

Manuale Piloti UAS

CATEGORIA OPEN
SUB CATEGORIA A2

Conforme alla AMC1 UAS.OPEN.030 di EASA e alla
N.I 2021-013 del 23/12/01 rev. 1.6.4

A cura di
Tullio Iaria



*Alla Madonna di Loreto,
protettrice di chi traccia da se
la sua via nei Cieli*

colophon

Indice

Introduzione 5

Parte I Meteorologia: navigare il cielo virtuale

1. Concetti generali	8
2. Grandezze fisiche in meteorologia e come si misurano	8
3. L'atmosfera, i suoi strati e la variazione delle grandezze fisiche con la quota	9
4. Interdipendenza delle grandezze fisiche.....	10
5. Le masse d'aria	12
6. Comportamenti da tenere in presenza di fenomeni meteorologici con l'UAS.....	13
7. Nebbia e bassa visibilità	17

Parte II Effetto delle condizioni meteorologiche dell'UA

1. Il vento e l'effetto nelle aree urbane	20
2. Venti, turbolenza, brezze, cumulonembi, windshear e microburst: comprensione del fenomeno e possibili effetti sull'UAS	22
3. Effetto delle condizioni meteorologiche sul UA	27
4. Ottenere informazioni meteorologiche	31
5. Promontori, sacche e creste atmosferiche	37
6. Il gradiente di pressione e le isobare e loro rappresentazione sulle cartine meteorologiche.....	38

Parte III UAS Flight Performance

1. Caratteristiche generali di un UAS e performance associate	40
2. Il tipico inviluppo di volo per un uas ad ala rotante (o multicottero), per un ala fissa e per un UA a configurazione ibrida	46
3. Il mode del radiocomando	52
4. Massa, bilanciamento, payload e Centro di Gravità	54
5. Assicurare il payload	57
6. Le batterie	59

Parte IV Technical and operational mitigations for ground risk

1. Individuazione, valutazione e mitigazione dei rischi in fase di pianificazione, preparazione/predisposizione ed esecuzione del volo	66
2. Funzioni del UA: modo “bassa velocità” (low speed mode)	72
2. Valutare la distanza tra le persone	74
3. La regola 1:1	77

Introduzione

Benvenuti, futuri piloti di aeromobili senza equipaggio a bordo (UAS), in questa affascinante esplorazione delle competenze e delle conoscenze necessarie per operare in conformità con la Categoria Open A2 del Regolamento EASA 2019/947.

Il “*Manuale del Pilota UAS Categoria Open A2*” è la nostra guida essenziale, pensata per accompagnarvi attraverso un percorso di apprendimento dettagliato e approfondito alla Categoria Open A2 e alla sezione chiave del Regolamento EASA 2019/947 che delinea le regole e le normative per le operazioni di droni in Europa. In questa guida, esploreremo la Categoria Open A2 e le differenze salienti rispetto alle categorie A1-A3.

La Categoria Open A2 è progettata per gli operatori di droni che desiderano condurre operazioni con aeromobili più leggeri in modo flessibile, mantenendo standard elevati di sicurezza.

Questa categoria offre un approccio equilibrato, permettendo operazioni in aree popolate, ma richiedendo al contempo specifiche competenze e conoscenze per garantire il rispetto delle normative.

Differenze rispetto alle Categorie A1-A3: un panorama chiave

I requisiti di competenza: a differenza delle categorie A1 e A3, la Categoria Open A2 richiede che il pilota acquisisca competenze specifiche attraverso un percorso di formazione approvato. Questo assicura che gli operatori abbiano una comprensione più approfondita delle procedure operative e della sicurezza durante le operazioni. Cambia anche la “Distanza dal Pubblico Non Coinvolto”: mentre la Categoria A1 consente operazioni vicino a persone non coinvolte, la Categoria Open A2 richiede una distanza minima di sicurezza dal pubblico di almeno 30 metri durante le operazioni.

I Limiti Operativi sono più flessibili rispetto alla Categoria A3, consentendo operazioni più vicino alle persone e la possibilità di sorvolare aree assemblate di persone, con restrizioni specifiche.

Gli aeromobili utilizzati nella Categoria Open A2 devono essere conformi agli standard di progettazione e certificazione specifici, garantendo una maggiore sicurezza durante le operazioni ed è destinata ad aeromobili di classe C0, C1, e C2, fornendo linee guida specifiche per ciascuna classe, garantendo che le operazioni siano adeguate al livello di complessità e rischio associato.

Questo panorama introduttivo illustra come la Categoria Open A2 fornisca un equilibrio tra flessibilità operativa e requisiti di sicurezza più rigorosi rispetto alle categorie A1 e A3. Gli operatori e i piloti devono familiarizzarsi con i requisiti specifici e ottenere le competenze necessarie per garantire operazioni sicure ed efficienti nell’ambito della Categoria Open A2.

Meteorologia: navigare il cielo virtuale

Nella prima parte, immergetevi nel mondo complesso ma affascinante della meteorologia. Imparerete a interpretare le condizioni atmosferiche, a comprendere come il vento, la temperatura e l’umidità influenzino il volo del vostro drone. Questa conoscenza vi consentirà di prendere decisioni ponderate sulla sicurezza e di valutare l’idoneità al volo in base alle condizioni meteorologiche.

Effetto della meteorologia: come il cielo incide sul volo

La seconda parte vi guiderà attraverso l'effetto della meteorologia sulle prestazioni del vostro drone. Esploreremo come le condizioni atmosferiche influiscano sulla stabilità e sulla manovrabilità del drone, fornendovi una comprensione approfondita che diventerà la chiave per un volo sicuro ed efficace.

Flight Performance: dominare l'arte del volo

Nella terza parte esamineremo le intricate sfaccettature della Flight Performance. Vi condurrò attraverso i principi chiave relativi alle prestazioni di volo degli aeromobili nella Categoria Open A2. Approfondiremo le caratteristiche di volo del vostro drone e vi illustrerò le modalità per ottimizzare le prestazioni in una varietà di scenari.

Mitigazione del Rischio: strategie per un Volo Sicuro

Il quarto capitolo sarà il nostro focus principale, concentrandoci sulla mitigazione del rischio. Esploreremo strategie e pratiche per ridurre i rischi associati alle operazioni con droni. Vi fornirò gli strumenti necessari per identificare, valutare e affrontare situazioni potenzialmente pericolose, garantendo che la sicurezza sia sempre al primo posto. Infine, affronteremo le sfide specifiche legate alle operazioni a terra.

Questo manuale è il vostro compagno affidabile. Siate pronti ad assorbire le informazioni, perché il vostro viaggio nel mondo degli UAS Categoria Open A2 inizia ora.

Buono studio e cieli limpidi.

Parte I

Meteorologia: navigare il cielo virtuale

1. Concetti generali

La meteorologia è la scienza che studia l'atmosfera terrestre e i fenomeni meteorologici che ne conseguono, quali il tempo e il clima. Essa gioca un ruolo fondamentale nell'operatività e nella sicurezza dei droni, poiché le condizioni atmosferiche possono influire direttamente sulle prestazioni, sulla stabilità e sulla durata della batteria di questi dispositivi. Nel contesto della categoria OPEN subcategoria A2, la comprensione delle nozioni base di meteorologia è essenziale per i piloti di droni, in quanto consente loro di pianificare e condurre voli in modo sicuro ed efficiente, evitando situazioni potenzialmente pericolose.

Tra i principali fattori meteorologici che influenzano il volo dei droni, possiamo citare:

- Pressione atmosferica.
- Temperatura.
- Umidità.
- Vento.
- Precipitazioni.
- Visibilità.

Una conoscenza di base di questi elementi è fondamentale per comprendere le loro implicazioni sul volo dei droni e per prendere decisioni informate riguardo alla pianificazione e all'esecuzione delle missioni. Ad esempio, la capacità di interpretare le previsioni meteorologiche, i bollettini e le mappe può contribuire a migliorare la sicurezza del volo e a ridurre i rischi associati alle condizioni meteorologiche avverse. Verranno trattati in dettaglio questi aspetti della meteorologia, fornendo ai piloti di droni gli strumenti necessari per gestire al meglio le sfide poste dalle diverse condizioni atmosferiche. L'introduzione ai concetti generali di meteorologia è un elemento fondamentale per i piloti di droni. Essa permette loro di comprendere le interazioni tra atmosfera, tempo e clima, e di applicare queste conoscenze per garantire voli sicuri ed efficienti, riducendo al minimo i rischi legati alle condizioni meteorologiche.

2. Grandezze fisiche in meteorologia e come si misurano

La meteorologia è la scienza che studia l'atmosfera terrestre e i fenomeni meteorologici associati. Per comprendere e prevedere queste condizioni atmosferiche, è importante analizzare le grandezze fisiche e i metodi di misurazione utilizzati in meteorologia. In questo capitolo, esamineremo alcune delle principali grandezze fisiche presenti in meteorologia e come vengono misurate, con un focus sulle implicazioni per i piloti di UAS.

Pressione atmosferica

La pressione atmosferica è la forza esercitata dall'atmosfera su una determinata superficie. Viene misurata in Pascal (Pa) o più comunemente in millimetri di mercurio (mmHg) o in ettopascal (hPa). La pressione atmosferica viene misurata utilizzando un barometro, uno strumento che può essere sia a mercurio sia aneroido. La pressione atmosferica influenza la portanza, la stabilità e la manovrabilità degli UAS, rendendola un parametro importante da monitorare.

Temperatura

La temperatura è una misura del calore e viene misurata in gradi Celsius (°C) o Fahrenheit (°F). In meteorologia, la temperatura viene misurata utilizzando un termometro, che può essere a mercurio, alcol o digitale. La temperatura può influire sulle prestazioni del motore, sulla durata della batteria e sulla resistenza dei materiali dell'UAS; quindi, è fondamentale conoscerla e tenerla sotto controllo.

Umidità

L'umidità è la quantità di vapore acqueo presente nell'aria e viene espressa come percentuale. Viene misurata utilizzando un igrometro, che può essere a capello, a condensazione o elettronico. L'umidità può influenzare le prestazioni del motore, la condensa elettronica e la corrosione dei componenti dell'UAS, quindi è importante monitorarla.

Velocità e direzione del vento

La velocità del vento viene misurata in metri al secondo (m/s) o in chilometri all'ora (km/h). La direzione del vento viene indicata in gradi, con 0° che indica il vento proveniente dal Nord e 180° dal Sud. La velocità e la direzione del vento vengono misurate utilizzando un anemometro e una girouette. Il vento può influenzare la stabilità, la portanza e il consumo energetico dell'UAS; quindi, è essenziale per i piloti monitorare e considerare questi fattori durante la pianificazione del volo.

Pluviometro

Le precipitazioni sono la quantità di acqua che cade al suolo sotto forma di pioggia, neve o grandine e vengono misurate utilizzando un pluviometro. Le precipitazioni possono influire sulla visibilità, sulla stabilità e sulla capacità di volo dei droni.

Monitorare e comprendere queste grandezze fisiche è cruciale per i piloti di UAS subcategoria A2, in quanto queste condizioni atmosferiche possono influenzare notevolmente le prestazioni e la sicurezza del volo.

Durante la pianificazione e l'esecuzione dei voli, è importante tenere conto di queste grandezze fisiche e consultare le previsioni meteorologiche, i bollettini e le osservazioni locali per garantire la sicurezza e l'efficienza del volo.

3. L'atmosfera, i suoi strati e la variazione delle grandezze fisiche con la quota

L'atmosfera terrestre è composta da diversi strati, ciascuno con caratteristiche uniche che influenzano le grandezze fisiche e le condizioni meteorologiche. Per i piloti di UAS subcategoria A2, è fondamentale comprendere la struttura dell'atmosfera e le variazioni delle grandezze fisiche con la quota, poiché ciò può influenzare le prestazioni e la sicurezza del volo.

Troposfera

La troposfera è lo strato più basso dell'atmosfera, estendendosi dal suolo fino a circa 8-15 km di altitudine, a seconda della latitudine e della stagione. È in questo strato che avvengono la maggior parte dei fenomeni meteorologici. Nella troposfera, la temperatura diminuisce con l'aumentare della quota, con un gradiente medio di circa 6,5°C per chilometro. Anche la pressione atmosferica e l'umidità relativa diminuiscono con l'aumentare dell'altitudine.

Tropopausa

La tropopausa è il confine tra la troposfera e lo strato successivo, la stratosfera. La tropopausa si trova a un'altitudine variabile tra 8 e 18 km, con valori più alti nelle regioni equatoriali e più bassi alle alte latitudini. Nella tropopausa, la temperatura si stabilizza e cessa di diminuire con l'aumentare dell'altitudine.

Stratosfera

La stratosfera si estende dalla tropopausa fino a circa 50 km di altitudine. In questo strato, la temperatura inizia ad aumentare con l'altitudine, principalmente a causa dell'assorbimento della radiazione ultravioletta solare da parte dell'ozono. La stratosfera è generalmente caratterizzata da venti deboli e una bassa umidità, rendendola un ambiente relativamente stabile rispetto alla turbolenta troposfera.

