figura 6 - Rilievo di campi con tende per la stima del numero di profughi e rilievo di coste per monitorare l'erosione marina.

Nel settore ambientale, gli UAV sono spesso impiegati per studiare aree difficilmente raggiungibili o rilevabili con altre tecniche, consentendo ad esempio voli verticali (rilievi di versanti rocciosi o dissesti in parete). Nel settore estrattivo, immagini da UAV consentono di valutare i volumi dei materiali di scavo.

Nel monitoraggio di emergenze umanitarie, le immagini acquisite da UAV permettono di estrarre informazioni di interesse per la pianificazione dei soccorsi e per quantificare la presenza di tende e profughi. Note le dimensioni (dato di input) e il numero dei tendoni (determinato tramite le informazioni ottenute dalle immagini e dal DSM) è possibile stimare il numero dei profughi nel campo.

Bibliografia

- (1): PRZYBILLA, H.-J., WESTER-EBBINGHAUS, W., 1979: BILDFLUG MIT FERNGELENKTEM KLEINFLUGZEUG. BILDMESSUNG UND LUFTBILDWESEN. ZEITSCHRIFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE UND FERNERKUNDUNG. HERBERT WICHMAN VERLAG, KARLSRUHE, GERMANY.
- (2): PROGRAMMI E PROGETTI EUROPEI: USICO (UAV SAFETY ISSUES FOR CIVIL OPERATIONS), INOUI (INNOVATIVE OPERATIONAL UAS INTEGRATION), UCARE (UAVS: CONCERTED ACTIONS FOR REQUIRED REGULATIONS)
- (3): AGENZIE E ORGANIZZAZIONI: EUROCAE (EUROPEAN ORGANISATION FOR CIVIL AVIATION EQUIPMENT), EASA (EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY),
- (4): EUROCONTROL (EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION): "SPECIFICATIONS FOR THE USE OF MILITARY UAVS AS OPERATIONAL AIR TRAFFIC"
- (5): AUTORITÀ DELL'AVIAZIONE CIVILE (CAA) INGLESE - CAP 722 "UNMANNED AIRCRAFT SYSTEM OPERATIONS IN UK AIRSPACE - GUIDANCE"
- (6): LEGGE 14 LUGLIO 2004, N. 178 "DISPOSIZIONI IN MATERIA DI AEROMOBILI A PILOTAGGIO REMOTO DELLE FORZE ARMATE"
- (7): DECRETO DEL MINISTRO DELLA DIFESA DEL 23 GIUGNO 2006 - ADOTTATO AI SENSI DEL 2° COMMA DELL'ART.743 DEL CODICE DELLA NAVIGAZIONE COME SOSTITUITO DELL'ARTICOLO 8 DEL DECRETO LEGISLATIVO DEL 15 MARZO 2006, N. 151.
- (8): DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA, 9 LUGLIO 2010, N. 133.

Parole chiave

UAV, FOTOGRAMMETRIA, GEOMATICA, DSM/DTM.

Abstract

UAV platforms for geomatics

UAV platforms are nowadays a valuable source of data for inspection, surveillance, mapping and 3D modeling issues. New applications in the short- and close-range domain are introduced, being the UAVs a low-cost alternatives to the classical manned aerial photogrammetry. Rotary or fixed wing UAVs, capable of performing the photogrammetric data acquisition with amateur or SLR digital cameras, can fly in manual, semi-automated and autonomous modes. With a typical photogrammetric pipeline, 3D results like DSM/DTM, contour lines, textured 3D models, vector data, etc. can be produced, in a reasonable automated way. The article reports the latest developments of UAV image processing methods for photogrammetric applications with also some insight on regulation and system certifications.

Autori

FABIO REMONDINO – 3D OPTICAL METROLOGY,
FONDAZIONE BRUNO KESSLER, TRENTO
WEB: [HTTP://3DOM.FBK.EU](http://3DOM.FBK.EU), EMAIL: REMONDINO@FBK.EU

FRANCESCO NEX
3D OPTICAL METROLOGY, FONDAZIONE BRUNO KESSLER, TRENTO
WEB: [HTTP://3DOM.FBK.EU](http://3DOM.FBK.EU), EMAIL: FRANEX@FBK.EU

DANIELE SARAZZI
ZENIT S.R.L. – WEB: [HTTP://WWW.ZENIT-SA.COM](http://WWW.ZENIT-SA.COM),
EMAIL: DANIELE.SARAZZI@ZENIT-SA.COM.



GESTIONE DEL CATASTO STRADE E SERVIZI E-GOVERNMENT

WESE, progetto e-government realizzato da **SINERGIS** per le Province di Bolzano, Lodi, Mantova e Varese, è un sistema informativo territoriale per la gestione del Catasto Strade, in grado di risolvere tutte le problematiche tipiche del settore Viabilità e consentire l'interoperabilità dei vari uffici. Sviluppato interamente in tecnologia Web è dotato di un portale per l'erogazione di servizi ai cittadini e alle imprese secondo le convenzioni e-government. Inserito nell'elenco dei progetti di riuso, è a disposizione gratuita delle Amministrazioni che ne faranno richiesta.



IL VALORE DELL'INFORMAZIONE GEOGRAFICA

SINERGIS

SEDE LEGALE AMMINISTRATIVA: Sinergis Srl | TORINO, Marelli (88121) | loc. Polcevera 120/f | T. 0461.997214 | F. 0461.997330 | www.sinergis.it

SEDI OPERATIVE:

Milano (20131)
via Arona, 28/30
T. 02.67870811
F. 02.67870860

Bologna (40129)
via Calzadella 2
T. 051.237823
F. 051.270806

Roma (00156)
via E. Franceschini 56
T. 06.432571
F. 06.43267321

Napoli (80143)
Carrera Diastonale Isola F. 12
T. 081.19564953
F. 081.19564964

Cagliari (09122)
Evo Informatica
viale Elnca 142
T/F. 070.240724

Catania (95131)
Ria della Repubblica 32
T. 095.312982
F. 095.2600838