Stratopausa

La stratopausa è il confine tra la stratosfera e la mesosfera e si trova a un'altitudine di circa 50 km. In questo punto, la temperatura raggiunge il suo massimo e cessa di aumentare con l'altitudine.

Mesopausa

La mesopausa è una regione atmosferica che segna il confine tra la mesosfera e la termosfera. Si trova a un'altitudine di circa 85-90 chilometri sopra la superficie terrestre. Questo strato atmosferico è caratterizzato da un cambiamento significativo nelle proprietà atmosferiche, come la temperatura e la composizione. Nella mesopausa, la temperatura atmosferica inizia a salire anziché diminuire con l'aumentare dell'altitudine, un fenomeno noto come inversione termica. Questo aumento della temperatura è dovuto all'assorbimento di radiazione solare da parte di gas atmosferici come l'ossigeno e l'azoto.

La mesopausa è una regione di transizione importante nell'atmosfera terrestre e ha implicazioni significative per le comunicazioni radio e le operazioni spaziali. Le variazioni nelle proprietà atmosferiche tra la mesosfera e la termosfera possono influenzare la propagazione delle onde radio e la traiettoria delle satelliti in orbita bassa intorno alla Terra.

Esosfera

L'esosfera è la regione più esterna dell'atmosfera terrestre, estendendosi oltre la termosfera e rappresentando il confine con lo spazio esterno. Si trova ad un'altitudine di circa 500 chilometri sopra la superficie terrestre e oltre. Questa regione è caratterizzata da una densità estremamente bassa di gas atmosferici, così scarsa da essere considerata praticamente un vuoto.

Nell'esosfera, le particelle gassose sono così rarefatte che i loro comportamenti sono dominati dalle interazioni tra particelle libere e la radiazione solare. Le temperature nell'esosfera possono variare considerevolmente a seconda della radiazione solare incidente e della presenza di particelle cariche, come i raggi cosmici.

Questa regione atmosferica è di grande interesse per la ricerca spaziale e l'esplorazione, in quanto è la zona in cui orbitano molti satelliti artificiali e altre sonde spaziali. Inoltre, l'esosfera è cruciale per la comprensione dei fenomeni atmosferici superiori e il loro impatto sulle comunicazioni e le operazioni spaziali.

Per le operazioni aeree, l'esosfera non è una considerazione diretta, poiché le attività umane si concentrano principalmente nelle regioni inferiori dell'atmosfera, come la troposfera e la stratosfera. Tuttavia, la comprensione dell'esosfera è importante per la navigazione spaziale e la pianificazione delle missioni spaziali.

Mesosfera

La mesosfera si estende dalla stratopausa fino a circa 85 km di altitudine. In questo strato, la temperatura diminuisce rapidamente con l'aumentare dell'altitudine, raggiungendo valori minimi di circa -90°C . La pressione atmosferica e la densità dell'aria sono estremamente basse nella mesosfera. Per i piloti di UAS subcategoria A2, la maggior parte delle operazioni avviene nella troposfera, dove le variazioni di temperatura, pressione e umidità con l'altitudine hanno un impatto diretto sulle prestazioni e la sicurezza del volo. Durante la pianificazione e l'esecuzione dei voli, è importante tenere conto di queste variazioni e monitorare attentamente le condizioni meteorologiche locali per garantire la sicurezza delle operazioni. Tuttavia, è fondamentale anche comprendere le caratteristiche della mesosfera, specialmente considerando il suo impatto potenziale sulle operazioni di volo ad alta quota. Anche se le attività degli UAS subcategoria A2 sono principalmente concentrate nella troposfera, avere familiarità con le condizioni della mesosfera può contribuire a una migliore pianificazione e gestione delle missioni aeree.

4. Interdipendenza delle grandezze fisiche

Le grandezze fisiche in meteorologia, come temperatura, densità e pressione, sono strettamente interconnesse e influiscono l'una sull'altra in maniera significativa. Per i piloti di UAS, è importante comprendere queste interdipendenze per prevedere e gestire le condizioni atmosferiche durante i voli.

Interdipendenza tra temperatura e densità

La densità dell'aria è la massa di aria per unità di volume, e varia in funzione della temperatura. Quando l'aria si riscalda, le molecole di gas si muovono più velocemente e si allontanano l'una dall'altra, diminuendo la densità dell'aria.

Al contrario, quando l'aria si raffredda, le molecole rallentano e si avvicinano, aumentando la densità dell'aria. Questa relazione è descritta dalla legge di Charles, che afferma che la densità dell'aria è inversamente proporzionale alla temperatura, a pressione costante.

Interdipendenza tra pressione e densità

La pressione atmosferica è la forza esercitata dall'atmosfera su una determinata superficie. La pressione è direttamente proporzionale alla densità dell'aria e alla sua altezza. Quando la densità dell'aria aumenta, la pressione atmosferica aumenta, e viceversa.

Questa relazione è descritta dalla legge di Boyle, che afferma che la pressione dell'aria è direttamente proporzionale alla densità dell'aria, a temperatura costante.

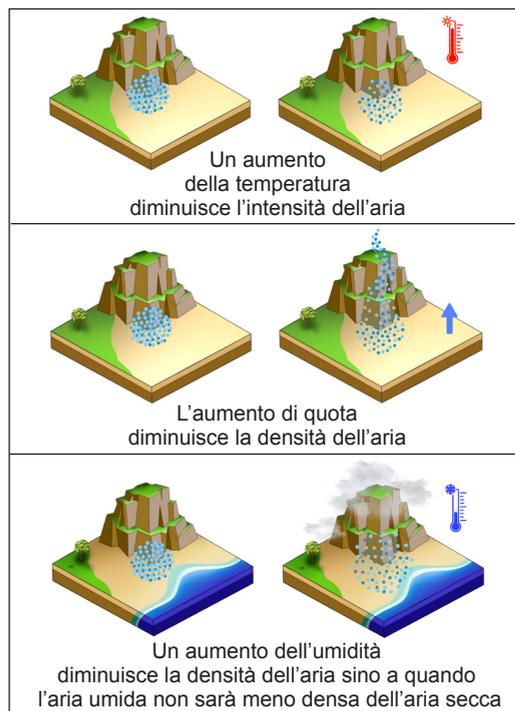
Interdipendenza tra temperatura e pressione

La temperatura e la pressione dell'aria sono anche interdipendenti, come descritto dalla legge di Gay-Lussac. Secondo questa legge, a densità costante, la pressione dell'aria è direttamente proporzionale alla sua temperatura. Quando la temperatura aumenta, la pressione dell'aria aumenta, e viceversa.

Implicazioni per i piloti di UAS

La comprensione delle interdipendenze tra temperatura, densità e pressione è fondamentale per i piloti di UAS, poiché queste grandezze influenzano le prestazioni dell'UAS e la sua capacità di volo. Ad esempio, l'aumento della densità dell'aria può migliorare la portanza dell'UAS, ma può anche aumentare la resistenza aerodinamica e ridurre la durata

della batteria. Allo stesso modo, le variazioni di pressione possono influenzare l'altitudine dell'UAS e la sua capacità di mantenere un volo stabile. Per gestire queste interdipendenze, i piloti di UAS devono monitorare attentamente le condizioni meteorologiche e adattare le loro operazioni di volo di conseguenza. Ciò potrebbe includere l'aggiustamento dell'altitudine di volo, la modifica delle rotte per evitare aree di bassa pressione o l'utilizzo di sistemi di controllo automatico per compensare le variazioni di densità dell'aria e pressione atmosferica.



5. Le masse d'aria

Le masse d'aria sono estese porzioni di atmosfera caratterizzate da temperature e umidità simili in senso orizzontale. Queste masse d'aria si formano quando l'aria rimane in una determinata regione per un lungo periodo di tempo, assumendo le caratteristiche di temperatura e umidità della superficie sottostante. La comprensione delle masse d'aria e delle loro interazioni è fondamentale per i piloti di UAS subcategoria A2, poiché influenzano le condizioni meteorologiche e le prestazioni del volo.

Classificazione delle masse d'aria

Le masse d'aria possono essere classificate in base alla loro origine e alle loro caratteristiche di temperatura e umidità. Le principali classificazioni sono:

Massa d'aria continentale (C): si forma sulla terraferma e tende ad avere un'umidità relativamente bassa.

Massa d'aria marittima (M): si forma sopra gli oceani e tende ad avere un'umidità relativamente alta.

Massa d'aria tropicale (T): si forma nelle regioni equatoriali e subtropicali e tende ad avere temperature elevate.

Massa d'aria polare (P): si forma nelle regioni polari e tende ad avere temperature basse.

Massa d'aria artica o antartica (A): si forma nelle regioni artiche o antartiche e ha temperature estremamente basse.

Interazioni tra masse d'aria

Le masse d'aria interagiscono tra loro attraverso i fronti meteorologici, che sono zone di transizione tra masse d'aria con caratteristiche diverse. I fronti possono essere di diversi tipi:

Fronte caldo: si forma quando una massa d'aria calda si sposta su una massa d'aria fredda, sollevando l'aria fredda. Ciò può causare la formazione di nuvole e precipitazioni.

Fronte freddo: si forma quando una massa d'aria fredda si sposta sotto una massa d'aria calda, costringendo l'aria calda a sollevarsi. Ciò può causare temporali e piogge intense.

Fronte occluso: si verifica quando un fronte freddo raggiunge e si unisce a un fronte caldo, sollevando l'aria calda al di sopra del suolo. Ciò può portare a precipitazioni moderate e nuvolosità.

Implicazioni per i piloti di UAS

Le masse d'aria e le loro interazioni influenzano le condizioni meteorologiche e le prestazioni del volo per gli UAS subcategoria A2. Ad esempio, l'incontro tra masse d'aria con diversa temperatura e umidità può causare la formazione di nuvole, precipitazioni, venti forti e turbolenze. Per gestire queste condizioni, i piloti di UAS subcategoria A2 devono monitorare attentamente le previsioni meteorologiche e le informazioni sulle masse d'aria e i fronti nella loro area di operazioni. Ciò può aiutare a pianificare i voli in modo da evitare condizioni meteorologiche avverse e a garantire la sicurezza del volo.

6. Comportamenti da tenere in presenza di fenomeni meteorologici con l'UAS

I fenomeni meteorologici possono influenzare significativamente le prestazioni e la sicurezza del volo per gli UAS subcategoria A2. I piloti devono essere preparati a gestire varie condizioni atmosferiche e adottare comportamenti appropriati per garantire un volo sicuro e stabile. Questo capitolo esamina i comportamenti da tenere in presenza di diversi fenomeni meteorologici con l'UAS.

Vento

Il vento può influenzare la stabilità del volo, la traiettoria e la durata della batteria dell'UAS. In presenza di vento:

- Verifica le previsioni del vento prima del volo, tenendo conto della velocità e della direzione del vento rispetto alla rotta prevista.
- Evita di volare in condizioni di vento forte che superano le specifiche del tuo UAS.
- Durante il volo, mantieni una velocità adeguata per compensare gli effetti del vento e, se necessario, effettua correzioni di rotta.
- Presta attenzione a raffiche improvvise o cambi di direzione del vento, soprattutto in prossimità di ostacoli come edifici o alberi.

Cambi improvvisi di direzione del vento

I cambi improvvisi di direzione del vento possono avere diversi effetti negativi sull'UAS (Unmanned Aircraft System) durante il volo. Ecco alcuni effetti che possono verificarsi.

Instabilità del volo

Un cambiamento repentino della direzione del vento può causare instabilità nel volo dell'UAS, rendendo difficile mantenere una traiettoria di volo costante e prevedibile. Questo può influire sulla capacità del pilota di controllare l'UAS e aumentare il rischio di incidenti.

Aumento della resistenza aerodinamica

Quando il vento cambia direzione, l'UAS potrebbe dover affrontare una maggiore resistenza aerodinamica, specialmente se il vento soffia contro la direzione di volo. Questa resistenza aggiuntiva può ridurre la velocità dell'UAS e richiedere più energia per mantenere il volo, accorciando la durata della batteria.

Effetti sulla portanza

Un cambiamento improvviso nella direzione del vento può influenzare la portanza generata dalle eliche dell'UAS. Ciò può causare variazioni nella quota di volo e richiedere correzioni da parte del pilota per mantenere l'altitudine desiderata.

Impatto sulla navigazione e rotta di volo

Cambiamenti improvvisi nella direzione del vento possono influenzare la rotta di volo dell'UAS, costringendo il pilota a effettuare correzioni di rotta per raggiungere il punto di destinazione previsto. Inoltre, i venti laterali possono far deviare l'UAS dalla sua traiettoria, rendendo difficile il mantenimento di un percorso di volo preciso.

Difficoltà nelle manovre di atterraggio e decollo

I cambiamenti repentini della direzione del vento possono rendere le manovre di atterraggio e decollo più difficili, poiché il pilota deve compensare le variazioni di vento per mantenere il controllo dell'UAS. In particolare, l'atterraggio può diventare più complicato se l'UAS è soggetto a raffiche di vento mentre si avvicina al suolo. Gli UAS multicotteri (MC) con un baricentro alto sono più soggetti a ribaltamenti in caso di forti raffiche improvvise al suolo durante le fasi d'atterraggio, mentre l'UAS ad ala (AP) è soggetto a sbandamento nella fase finale di atterraggio.

Per gestire gli effetti dei cambi improvvisi di direzione del vento, i piloti di UAS devono monitorare attentamente le condizioni meteorologiche, utilizzare sistemi di stabilizzazione automatici (se disponibili) e adottare tecniche di pilotaggio adeguate a compensare le variazioni del vento e mantenere il controllo dell'UAS.

Pioggia e umidità

La pioggia e l'umidità elevata possono danneggiare l'elettronica dell'UAS e ridurre la visibilità. In presenza di pioggia o umidità elevata:

- Evita di volare in condizioni di pioggia, a meno che l'UAS non sia specificamente progettato per resistere all'acqua.
- Controlla le previsioni meteorologiche e pianifica i voli in modo da evitare la pioggia o l'umidità elevata, se si verifica pioggia durante il volo, atterra l'UAS il prima possibile in un luogo sicuro e asciutto.

Effetti negativi della pioggia e dell'umidità sull'UAS

La pioggia e l'umidità possono avere effetti negativi sia sull'UAS (Unmanned Aircraft System) che sulla trasmissione dei dati. Ecco alcuni degli effetti che possono verificarsi.

Danni all'elettronica: la pioggia può causare infiltrazioni d'acqua nei componenti elettronici dell'UAS, causando cortocircuiti e danni permanenti. A meno che l'UAS non sia specificamente progettato per essere impermeabile o resistente all'acqua, è importante evitare di volare in condizioni di pioggia.

Corrosione dei componenti metallici:

l'umidità elevata può accelerare la corrosione dei componenti metallici dell'UAS, come viti, ingranaggi e parti del telaio. La corrosione può indebolire queste parti e ridurre la durata complessiva dell'UAS.

Prestazioni ridotte della batteria: l'umidità e la pioggia possono influire sulle prestazioni della batteria dell'UAS, riducendo la capacità di immagazzinare energia e accorciando la durata del volo.

Problemi con i sensori: l'umidità e la pioggia possono influenzare negativamente i sensori dell'UAS, come i sensori di temperatura, umidità e pressione, causando letture imprecise e potenzialmente compromettendo le prestazioni dell'UAS.

Ricordati che operare con l'UAS in zone di mare o in zone dove sono presenti polveri sottili o sabbia, comporta una maggiore usura del sistema e obbliga ad una maggiore attenzione prima dell'hangaraggio del mezzo.



Effetti della pioggia e dell'umidità sulla trasmissione dei dati

Perdita di segnale: la pioggia e l'umidità possono assorbire e disperdere le onde radio utilizzate per la trasmissione dei dati tra l'UAS e il controllore, riducendo la portata del segnale e aumentando il rischio di perdita di connessione.

Interferenze sul segnale: l'umidità e la pioggia possono causare riflessioni e rifrazioni delle onde radio, creando interferenze sul segnale e potenzialmente compromettendo la qualità e l'affidabilità della trasmissione dei dati. Anche il posizionamento sbagliato del pilota rispetto all'UAS può essere causa di errore di connessione tra il radiocomando e l'UAS.

Problemi con il GPS: l'umidità e la pioggia possono influenzare negativamente la ricezione del segnale GPS, riducendo la precisione del posizionamento e della navigazione dell'UAS. Per minimizzare gli effetti della pioggia e dell'umidità sull'UAS e sulla trasmissione dei dati, i piloti di UAS dovrebbero evitare di volare in condizioni di pioggia o umidità elevata e proteggere adeguatamente l'UAS e i suoi componenti dall'esposizione all'acqua e all'umidità. Inoltre, assicurarsi di effettuare una manutenzione regolare dell'UAS e dei suoi componenti per prevenire l'accumulo di umidità e la corrosione.

Turbolenza

La turbolenza è un movimento irregolare dell'aria che può causare instabilità nel volo dell'UAS. In presenza di turbolenza:

- Mantieni una quota di volo adeguata a evitare le aree più turbolente, che si trovano spesso vicino al suolo o in prossimità di ostacoli.
- Utilizza sistemi di stabilizzazione automatici, se disponibili, per aiutare a mantenere il controllo dell'UAS.
- Presta attenzione ai segnali di turbolenza, come cambiamenti improvvisi nella velocità del vento o nella direzione.

Effetti della turbolenza su un UAS

Instabilità del volo: la turbolenza può causare instabilità nel volo dell'UAS, rendendo più difficile per il pilota mantenere il controllo dell'UAS e aumentando il rischio di incidenti.

Variazione della portanza: la turbolenza può causare variazioni nella portanza generata dalle ali o dalle eliche, influenzando l'altitudine e la traiettoria dell'UAS.

Aumento del carico di lavoro del pilota: il pilota deve essere più attento e reattivo per mantenere il controllo dell'UAS in presenza di turbolenza, aumentando il carico di lavoro e lo stress.

Stress strutturale: la turbolenza può causare sollecitazioni e carichi strutturali aggiuntivi sul UAS, il che può ridurre la durata complessiva dei componenti o causare danni in caso di turbolenza estrema.

Differenze degli effetti della turbolenza tra un UAS ad ala fissa e un UAS multicottero

Stabilità del volo: gli UAS ad ala fissa tendono ad essere più stabili in presenza di turbolenza, grazie alla loro maggiore inerzia e alla loro capacità di generare portanza in modo più efficiente. I multicotteri, tuttavia, sono più sensibili alle variazioni di portanza e potrebbero richiedere correzioni più frequenti per mantenere la stabilità del volo.

Sistemi di stabilizzazione: molti multicotteri sono dotati di sistemi di stabilizzazione automatici che compensano la turbolenza e mantengono la stabilità del volo. Sebbene alcuni UAS ad ala fissa possano avere sistemi simili, la loro efficienza potrebbe non essere la stessa a causa delle differenze nella dinamica di volo tra i due tipi di UAS.

Reazione alla turbolenza: i multicotteri tendono a reagire più rapidamente ai cambiamenti nelle condizioni dell'aria rispetto agli UAS ad ala fissa, il che può essere sia un vantaggio che uno svantaggio.

Da un lato, un multicottero può correggere rapidamente la sua posizione e la sua altitudine in presenza di turbolenza; dall'altro, questa reattività può rendere il volo del multicottero più instabile.

Velocità di volo e profilo di volo: gli UAS ad ala fissa generalmente volano più velocemente dei multicotteri e possono coprire lunghe distanze con una maggiore efficienza energetica. In condizioni di turbolenza, un UAS ad ala fissa potrebbe essere in grado di attraversare rapidamente le aree turbolente, mentre un multicottero potrebbe dover affrontare la turbolenza per un periodo di tempo più lungo, rendendo più difficile mantenere il controllo e la stabilità.

Inoltre, a causa della loro maggiore velocità, gli UAS ad ala fissa possono sperimentare un'ampia gamma di condizioni di volo e turbolenza in un breve periodo, mentre i multicotteri sono generalmente più limitati nella loro capacità di coprire rapidamente distanze significative.

Manovrabilità: i multicotteri sono generalmente più manovrabili rispetto agli UAS ad ala fissa, il che può essere utile in presenza di turbolenza. Sono in grado di cambiare rapidamente direzione, velocità e altitudine, permettendo al pilota di evitare o affrontare meglio le condizioni turbolente. Tuttavia, questa maggiore manovrabilità può anche

rendere i multicotteri più sensibili alle variazioni di portanza e direzione del vento causate dalla turbolenza.

In sintesi, gli UAS ad ala fissa e i multicotteri affrontano la turbolenza in modi diversi, con i loro rispettivi vantaggi e svantaggi. Gli UAS ad ala fissa tendono ad essere più stabili e veloci, ma potrebbero non avere la stessa capacità di reazione rapida e manovrabilità dei multicotteri. I multicotteri, sebbene più sensibili alle variazioni di portanza e direzione del vento, possono compensare grazie alla loro maggiore manovrabilità e ai sistemi di stabilizzazione automatici. I piloti di UAS devono essere consapevoli di queste differenze e adattare le loro tecniche di pilotaggio alle specifiche caratteristiche del loro UAS per gestire al meglio le condizioni di turbolenza.

7. Nebbia e bassa visibilità

La nebbia e la bassa visibilità possono rendere difficile il monitoraggio dell'UAS e creare potenziali pericoli. In presenza di nebbia o bassa visibilità. La nebbia e la foschia sono entrambe condizioni meteorologiche che riducono la visibilità, ma si distinguono per l'intensità e l'impatto sulla visibilità.

La nebbia si forma quando piccole goccioline d'acqua sospese nell'aria si condensano, causando una riduzione significativa della visibilità. La nebbia si verifica generalmente quando la differenza tra temperatura e punto di rugiada è inferiore a 2,5°C (4,5°F) e la visibilità è inferiore a 1 km (0,62 miglia).

La foschia è simile alla nebbia, ma la riduzione della visibilità è meno intensa.

La foschia si verifica quando particelle di polvere, fumo o sale sono sospese nell'aria, causando una visibilità ridotta ma superiore a 1 km (0,62 miglia). La foschia può dare all'aria un aspetto opaco o grigio.

- Controlla le previsioni della visibilità prima del volo e pianifica i voli in modo da evitare le aree con visibilità ridotta.
- Mantieni una distanza visiva adeguata dal UAS in ogni momento, come richiesto dalle normative locali.
- Se disponibile, utilizza sistemi di navigazione e posizionamento GPS per monitorare la posizione dell'UAS durante il volo.

Rischi associati alla nebbia e alla bassa visibilità

I principali rischi associati alla nebbia e alla bassa visibilità durante il volo di un UAS includono:

Perdita di orientamento visivo: i piloti potrebbero avere difficoltà a vedere l'UAS e a determinare la sua posizione, direzione e altitudine.

Collisioni con ostacoli: la ridotta visibilità aumenta il rischio di collisioni con ostacoli come alberi, edifici o linee elettriche.

Perdita di segnale GPS: la nebbia e la bassa visibilità possono influenzare negativamente la ricezione del segnale GPS, compromettendo la navigazione e la precisione del posizionamento dell'UAS.

Infrangimento delle normative: in molti paesi, le operazioni di volo di UAS sono soggette a requisiti di visibilità minimi per garantire la sicurezza del volo.

Parte II

Effetto delle condizioni meteorologiche dell'UA

Raccomandazioni per volare in condizioni di nebbia e bassa visibilità

Per gestire le operazioni di volo in modo sicuro e responsabile in condizioni di nebbia e bassa visibilità, i piloti di UAS dovrebbero seguire queste raccomandazioni:

- Verificare le previsioni meteorologiche e le condizioni locali prima di ogni volo per valutare la visibilità e la presenza di nebbia.
- Rispettare le normative locali e i requisiti di visibilità per le operazioni di volo UAS.
- Mantenere una distanza di sicurezza dagli ostacoli e dai pericoli circostanti, e volare a un'altitudine inferiore per ridurre il rischio di collisioni.
- Utilizzare sistemi di assistenza al volo come il GPS e il radar per migliorare la consapevolezza situazionale e compensare la ridotta visibilità.
- Considerare l'uso di droni dotati di sensori aggiuntivi, come fotocamere termiche o LiDAR, che possono aiutare a “vedere” attraverso la nebbia e la bassa visibilità.
- Evitare di volare in condizioni di nebbia e bassa visibilità se non si ha esperienza o se l'UAS non è adeguatamente attrezzato per affrontare tali situazioni.

Preparazione del pilota e formazione specifica

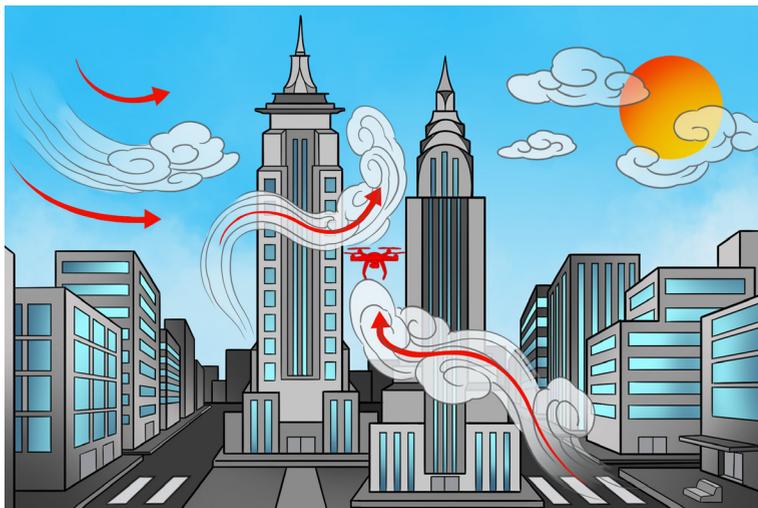
- Per aumentare la sicurezza durante il volo in condizioni di nebbia e bassa visibilità, i piloti di UAS dovrebbero seguire una formazione specifica e praticare regolarmente le loro abilità di volo in ambienti controllati. Questa formazione dovrebbe includere:
- Tecniche di pilotaggio per mantenere il controllo dell'UAS e l'orientamento visivo in condizioni di bassa visibilità.
- Procedure di emergenza in caso di perdita di visibilità o di segnale GPS.
- Familiarizzazione con l'uso di sistemi di assistenza al volo e sensori aggiuntivi come fotocamere termiche e LiDAR.

Pianificazione del volo e protocolli di sicurezza

- Prima di effettuare un volo in condizioni di nebbia e bassa visibilità, è importante pianificare attentamente il percorso e stabilire protocolli di sicurezza per far fronte a eventuali situazioni di emergenza. Questi protocolli potrebbero includere:
- Stabilire un'area di atterraggio di emergenza sicura e facilmente raggiungibile.
- Comunicare le intenzioni di volo a eventuali altri utenti dello spazio aereo e agli enti di controllo, se necessario.
- Preparare un piano di contingenza in caso di perdita di visibilità, segnale GPS o contatto radio con l'UAS.
- Monitorare attentamente le condizioni meteorologiche durante il volo e essere pronti a interrompere l'operazione e far rientrare l'UAS in caso di peggioramento delle condizioni.
- In conclusione, volare in condizioni di nebbia e bassa visibilità presenta sfide uniche per i piloti di UAS nella subcategoria A2. Seguendo le raccomandazioni e le precauzioni descritte in questo capitolo, i piloti possono migliorare la sicurezza delle loro operazioni di volo e ridurre i rischi associati a queste condizioni meteorologiche difficili.

1. Il vento e l'effetto nelle aree urbane

Le aree urbane presentano sfide uniche per i piloti di droni, soprattutto quando si tratta di vento e condizioni meteorologiche avverse. In questo articolo, discuteremo l'effetto del vento nelle aree urbane e come influisce sul pilotaggio di un UAS (Unmanned Aircraft System) nella categoria open A2. Il vento nelle aree urbane può essere significativamente diverso da quello che si riscontra in spazi aperti o in campagna. Gli edifici, le strade e le altre infrastrutture urbane possono creare turbolenze, accelerazioni del vento e cambiamenti improvvisi di direzione. Questi fenomeni sono noti come effetto "canyon urbano" o "vento a tunnel" e possono rendere il pilotaggio di un UAS più difficile e imprevedibile.



Effetti delle condizioni meteorologiche sul pilotaggio di un UAS

Le condizioni meteorologiche, in particolare il vento, hanno un impatto diretto sulla stabilità, la manovrabilità e la sicurezza del volo di un UAS. Alcuni effetti del vento sul pilotaggio di un UAS.

Controllo e stabilità: il vento può rendere difficile mantenere il controllo dell'UAS, specialmente quando si tratta di cambiamenti improvvisi di direzione o di raffiche. Inoltre, la turbolenza causata dagli edifici può generare instabilità e oscillazioni indesiderate dell'UAS.

Autonomia e consumo energetico: i venti contrari possono ridurre significativamente l'autonomia dell'UAS, costringendo i motori a lavorare più duramente per mantenere la posizione e la velocità desiderate. Questo può portare a un consumo energetico più elevato e a una riduzione del tempo di volo disponibile.

Precisione del posizionamento: il vento può influenzare la precisione del posizionamento dell'UAS, specialmente se il sistema GPS viene disturbato dalle strutture urbane o dalle condizioni meteorologiche. Inoltre, le correnti d'aria possono spostare l'UAS dalla sua posizione prevista, rendendo più difficile l'esecuzione di compiti che richiedono precisione, come l'ispezione di infrastrutture o la mappatura.

Sicurezza: la sicurezza del volo è una preoccupazione fondamentale quando si pilota un UAS in aree urbane con vento. Le turbolenze e i cambiamenti improvvisi di direzione possono aumentare il rischio di collisioni con ostacoli, come edifici, alberi o linee elettriche.

Raccomandazioni per pilotare un UAS in condizioni di vento nelle aree urbane

Generalmente, il punto di maggiore turbolenza per un UAS in un'area urbana si verifica vicino ai palazzi, specialmente se questi sono alti o hanno forme complesse. Il vento che interagisce con gli edifici può creare zone di turbolenza, accelerazioni e cambiamenti improvvisi di direzione del vento. Queste turbolenze possono essere accentuate nelle vicinanze di incroci o in mezzo a strade strette, dove il cosiddetto "effetto canyon urbano" o "vento a tunnel" si manifesta in modo più evidente.

Le piazze e le strade larghe, in generale, presentano una minore turbolenza rispetto alle aree con edifici alti e vicini tra loro. Tuttavia, in presenza di vento forte o raffiche, anche le piazze e le strade larghe possono essere soggette a turbolenza, sebbene di solito in misura minore rispetto alle aree più congestionate. La turbolenza generata dal vento in prossimità di un palazzo può variare a seconda dell'altezza, della forma del palazzo e della direzione del vento. In generale, la turbolenza sarà maggiore sul lato sottovento del palazzo (la parte opposta da dove soffia il vento) e nelle immediate vicinanze della cima del palazzo. Le correnti d'aria che scorrono sopra e attorno al palazzo possono creare zone di bassa pressione e vortici turbolenti sul lato sottovento, soprattutto in prossimità della cima dell'edificio. Queste zone turbolente possono estendersi per una distanza variabile, che dipende dalla forma e dalle dimensioni del palazzo, oltre che dalla velocità e direzione del vento. In alcuni casi, la turbolenza può persistere per diverse volte l'altezza del palazzo.

Per garantire la sicurezza e il successo del volo in aree urbane con vento, i piloti di UAS dovrebbero:

- Verificare le previsioni meteorologiche e le condizioni locali prima di ogni volo per valutare la presenza di vento forte o turbolenza. Se le condizioni sono troppo avverse, è meglio rimandare il volo.
- Acquisire familiarità con l'area di volo, inclusa la disposizione degli edifici, le infrastrutture e gli eventuali ostacoli, per anticipare e gestire meglio gli effetti del vento urbano.
- Mantenere una distanza di sicurezza adeguata dagli ostacoli e dalle persone, tenendo conto delle possibili turbolenze e delle variazioni del vento.
- Utilizzare le funzioni di assistenza al volo, come il GPS e i sistemi di stabilizzazione automatica, per aiutare a mantenere il controllo dell'UAS e compensare gli effetti del vento. Tuttavia, è importante non fare affidamento esclusivamente su queste tecnologie, ma essere pronti a intervenire manualmente se necessario.
- Avere un piano di emergenza in caso di condizioni meteorologiche impreviste, perdita di controllo dell'UAS o malfunzionamenti del sistema. Questo può includere un punto di atterraggio di emergenza sicuro e procedure per recuperare l'UAS in modo sicuro.
- Acquisire esperienza e abilità nel pilotaggio di UAS in condizioni di vento e turbolenza attraverso la formazione e la pratica in ambienti controllati. Questo aiuterà i piloti a sviluppare una migliore consapevolezza situazionale e tecniche di pilotaggio per affrontare le sfide associate al volo in aree urbane ventose.

In conclusione, il pilotaggio di un UAS in aree urbane ventose richiede una preparazione adeguata, una buona conoscenza delle condizioni meteorologiche e una solida esperienza di volo. Seguendo queste raccomandazioni, i piloti di droni possono garantire la sicurezza e il successo delle loro operazioni di volo in aree urbane con vento.



2. Venti, turbolenza, brezze, cumulonembi, windshear e microburst: comprensione del fenomeno e possibili effetti sull'UAS

In questo capitolo, esamineremo diversi fenomeni meteorologici legati al vento e alle loro implicazioni per la sicurezza e le prestazioni degli UAS. Discuteremo la turbolenza, le brezze, i cumulonembi, il windshear e i microburst, e come questi fenomeni possono influenzare il volo degli UAS. Gli UAS ad ala fissa e multicotteri rispondono in modo diverso ai venti. Gli UAS ad ala fissa, grazie alla loro maggiore velocità e inerzia, possono affrontare meglio i venti costanti, ma possono riscontrare difficoltà nel caso di venti variabili o raffiche. In condizioni di vento, un UAS ad ala fissa potrebbe dover correggere la rotta e modificare l'angolo d'attacco per mantenere la stabilità e il controllo.

I multicotteri, d'altro canto, sono più manovrabili e possono mantenere una posizione fissa, il che li rende più adatti per operazioni in venti leggeri. Tuttavia, i multicotteri possono essere più influenzati da raffiche di vento o venti variabili, poiché la loro stabilità è fortemente dipendente dalla potenza e dalla velocità dei motori. Inoltre, i multicotteri possono consumare più energia rispetto agli UAS ad ala fissa per compensare l'effetto del vento.

Venti e turbolenza

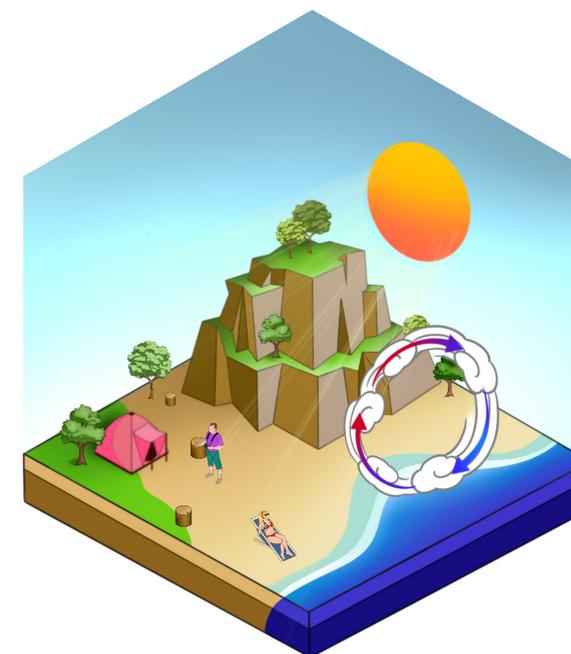
Il vento è un fattore critico nella navigazione degli UAS e può causare turbolenza, che è il movimento irregolare e caotico dell'aria. La turbolenza può derivare da varie fonti, tra cui correnti termiche, interazioni tra masse d'aria, e ostacoli come montagne e edifici. La turbolenza può causare instabilità, oscillazioni e potenzialmente perdita di controllo

dell'UAS, rendendo importante per i piloti di UAS essere consapevoli delle condizioni meteorologiche e sapere come gestire la turbolenza durante il volo. Gli UAS ad ala fissa e i multicotteri reagiscono in modo diverso alla presenza di vento e turbolenza. In generale, gli UAS ad ala fissa sono più stabili in condizioni di vento e turbolenza grazie alla loro maggiore portanza e velocità di volo. Tuttavia, possono essere più sensibili a cambiamenti improvvisi nella direzione del vento, come quelli causati dal windshear. D'altra parte, i multicotteri hanno una maggiore manovrabilità e possono mantenere una posizione fissa più facilmente, ma sono più suscettibili alle oscillazioni e all'instabilità in presenza di turbolenza.

Brezze

Le brezze sono venti locali generati dalle differenze di temperatura tra la terra e l'acqua o tra diverse superfici terrestri. La brezza di mare si verifica quando l'aria calda sulla terra sale e viene sostituita dall'aria più fresca proveniente dal mare. La brezza di terra si verifica quando l'aria fresca sulla terra si muove verso l'acqua durante la notte. Queste brezze possono creare turbolenza e venti variabili che possono influenzare la stabilità e il controllo degli UAS, specialmente quando volano vicino alla costa o in aree con variazioni significative nel terreno.

Le brezze, come quelle di mare e di terra, possono creare venti locali variabili e turbolenza. Gli UAS ad ala fissa possono essere più efficienti nel volare attraverso le brezze, grazie alla loro maggiore velocità e portanza. I multicotteri, invece, potrebbero dover affrontare maggiori difficoltà a causa della loro minore velocità e della loro maggiore sensibilità alla turbolenza. Tuttavia, la loro maggiore manovrabilità può aiutare i piloti a evitare aree con brezze particolarmente forti o turbolente.



Cumulonembi

I cumulonembi sono nuvole temporalesche che possono produrre piogge intense, grandine, fulmini e venti forti. Sono associati a correnti ascendenti e discendenti che possono creare turbolenza estrema e condizioni di volo pericolose per gli UAS. I piloti di UAS dovrebbero evitare di volare vicino o all'interno di cumulonembi a causa del rischio di danni agli UAS e della possibile perdita di controllo. I cumulonembi sono nuvole temporalesche associate a condizioni meteorologiche estreme come pioggia intensa, grandine, fulmini e venti forti. Entrambi i tipi di UAS dovrebbero evitare di volare vicino o all'interno di cumulonembi a causa del rischio di danni e perdita di controllo.

Gli UAS ad ala fissa, tuttavia, possono essere leggermente più resistenti alle correnti ascendenti e discendenti associate ai cumulonembi grazie alla loro maggiore portanza e velocità.



CUMULO

1



NEMBO

2

Windshear

Il windshear è una variazione rapida della velocità e/o direzione del vento su una distanza relativamente breve. Può verificarsi sia in orizzontale che in verticale ed è spesso associato a temporali, fronti meteorologici e correnti a getto. Il windshear può causare cambiamenti rapidi nella velocità dell'aria relativa attorno all'UAS, portando a una perdita di portanza e instabilità.

I piloti di UAS devono essere consapevoli del potenziale per il windshear e sapere come riconoscere e gestire le sue conseguenze durante il volo. Il windshear, che è una variazione rapida della velocità e/o direzione del vento, può influenzare negativamente sia gli UAS ad ala fissa che i multicotteri. Gli UAS ad ala fissa possono essere più sensibili al windshear orizzontale, mentre i multicotteri possono essere più sensibili al windshear verticale.

Gli UAS ad ala fissa, a causa della loro maggiore velocità e inerzia, possono riscontrare difficoltà nel mantenere il controllo e la stabilità quando si verifica un cambiamento improvviso nella direzione o nella velocità del vento (windshear orizzontale).

Questo può causare una perdita temporanea di portanza e aumentare il rischio di stallo se il pilota o il sistema di controllo automatico non compensa adeguatamente.

I multicotteri, essendo più manovrabili e in grado di mantenere una posizione fissa, sono generalmente più sensibili al windshear verticale. Il cambiamento rapido nella velocità del vento in direzione verticale può causare oscillazioni e instabilità nel volo del multicottero. Tuttavia, molti multicotteri sono dotati di sofisticati sistemi di controllo di volo che possono compensare automaticamente queste variazioni, aiutando l'UAS a mantenere la stabilità e il controllo.

Microburst

I microburst sono correnti d'aria discendenti intense e localizzate che si verificano all'interno di temporali o cumulonembi. Possono produrre venti molto forti e turbolenza estrema che possono causare gravi problemi agli UAS che si trovano nelle vicinanze. Quando un microburst colpisce il suolo, l'aria si diffonde in tutte le direzioni, creando una sequenza di venti divergenti e turbolenza significativa. Queste condizioni possono rendere estremamente difficile per i piloti mantenere il controllo dell'UAS e aumentare il rischio di incidenti.

Gli UAS ad ala fissa possono essere più sensibili ai microburst a causa della loro maggiore inerzia e velocità. Se un UAS ad ala fissa dovesse incontrare un microburst, potrebbe perdere rapidamente quota e portanza, aumentando il rischio di stallo o collisione con il suolo se non corretto tempestivamente.

I multicotteri, con la loro maggiore capacità di manovra, possono essere leggermente più resistenti ai microburst rispetto agli UAS ad ala fissa. Tuttavia, la loro stabilità può essere compromessa dal rapido cambiamento nelle condizioni del vento. I sofisticati sistemi di controllo di volo presenti in molti multicotteri possono aiutare a compensare i microburst, ma è comunque importante per i piloti essere consapevoli del rischio e monitorare attentamente le condizioni meteorologiche.

Vento anabatico e catabatico

I venti catabatici e anabatici sono due tipi di venti che si verificano principalmente in ambienti montani a causa delle variazioni di temperatura e di pressione causate dall'altitudine e dalla topografia.

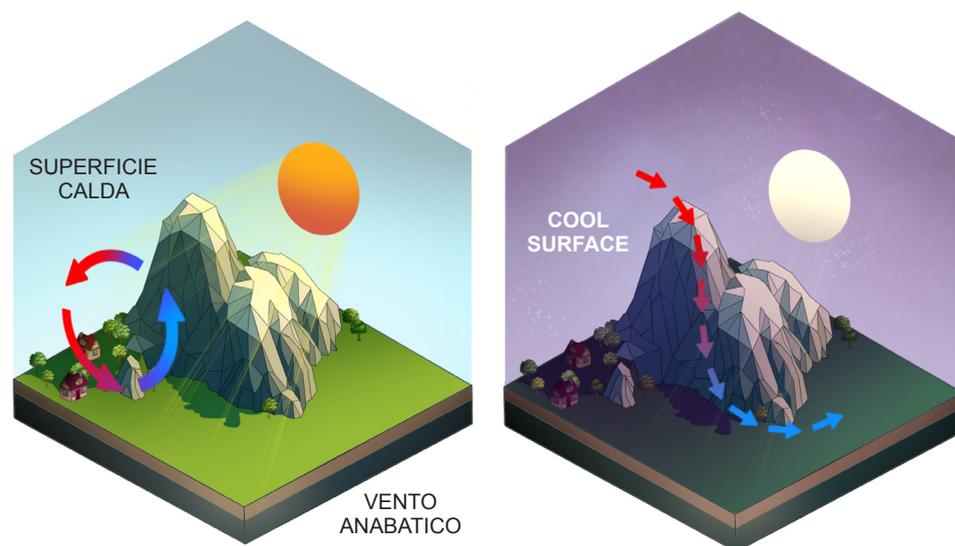
Vento Catabatico: questo tipo di vento è un flusso d'aria fredda che scende lungo i pendii di una montagna. Di notte, l'aria vicino alla superficie del suolo si raffredda rapidamente, diventando più densa e pesante rispetto all'aria circostante. A causa della sua maggiore densità, quest'aria fredda inizia a scendere lungo il pendio della montagna, creando un vento catabatico.



Questo fenomeno è particolarmente comune in regioni con grandi variazioni di altitudine, come le catene montuose. Un esempio famoso di vento catabatico è il Santa Ana in California.

Vento Anabatico: al contrario, il vento anabatico è un flusso d'aria calda che sale lungo i pendii di una montagna. Durante il giorno, il sole riscalda il terreno, che a sua volta riscalda l'aria vicina. L'aria calda, essendo meno densa, tende a salire lungo i pendii delle montagne. Questo tipo di vento è comune nelle giornate soleggiate in regioni montuose e contribuisce alla formazione di nuvole di convezione quando l'aria umida sale e si raffredda a quote più elevate.

Entrambi questi venti sono importanti non solo per il clima e il tempo locale, ma anche per varie attività come il volo a vela, il parapendio e altre attività aeree, poiché influenzano significativamente le condizioni di volo.



Strategie per gestire gli effetti dei fenomeni meteorologici sugli UAS

Per ridurre i rischi associati ai venti, alla turbolenza, alle brezze, ai cumulonembi, al windshear e ai microburst, i piloti di UAS dovrebbero adottare le seguenti strategie.

Monitoraggio delle condizioni meteorologiche: prima di ogni volo, i piloti dovrebbero controllare le previsioni meteorologiche e le condizioni locali, prestando particolare attenzione ai fenomeni meteorologici associati al vento e alla turbolenza. Durante il volo, i piloti dovrebbero rimanere consapevoli delle condizioni meteorologiche e aggiornare le loro strategie di volo di conseguenza.

Pianificazione del volo: i piloti dovrebbero pianificare le loro missioni tenendo conto delle condizioni meteorologiche previste, selezionando rotte e altitudini che minimizzano il rischio di turbolenza e venti forti. Inoltre, dovrebbero avere un piano di emergenza in caso di cambiamenti inaspettati delle condizioni meteorologiche.

Utilizzo di tecnologie appropriate: gli UAS moderni sono dotati di sistemi di stabilizzazione e controllo avanzati che possono aiutare a compensare gli effetti del vento e della turbolenza. Inoltre, alcuni UAS sono equipaggiati con sensori meteorologici che forniscono dati in tempo reale sulle condizioni atmosferiche, consentendo ai piloti di prendere decisioni informate durante il volo.

Addestramento e pratica: i piloti di UAS dovrebbero ricevere una formazione adeguata sulla gestione dei fenomeni meteorologici e sulle loro implicazioni per il volo degli UAS. Inoltre, dovrebbero praticare regolarmente il volo in condizioni di vento e turbolenza per sviluppare le competenze e la fiducia necessarie per gestire queste situazioni.

I piloti di UAS devono essere consapevoli dei vari fenomeni meteorologici legati al vento e delle loro implicazioni per la sicurezza e le prestazioni degli UAS. Comprendere e gestire correttamente questi fenomeni è fondamentale per garantire il successo delle missioni e ridurre il rischio di incidenti durante il volo.

3. Effetto delle condizioni meteorologiche sul UA

La temperatura

La temperatura gioca un ruolo cruciale nella performance degli UAS, sia ad ala fissa che multicotteri. Le variazioni di temperatura possono influenzare la portanza, la potenza del motore e la durata della batteria, tra gli altri fattori. In questo capitolo, esamineremo gli effetti della temperatura sugli UAS ad ala fissa e multicotteri, e come questi effetti possono differire tra le due tipologie di droni.

Portanza e densità dell'aria

La portanza generata dalle ali di un UAS ad ala fissa o dalle eliche di un multicottero dipende dalla densità dell'aria. Poiché la densità dell'aria diminuisce con l'aumentare della temperatura, la portanza diminuisce di conseguenza. Gli UAS ad ala fissa possono risentirne maggiormente, dato che la loro stabilità e velocità dipendono direttamente dalla portanza generata dalle ali. I multicotteri, sebbene anch'essi influenzati dalla densità dell'aria, possono compensare più facilmente grazie alla loro capacità di regolare la velocità delle eliche.

Batteria e prestazioni del motore

Le prestazioni della batteria e del motore degli UAS possono variare significativamente a seconda della temperatura. Le batterie al litio, comunemente utilizzate negli UAS, tendono a perdere capacità a basse temperature e a surriscaldarsi a temperature elevate. Gli UAS ad ala fissa, che in genere hanno una maggiore autonomia, possono essere più sensibili alle variazioni delle prestazioni della batteria rispetto ai multicotteri. I motori degli UAS, sia ad ala fissa che multicotteri, possono essere influenzati dalla temperatura ambiente. A basse temperature, la viscosità dell'olio del motore può aumentare, rendendo più difficile il funzionamento del motore e riducendo l'efficienza. A temperature elevate, il surriscaldamento del motore può causare perdite di potenza e potenziali danni.



Fenomeni associati alla temperatura e loro effetti sugli UAS ad ala fissa e multicotteri

Analizzeremo adesso alcuni fenomeni associati alla temperatura e come possono influenzare gli UAS ad ala fissa e multicotteri.

Ghiaccio

La formazione di ghiaccio sugli UAS può avere gravi conseguenze sulla stabilità, la portanza e il controllo dell'aeromobile. Gli UAS ad ala fissa sono più suscettibili alla formazione di ghiaccio sulle ali, che può compromettere la portanza e aumentare il rischio di stallo. I multicotteri, sebbene meno suscettibili alla formazione di ghiaccio sulle eliche, possono comunque riscontrare problemi con la formazione di ghiaccio sui sensori e sui componenti elettronici.

Temperatura di rugiada e nebbia

La temperatura di rugiada è la temperatura alla quale l'aria diventa satura di vapore acqueo e la condensa in forma di goccioline d'acqua. Quando la temperatura dell'aria scende al punto di rugiada o al di sotto, si verifica la formazione di nebbia o brina, che può ridurre significativamente la visibilità. La riduzione della visibilità può influire negativamente sulla capacità del pilota di UAS di navigare e mantenere la consapevolezza situazionale. Gli UAS ad ala fissa e multicotteri possono essere entrambi influenzati dalla ridotta visibilità causata dalla nebbia. Tuttavia, i multicotteri possono essere leggermente più adatti a gestire queste condizioni grazie alla loro maggiore manovrabilità e capacità di volo stazionario. In entrambi i casi, è fondamentale che i piloti di UAS monitorino attentamente le condizioni meteorologiche e considerino l'uso di strumenti di volo assistito o sensori aggiuntivi, come fotocamere termiche o LiDAR, per migliorare la consapevolezza situazionale.



Correnti convettive

Le correnti convettive sono movimenti verticali dell'aria causati dal riscaldamento differenziale del suolo e dall'energia solare. Queste correnti possono creare termiche (correnti d'aria ascendenti) e correnti discendenti, che possono influenzare la stabilità e il controllo degli UAS.

Gli UAS ad ala fissa possono sfruttare le termiche per guadagnare quota e risparmiare energia, ma possono anche riscontrare difficoltà nel mantenere un volo stabile in presenza di correnti convettive irregolari. I multicotteri, con la loro maggiore capacità di ma-

novra, possono essere in grado di compensare meglio le correnti convettive e mantenere il controllo, ma potrebbero consumare più energia nel farlo.

In sintesi, gli effetti della temperatura e dei fenomeni associati, come il ghiaccio, la temperatura di rugiada e le correnti convettive, possono influenzare in modo diverso gli UAS ad ala fissa e multicotteri. È essenziale che i piloti di UAS comprendano come queste condizioni possono influenzare la performance e la sicurezza del loro UAS e prendano le precauzioni appropriate per garantire voli sicuri e controllati in tutte le condizioni meteorologiche.

La densità dell'aria

La densità dell'aria è una misura della massa dell'aria per unità di volume. Varia in base alla temperatura, pressione e umidità. La densità dell'aria ha un impatto significativo sulla performance di un UAS, sia ad ala fissa che multirottore, poiché influisce sulla portanza, resistenza, potenza del motore e sull'efficienza del sistema di propulsione. La densità dell'aria influisce sulle performance degli UAS, sia ad ala fissa che multirottore, in modi diversi: quando la densità dell'aria diminuisce a causa dell'aumento dell'altitudine o delle temperature più elevate, un UAS ad ala fissa potrebbe sperimentare una riduzione della portanza generata dalle ali, richiedendo una maggiore velocità per mantenere la stessa portanza e stabilità. Questo può influire sul controllo dell'UAS, sulla manovrabilità e sull'autonomia di volo.

D'altro canto, un UAS multirottore potrebbe subire un impatto più significativo sulla sua efficienza energetica a causa della ridotta densità dell'aria. I rotori devono girare più velocemente per generare la stessa spinta in aria meno densa, il che può portare a un maggiore consumo energetico e a una riduzione dell'autonomia di volo. Inoltre, la stabilità e la manovrabilità del multirottore potrebbero essere influenzate dalla diminuzione della densità dell'aria, poiché il controllo dell'UAS potrebbe diventare meno preciso.

Effetti sulla portanza e resistenza

Gli UAS ad ala fissa dipendono dalla portanza generata dalle loro ali per rimanere in volo. A densità d'aria più elevate, le molecole d'aria sono più vicine tra loro, il che permette alle ali di generare più portanza. In condizioni di bassa densità dell'aria, le molecole d'aria sono più distanti, riducendo la portanza generata. Questo può influire sulla capacità di un UAS ad ala fissa di mantenere una quota stabile e potrebbe richiedere una velocità maggiore per generare la portanza necessaria. I multirotori, d'altra parte, dipendono dai loro rotori per generare portanza. Una densità d'aria più elevata permette ai rotori di spostare più aria e generare più portanza. In condizioni di bassa densità dell'aria, i rotori devono girare più velocemente per produrre la portanza necessaria, il che può influire sull'efficienza energetica e sulla durata del volo.



Effetti della densità dell'aria legata alla quota e al livello del mare

La densità dell'aria diminuisce con l'aumento della quota. A quote più elevate, la pressione atmosferica è più bassa, il che riduce la densità dell'aria. Questo implica che sia gli UAS ad ala fissa che i multirotori dovranno compensare la riduzione della densità dell'aria con un aumento della velocità o delle RPM del rotore per mantenere una portanza adeguata. A livello del mare, dove la densità dell'aria è generalmente maggiore, gli UAS possono sperimentare una migliore performance e un maggiore controllo del volo.

Saturazione dell'aria e sue implicazioni per gli UAS

L'aria si definisce satura quando raggiunge il massimo contenuto di vapore acqueo che può trattenere a una determinata temperatura. La saturazione dell'aria può influenzare gli UAS in diversi modi, in particolare attraverso la formazione di nebbia, brina o condensa sulle superfici dell'UAS.

Effetti sulla visibilità e sensori

La nebbia, che si forma quando l'aria raggiunge la saturazione, può ridurre significativamente la visibilità e influenzare negativamente la capacità del pilota di navigare e mantenere la consapevolezza situazionale. Sia gli UAS ad ala fissa che i multirotori possono essere influenzati dalla ridotta visibilità causata dalla nebbia, e in entrambi i casi, è importante monitorare le condizioni meteorologiche e considerare l'uso di strumentazione di navigazione assistita o di sensori aggiuntivi per mantenere la sicurezza del volo in condizioni di scarsa visibilità.

Effetti sulla condensa e formazione di ghiaccio

La saturazione dell'aria può anche portare alla formazione di condensa o ghiaccio sulle superfici dell'UAS. La condensa può formarsi quando l'aria umida e calda entra in contatto con le superfici fredde dell'UAS. La formazione di ghiaccio può verificarsi quando le temperature scendono al di sotto del punto di congelamento e l'umidità presente nell'aria si congela sulle superfici dell'UAS.

Gli UAS ad ala fissa possono essere particolarmente sensibili alla formazione di ghiaccio sulle ali, che può ridurre la portanza e compromettere la stabilità del volo. I multirotori, invece, possono sperimentare un aumento della resistenza e una riduzione dell'efficienza energetica se il ghiaccio si forma sui rotori o sul telaio.

Per entrambi i tipi di UAS, è importante monitorare attentamente le condizioni meteorologiche e prestare attenzione alle temperature e all'umidità che potrebbero portare alla formazione di condensa o ghiaccio. È inoltre consigliabile considerare l'uso di sistemi anti-ghiaccio o di coperture protettive per prevenire la formazione di ghiaccio sulle superfici critiche dell'UAS.

In sintesi, la densità dell'aria e la saturazione dell'aria hanno un impatto significativo sulla performance e la sicurezza degli UAS, sia ad ala fissa che multirottore. È essenziale che i piloti di UAS comprendano queste variabili meteorologiche e le loro implicazioni per il volo, al fine di garantire operazioni sicure e efficienti in diverse condizioni atmosferiche.

Effetti della nebbia, foschia e pioggia sulla visibilità e sugli UAS

La visibilità è un fattore cruciale per il volo degli UAS, sia ad ala fissa che multirottore. Nebbia, foschia e pioggia possono ridurre notevolmente la visibilità, aumentando i rischi operativi e potenzialmente influenzando la trasmissione dati.

Nebbia e foschia: La nebbia è caratterizzata da goccioline d'acqua sospese nell'aria che riducono la visibilità a meno di un chilometro. La foschia, invece, presenta una riduzione della visibilità tra 1 e 2 chilometri. Entrambi i fenomeni possono influenzare negativamente la capacità del pilota di vedere e controllare l'UAS. Un UAS ad ala fissa potrebbe essere meno manovrabile in queste condizioni rispetto a un multirottore, che ha una maggiore capacità di arresto e cambi di direzione. Tuttavia, entrambi i tipi di UAS possono risentire di problemi di trasmissione dati a causa dell'umidità nell'aria.

Pioggia: La pioggia può causare problemi simili alla nebbia e alla foschia in termini di visibilità, ma aggiunge anche il rischio di infiltrazioni d'acqua nei componenti elettronici dell'UAS. Un UAS ad ala fissa potrebbe avere una maggiore capacità di volare attraverso la pioggia grazie alla sua maggiore velocità e alla forma aerodinamica, mentre un multirottore potrebbe essere più esposto agli effetti della pioggia. Entrambi i tipi di UAS possono subire interferenze nella trasmissione dati a causa dell'acqua che assorbe le onde radio.

Effetti della cenere vulcanica sugli UAS e sulla loro condotta

La cenere vulcanica rappresenta un pericolo unico per gli UAS, influenzando la visibilità e causando potenziali danni ai componenti dell'UAS. La cenere può accumularsi rapidamente su sensori ottici, fotocamere e finestre di trasmissione dati, riducendo la capacità del pilota di vedere e controllare l'UAS.

Un UAS ad ala fissa potrebbe essere più vulnerabile alla cenere vulcanica a causa della sua maggiore velocità e della minore capacità di evitare rapidamente le aree con cenere. Tuttavia, la forma aerodinamica dell'UAS ad ala fissa può aiutare a ridurre l'accumulo di cenere sui componenti esterni. Un multirottore, sebbene più manovrabile, potrebbe essere più esposto all'accumulo di cenere sui rotori e nei motori, il che potrebbe compromettere la sua efficienza e stabilità.

La cenere vulcanica può anche interferire con la trasmissione dati degli UAS, poiché le particelle di cenere possono assorbire e disperdere le onde radio. Questo problema può interessare sia gli UAS ad ala fissa che i multirotori e richiede una pianificazione accurata.

4. Ottenere informazioni meteorologiche

Concetti generali (la copertura nuvolosa, il ceiling, il termine CAVOK) e reperibilità delle informazioni meteo aeronautiche

Per i piloti di UAS, è fondamentale avere accesso a informazioni meteorologiche accurate e tempestive. La prima fonte di informazione è data dall'osservazione dei fenomeni atmosferici che si verificano attorno all'area delle operazioni; tuttavia, potrebbe essere necessario affidarsi per la pianificazione delle missioni a fonti più affidabili di dati meteorologici che includono i servizi meteorologici nazionali, siti web specializzati e applicazioni mobili dedicate. Alcuni esempi di servizi meteorologici utili sono il bollettino meteorologico rilasciato dall'Aeronautica Militare, oppure i TAF e i METAR rilasciati dai punti di osservazione nei pressi degli aeroporti, o ancora siti specializzati in questo tipo di rilevamenti quali meteo.it oppure enti stranieri quali il National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) negli Stati Uniti o ad esempio il Met Office nel Regno Unito ad esempio per avere gli aggiornamenti sull'attività solare, oltre ovviamente i sistemi di monitoraggio e avvistamento della nazione dove il pilota andrà ad operare.

I piloti di UAS possono anche utilizzare applicazioni come UAV Forecast o Windy che fornisce previsioni meteorologiche specifiche per l'uso di droni. È importante consultare queste fonti prima di ogni volo per essere informati sulle condizioni meteorologiche locali e per pianificare il volo in modo appropriato.

Copertura nuvolosa

La copertura nuvolosa si riferisce alla quantità di cielo coperto dalle nuvole in una determinata area. È espressa in ottavi, con “0/8” che indica un cielo completamente sereno e “8/8” che indica un cielo completamente coperto. Per i piloti di UAS, è importante monitorare la copertura nuvolosa poiché essa può influenzare la visibilità, la luminosità e la temperatura durante il volo. Inoltre, le nuvole possono influenzare la qualità delle immagini e dei video catturati dall'UAS, specialmente per le missioni di fotogrammetria e ispezione. La pianificazione del volo deve essere fatta tenendo in considerazione la copertura nuvolosa prevista e regolare l'altitudine di volo, l'angolazione della fotocamera e le impostazioni di esposizione in base alle condizioni atmosferiche.

Ceiling

Il ceiling è un termine meteorologico che indica l'altitudine della base delle nuvole più basse che coprono più della metà del cielo. È un parametro importante per i piloti di UAS, poiché determina l'altitudine massima a cui possono volare senza entrare nelle nuvole. Volare all'interno delle nuvole può causare problemi di visibilità e controllo dell'UAS e può essere illegale in molte giurisdizioni. Prima di ogni volo, i piloti di UAS devono verificare il ceiling previsto per garantire che possano mantenere un'adeguata separazione dalle nuvole durante le loro operazioni.

Suddivisione della visibilità e significato di CAVOK

La visibilità è un parametro meteorologico che indica la distanza massima alla quale un oggetto può essere visto chiaramente. Viene suddivisa in diverse categorie, come ad esempio:

- Visibilità eccellente: superiore a 10 km.
- Buona visibilità: da 6 a 10 km.
- Visibilità moderata: da 4 a 6 km.
- Visibilità ridotta: da 2 a 4 km.
- Visibilità scarsa: da 1 a 2 km.
- Visibilità molto scarsa: inferiore a 1 km.

CAVOK è un termine meteorologico che sta per “Ceiling And Visibility OK” (Soffitto e visibilità OK). Viene utilizzato nei rapporti meteorologici per indicare che le condizioni atmosferiche sono favorevoli per il volo. Più specificamente, **CAVOK** indica che: La visibilità è di almeno 10 chilometri (6,2 miglia) o più. Non ci sono nuvole sotto 1.500 metri (5.000 piedi) o sotto l'altitudine del soffitto minima prevista, a seconda di quale sia maggiore. Non ci sono fenomeni meteorologici significativi come pioggia, neve, temporali o nebbia. Per i piloti di UAS, la presenza di condizioni CAVOK è un indicatore che il volo può essere condotto in sicurezza, senza preoccuparsi di problemi legati alla visibilità o alla copertura nuvolosa. Tuttavia, è importante notare che CAVOK non garantisce l'assenza di altri problemi meteorologici, come ad esempio il vento o le turbolenze. I piloti di UAS devono sempre verificare le previsioni meteorologiche complete e seguire le normative locali per garantire un volo sicuro e conforme.

Validità, decodifica e interpretazione dei bollettini meteorologici aeronautici (METAR, TAF, SIGMET, AIRMET)

Il METAR (METeorological Aerodrome Report) e il TAF (Terminal Aerodrome Forecast) sono due tipi di bollettini meteorologici aeronautici utilizzati a livello internazionale, inclusi Italia e Unione Europea. Il METAR fornisce informazioni sulle condizioni meteorologiche attuali presso un aeroporto specifico, mentre il TAF fornisce previsioni meteorologiche per un periodo futuro, generalmente di 24 ore, per lo stesso aeroporto. La decodifica di un METAR e di un TAF segue una struttura simile e standardizzata, con un'abbreviazione di gruppi di lettere e numeri che rappresentano informazioni specifiche. Ad esempio:

- Identificativo dell'aeroporto (4 lettere).
- Ora e data del bollettino (6 cifre).
- Direzione e velocità del vento (5 cifre).
- Visibilità orizzontale (4 cifre).
- Copertura nuvolosa e altezza delle nubi (fino a 4 gruppi di lettere e numeri).
- Temperatura e punto di rugiada (4 cifre).
- Pressione atmosferica (6 cifre).

SIGMET e AIRMET

I bollettini SIGMET (SIGNificant METeorological Information) e AIRMET (AIRman's METeorological Information) forniscono informazioni su fenomeni meteorologici significativi che possono influenzare la sicurezza del volo. Mentre i SIGMET sono destinati principalmente a voli commerciali e ad alta quota, gli AIRMET riguardano voli a quote inferiori e sono pertanto rilevanti per i piloti di UAS.

I bollettini SIGMET e AIRMET includono informazioni su fenomeni come:

- Turbolenza.
- Ghiaccio.
- Tempeste di sabbia o polvere.
- Cenere vulcanica.
- Temporali.
- Neve e nevischio.

Questi bollettini sono emessi dalle autorità meteorologiche nazionali e sono generalmente validi per un periodo di tempo prestabilito.

Decodifica e interpretazione dei bollettini meteorologici

La decodifica di un bollettino METAR (METeorological Aerodrome Report) e TAF (Terminal Aerodrome Forecast) richiede la conoscenza delle abbreviazioni e delle sigle utilizzate in questi bollettini. Di seguito sono elencate le principali abbreviazioni e sigle utilizzate nei bollettini METAR e TAF.

Identificativo dell'aeroporto (4 lettere): l'identificativo ICAO dell'aeroporto per il quale viene emesso il bollettino. Ad esempio, LIRF per l'aeroporto di Roma Fiumicino.

Ora e data del bollettino (6 cifre): indica l'ora e la data in cui il bollettino è stato emesso (UTC). Ad esempio, 121730Z indica il bollettino emesso alle 17:30 del 12 del mese.

Direzione e velocità del vento (5 cifre): la direzione del vento è indicata dalle prime tre cifre (in gradi) e la velocità del vento dalle ultime due cifre (in nodi). Ad esempio, 27015KT indica un vento da 270 gradi con una velocità di 15 nodi.

Visibilità orizzontale (4 cifre): indica la visibilità orizzontale in metri. Ad esempio, 6000 indica una visibilità di 6.000 metri.

Copertura nuvolosa e altezza delle nubi: indica il tipo e l'altezza delle nubi. Le sigle principali sono: FEW (few - poche nubi), SCT (scattered - nubi sparse), BKN (broken - nubi molto fitte), OVC (overcast - cielo coperto). Seguito da un numero a tre cifre che indica l'altezza delle nubi in centinaia di piedi. Ad esempio, BKN020 indica nubi fitte a 2.000 piedi.

Temperatura e punto di rugiada (4 cifre): la temperatura e il punto di rugiada sono indicati da due numeri separati da una barra (/). Ad esempio, 18/12 indica una temperatura di 18 gradi Celsius e un punto di rugiada di 12 gradi Celsius.

Pressione atmosferica (6 cifre): indica la pressione atmosferica in ettropascal (hPa) o millibar (mbar). Ad esempio, Q1013 indica una pressione di 1013 hPa.

Altre abbreviazioni e sigle utilizzate nei METAR/TAF:

- TEMPO: Cambiamenti temporanei nelle condizioni meteorologiche.
- BECMG: Cambiamenti graduati nelle condizioni meteorologiche.
- PROB: Probabilità di un evento meteorologico (seguito da un numero, ad esempio, PROB30 indica il 30% di probabilità).
- FM: From, indica l'inizio di un periodo di tempo in cui si verificheranno le condizioni meteorologiche specificate.
- TL: Until, indica la fine di un periodo di tempo in cui si verificheranno le condizioni meteorologiche specificate.
- AT: At, indica un'ora precisa in cui si verificheranno le condizioni meteorologiche specificate.

Abbreviazioni relative alle precipitazioni e fenomeni meteorologici:

- RA: Pioggia (Rain).
- DZ: Pioviggine (Drizzle).
- SN: Neve (Snow).
- SH: Rovesci (Showers).
- TS: Temporale (Thunderstorm).
- GR: Grandine (Hail).
- GS: Grandinata (Small Hail or Snow Pellets).
- FG: Nebbia (Fog).
- BR: Foschia (Mist).
- HZ: Caligine (Haze).
- SQ: Raffica di vento (Squall).
- SS: Tempesta di sabbia (Sandstorm).
- DS: Tempesta di polvere (Duststorm).

Abbreviazioni relative alla visibilità verticale:

- VV: Visibilità verticale (Vertical Visibility), seguita da un numero a tre cifre che indica la visibilità verticale in centinaia di piedi.

Per decodificare un bollettino METAR/TAF, è importante leggere ogni parte del bollettino e interpretare le informazioni in base alle abbreviazioni e sigle.

La conoscenza delle principali sigle e abbreviazioni permette di comprendere le condizioni meteorologiche attuali o previste e di prendere decisioni informate riguardo al volo degli UAS, sia ad ala fissa che multimotori: il pilota di UAS deve tenere a mente che il bollettino METAR/TAF hanno validità per un'area geografica circoscritta all'aeroporto, pertanto le informazioni potrebbero non essere esaustive o corrette se applicate ad esempio ad un'attività che dista 50km da un aeroporto.

Nowcasting e l'Influenza dell'Attività Solare sul Pilotaggio degli UAS

Il nowcasting è una tecnica di previsione meteorologica a breve termine che fornisce informazioni sulle condizioni meteorologiche attuali e sulle previsioni per le prossime ore, solitamente entro un periodo di tempo di 0-6 ore. Il nowcasting è particolarmente utile per i piloti di UAS per pianificare voli sicuri e per comprendere i rischi meteorologici associati alle operazioni imminenti.

In Italia, il nowcasting è emesso dall'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) e dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare. In Europa, il nowcasting è fornito da organizzazioni come il Met Office nel Regno Unito, Météo-France in Francia e Deutscher Wetterdienst in Germania.

L'attività solare, come le eruzioni solari e le tempeste geomagnetiche, può influenzare il pilotaggio degli UAS e le comunicazioni tra l'UAS e il radiocomando. Le interferenze causate dall'attività solare possono manifestarsi come degrado del segnale GPS, perdita temporanea del controllo dell'UAS o, nei casi più gravi, malfunzionamenti dei sistemi elettronici a bordo.

Per monitorare l'attività solare e le sue potenziali implicazioni sul pilotaggio degli UAS, i piloti possono consultare il Centro europeo per le previsioni meteorologiche spaziali (SWPC) o l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in Italia. Queste organizzazioni forniscono bollettini e avvisi sull'attività solare e il suo potenziale impatto sulla Terra.

Le informazioni sull'attività solare vengono solitamente presentate come indici, come l'indice Kp, che misura le perturbazioni del campo geomagnetico terrestre. Un valore Kp elevato indica un'attività solare intensa e un maggiore rischio di interferenze con i sistemi elettronici e di comunicazione degli UAS.

Carte Meteorologiche e la loro Lettura per il Pilotaggio degli UAS

Le carte meteorologiche sono uno strumento essenziale per i piloti di UAS, poiché forniscono una panoramica delle condizioni meteorologiche e aiutano a pianificare voli sicuri. In Italia e in Europa, le carte meteorologiche sono emesse da agenzie meteorologiche nazionali e internazionali e possono essere consultate tramite le loro piattaforme online o applicazioni mobili.

Le carte meteorologiche più comuni utilizzate dai piloti di UAS.

Carte sinottiche: forniscono una visione d'insieme delle condizioni meteorologiche su larga scala, come la pressione atmosferica, le masse d'aria e i fronti meteorologici. Le linee isobariche, che collegano punti di uguale pressione, aiutano a identificare le aree di alta e bassa pressione, mentre i simboli dei fronti (linee con triangoli o semicerchi) indicano la posizione e il tipo di fronte meteorologico (freddo, caldo, stazionario).

Carte di precipitazioni e nuvolosità: mostrano la distribuzione delle precipitazioni e la copertura nuvolosa su un'area geografica. Le precipitazioni possono essere rappresentate con diverse sfumature di colore, mentre la copertura nuvolosa può essere indicata con simboli specifici o percentuali.

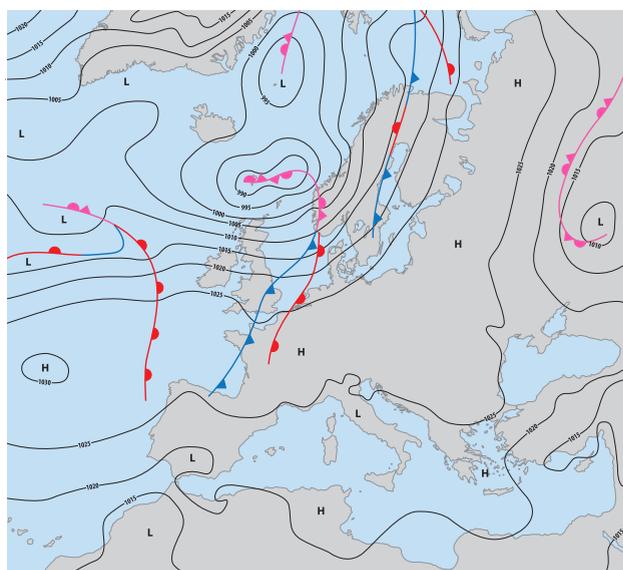
Carte del vento e delle correnti in quota: illustrano la direzione e l'intensità del vento a varie quote. Le frecce indicano la direzione del vento, mentre la lunghezza delle frecce o il numero di barbette rappresenta la velocità del vento.

Carte di temperatura e umidità: forniscono informazioni sulla distribuzione delle temperature e dell'umidità relativa in un'area geografica. Le linee isoterme connettono punti di uguale temperatura, mentre le linee di umidità relativa separano le aree con diversi livelli di umidità.

Per interpretare correttamente le carte meteorologiche, i piloti di UAS devono familiarizzare con i simboli e le abbreviazioni utilizzate. Ad esempio, i simboli di precipitazione possono includere gocce di pioggia per la pioggia, fiocchi di neve per la neve, e linee oblique per la grandine. Per quanto riguarda le carte del vento, il vento calmo può essere rappresentato da un cerchio, mentre un triangolo con la punta verso il basso può indicare un vento forte.

Le carte meteorologiche possono essere ottenute attraverso le agenzie meteorologiche nazionali, come il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare in Italia, il Met Office nel Regno Unito, Météo-France in Francia, e Deutscher Wetterdienst in Germania. Inoltre, le carte meteorologiche europee possono essere consultate attraverso il servizio meteorologico paneuropeo Meteoalarm. Per garantire la sicurezza del volo e la pianificazione efficace delle operazioni di UAS, i piloti devono acquisire una solida conoscenza delle carte meteorologiche e della loro interpretazione. È fondamentale comprendere i simboli, le abbreviazioni e le variazioni regionali nell'utilizzo delle carte per poter valutare correttamente le condizioni meteorologiche e prendere decisioni informate riguardo alla pianificazione del volo. La formazione e l'esperienza sono essenziali per migliorare la capacità di leggere e interpretare le carte meteorologiche.

I piloti di UAS dovrebbero consultare regolarmente le carte e confrontarle con le condizioni meteorologiche effettive per sviluppare una maggiore comprensione di come le varie informazioni sulle carte si traducono in condizioni reali. Inoltre, è importante considerare le condizioni meteorologiche locali e specifiche del sito di volo, in quanto le carte meteorologiche possono rappresentare una panoramica generale delle condizioni su un'area più ampia.



Per avere un quadro più dettagliato delle condizioni meteorologiche locali, i piloti di UAS possono utilizzare dati aggiuntivi come METAR, TAF, e bollettini di nowcasting. Infine, i piloti di UAS devono essere consapevoli dei limiti operativi dei loro sistemi in termini di condizioni meteorologiche e adeguare le loro pianificazioni e procedure di volo di conseguenza. Ad esempio, alcuni UAS possono essere più sensibili al vento, alla pioggia o alla nebbia, e potrebbero richiedere precauzioni aggiuntive o limitazioni di volo in determinate condizioni. La conoscenza approfondita delle carte meteorologiche e della loro interpretazione è cruciale per garantire la sicurezza e l'efficienza delle operazioni di UAS. I piloti devono dedicare tempo e impegno per migliorare le loro competenze in questo ambito e integrare le informazioni meteorologiche nel processo decisionale del volo.

Cicloni e anticicloni

I cicloni e gli anticicloni sono due tipi di sistemi meteorologici che influenzano il tempo atmosferico. I cicloni sono caratterizzati da bassa pressione atmosferica e circolazione del vento in senso orario nell'emisfero meridionale e in senso antiorario nell'emisfero settentrionale. Essi sono associati a tempo instabile, nuvole, precipitazioni e venti forti.

Gli anticicloni, al contrario, sono caratterizzati da alta pressione atmosferica e circolazione del vento in senso antiorario nell'emisfero meridionale e in senso orario nell'emisfero settentrionale. Gli anticicloni portano generalmente tempo stabile, cielo sereno e venti deboli. Le isobare sono raffigurate solitamente molto distanti tra loro. In presenza di cicloni, il rischio di turbolenza, venti forti e precipitazioni aumenta, rendendo più difficile mantenere il controllo dell'UAS. Gli anticicloni, invece, offrono condizioni più favorevoli per il volo, con venti più deboli e tempo stabile. Le cartine meteorologiche rappresentano cicloni e anticicloni mediante simboli specifici. I cicloni sono indicati con un simbolo a forma di "L" (low pressure, bassa pressione), mentre gli anticicloni sono rappresentati da un simbolo a forma di "H" (high pressure, alta pressione).

5. Promontori, sacche e creste atmosferiche

Promontori Atmosferici

Un promontorio atmosferico, spesso chiamato "alta pressione", è una regione dove la pressione atmosferica al livello del mare è più alta rispetto alle aree circostanti. Queste aree di alta pressione sono cruciali per comprendere i modelli meteorologici. I promontori sono generalmente associati a tempo stabile e cieli sereni, poiché l'aria che discende nel promontorio impedisce la formazione di nuvole. Tuttavia, in alcune circostanze, possono anche portare a condizioni di foschia o nebbia, specialmente nelle ore mattutine o in presenza di inquinamento atmosferico.

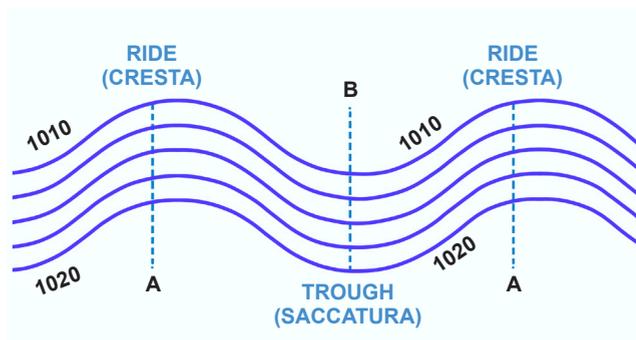
Saccature Atmosferiche

Le saccature, d'altra parte, sono l'opposto dei promontori. Una saccatura è una regione di bassa pressione atmosferica, che si estende verticalmente attraverso la troposfera. Le saccature sono spesso collegate a tempo instabile e possono portare a una varietà di condizioni meteorologiche, come nuvolosità, precipitazioni, temporali e, in inverno, nevicate.

Si formano quando masse di aria fredda si spostano verso latitudini più basse, creando una sorta di “intaccatura” nel flusso di aria a grandi altitudini. Le saccature sono indicatori chiave di cambiamenti meteorologici e sono attentamente monitorate dai meteorologi.

Creste Atmosferiche

Infine, abbiamo le creste, che sono caratteristiche importanti nei modelli atmosferici. Una cresta è un’allungamento di un’area di alta pressione. È spesso rappresentata in una mappa meteorologica come una linea ondulata che si estende da un’area di alta pressione. Le creste sono associate a tempo generalmente stabile e bello. In un modello di flusso atmosferico, le creste spesso alternano con le saccature, contribuendo a formare un modello ondulato di alti e bassi che determina le condizioni meteorologiche a livello regionale e talvolta globale.



6. Il gradiente di pressione e le isobare e loro rappresentazione sulle cartine meteorologiche

Le isobare sono linee tracciate sulle cartine meteorologiche per connettere punti di uguale pressione atmosferica. Esse aiutano a identificare cicloni, anticicloni e fronti e a comprendere come questi fenomeni influenzano le condizioni meteorologiche e il vento.

Quando le isobare sono ravvicinate, indicano un gradiente di pressione più ripido e venti più forti. Questo può comportare turbolenza e difficoltà nel mantenere il controllo dell’UAS. Quando le isobare sono più distanziate, indicano un gradiente di pressione più dolce e venti più deboli, che generalmente comportano condizioni di volo più favorevoli.

Un gradiente di pressione è una variazione della pressione atmosferica su una determinata distanza. È un concetto fondamentale in meteorologia ed è responsabile del movimento dell’aria (vento) nell’atmosfera terrestre. Il vento si sposta sempre dalle aree di alta pressione verso quelle di bassa pressione, cercando di equilibrare le differenze di pressione. Il gradiente di pressione può essere descritto come la forza che spinge l’aria a muoversi orizzontalmente da una zona di alta pressione a una di bassa pressione. Un gradiente di pressione ripido indica una variazione rapida della pressione atmosferica su una distanza relativamente breve, mentre un gradiente più dolce indica una variazione più graduale della pressione su una distanza più ampia. I gradienti di pressione influenzano direttamente la velocità e la direzione del vento. Quando il gradiente di pressione è ripido, i venti sono generalmente più forti e possono causare turbolenza e condizioni meteorologiche più severe. Al contrario, un gradiente di pressione più dolce è associato a venti più deboli e a condizioni meteorologiche più stabili.

Parte III

UAS Flight Performance

1. Caratteristiche generali di un UAS e performance associate

Le caratteristiche generali di un UAS, o aeromobile senza equipaggio, sono aspetti fondamentali per comprendere le potenzialità e le limitazioni di questi dispositivi nel campo dell'aviazione civile e commerciale. Queste caratteristiche, insieme alle performance associate, determinano le applicazioni, le operazioni possibili e la sicurezza durante il volo di un UAS.

In questo capitolo, ci concentreremo sull'analisi delle caratteristiche generali di un UAS e delle performance ad esso associate, fornendo una panoramica delle funzioni, delle prestazioni e dei requisiti necessari per garantire un funzionamento sicuro e affidabile. Approfondiremo le diverse tipologie di UAS, le loro specifiche tecniche, i sistemi di propulsione e di controllo, nonché le tecnologie di comunicazione e i sistemi di rilevazione e monitoraggio utilizzati durante le operazioni di volo.

Le eliche

Le eliche sono componenti cruciali per gli UAS, responsabili della generazione della spinta necessaria per il volo. In questo capitolo, esamineremo vari aspetti delle eliche, tra cui il senso di rotazione, il materiale di costruzione, il passo fisso e il passo variabile. Le eliche degli UAS possono ruotare sia in senso orario (CW) che antiorario (CCW). Nei sistemi multirottore, è comune utilizzare una combinazione di eliche CW e CCW per garantire un volo stabile e controllabile. La rotazione delle eliche bilancia le forze di reazione e riduce la coppia di rotazione indesiderata sul UAS. Materiale di costruzione. Le eliche possono essere realizzate in diversi materiali, tra cui plastica, fibra di carbonio e leghe metalliche.

Ogni materiale ha i suoi vantaggi e svantaggi in termini di resistenza, peso, flessibilità e costo. Le eliche in plastica sono leggere e poco costose, ma tendono ad essere meno resistenti e meno efficienti rispetto a quelle in fibra di carbonio. Le eliche in fibra di carbonio sono più rigide e leggere, offrendo una maggiore efficienza e durata, ma sono anche più costose.

Che differenza esiste tra eliche che hanno un passo fisso e un passo variabile, e che cosa si indica con il termine "passo" di un elica? Il passo fisso e passo variabile. Il passo di un'elica si riferisce all'angolo di attacco delle sue pale rispetto al piano di rotazione. Le eliche a passo fisso hanno un angolo di attacco costante lungo tutta la lunghezza della pala, mentre le eliche a passo variabile permettono di modificare l'angolo di attacco durante il volo. Le eliche a passo fisso sono più semplici e leggere, ma offrono meno possibilità di regolazione delle prestazioni in volo. Le eliche a passo variabile, sebbene più complesse e pesanti, consentono di ottimizzare l'efficienza e la manovrabilità dell'UAS in base alle diverse condizioni di volo.

Assi di un UA ad ala fissa e assi di un UA multicottero

In un aeromobile ad ala fissa, gli assi di riferimento sono tre assi perpendicolari tra loro che definiscono il sistema di coordinate del velivolo. Questi assi sono:

Asse longitudinale (asse X): l'asse longitudinale si estende dalla prua alla poppa del velivolo, passando per il suo centro di gravità. La rotazione attorno a questo asse è chiamata **rollio** e viene controllata dalle alette dei bordi d'uscita delle ali.

Asse laterale (asse Y): l'asse laterale si estende dall'ala sinistra all'ala destra, passando per il centro di gravità del velivolo. La rotazione attorno a questo asse è chiamata **beccheggio** e viene controllata dal timone di profondità (o elevatore) sulla coda dell'aeromobile.

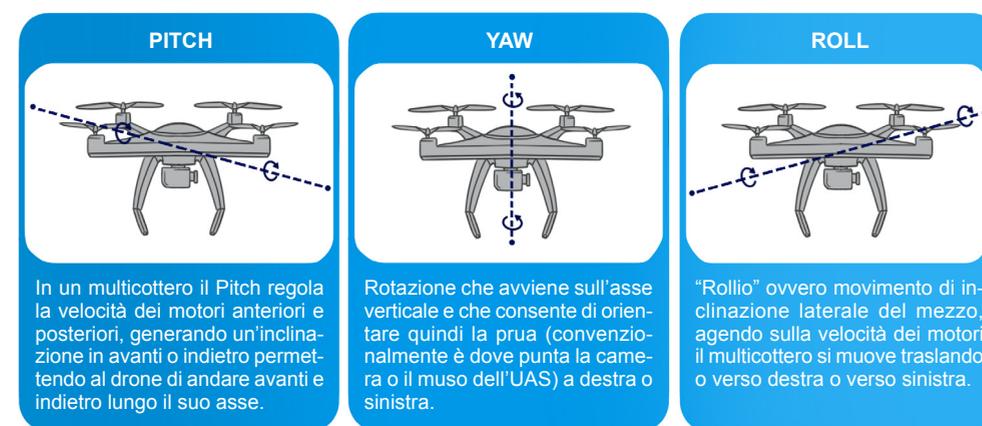
Asse verticale (asse Z): l'asse verticale passa per il centro di gravità del velivolo, perpendicolare al piano delle ali e al piano di simmetria longitudinale. La rotazione attorno a questo asse è chiamata **imbardata** e viene controllata dal timone verticale sulla coda dell'aeromobile.

Gli assi di riferimento di un aeromobile UAS multirottore sono simili a quelli di un aeromobile ad ala fissa. Anche in questo caso, esistono tre assi perpendicolari tra loro che definiscono il sistema di coordinate dell'UAS. Tuttavia, le modalità di controllo del movimento lungo questi assi sono diverse rispetto agli aeromobili ad ala fissa.

Asse longitudinale (asse X): l'asse longitudinale si estende dalla parte anteriore alla parte posteriore del multirottore, passando per il suo centro di gravità. La rotazione attorno a questo asse è chiamata **rollio** e viene controllata variando la velocità di rotazione delle eliche su ciascun lato dell'UAS.

Asse laterale (asse Y): l'asse laterale si estende dal lato sinistro al lato destro del multirottore, passando per il centro di gravità. La rotazione attorno a questo asse è chiamata **beccheggio** e viene controllata variando la velocità di rotazione delle eliche anteriori e posteriori.

Asse verticale (asse Z): l'asse verticale passa per il centro di gravità del multirottore, perpendicolare al piano di simmetria longitudinale e laterale. La rotazione attorno a questo asse è chiamata **imbardata** e viene controllata variando la velocità di rotazione delle eliche CW e CCW in modo differenziale.



Volo traslato e sostenuto

Il volo sostenuto è la fase di volo in cui un UAS mantiene una posizione fissa rispetto al terreno, senza spostarsi in avanti, indietro o lateralmente. In questa fase, l'UAS utilizza la spinta delle eliche per bilanciare esattamente la forza di gravità, mantenendo l'altitudine costante.

Il volo sostenuto è importante per operazioni quali l'ispezione di infrastrutture, la sorveglianza e la fotogrammetria. Il volo traslato, invece, è la fase di volo in cui un UAS si sposta lungo uno o più assi (avanti, indietro, lateralmente o in una combinazione di questi movimenti). Durante il volo traslato, l'UAS deve generare una spinta aggiuntiva per superare la resistenza dell'aria e mantenere la velocità desiderata. Il volo traslato è fondamentale per operazioni di monitoraggio, ricerca e soccorso e consegna di pacchi.

Autonomia di volo, la spinta e l'effetto suolo

L'autonomia di volo di un UAS è il tempo o la distanza massima che può coprire con una singola carica di batteria l'efficienza delle eliche e il consumo energetico dei sistemi di bordo. Inoltre, le condizioni meteorologiche, come vento e temperatura, possono influenzare notevolmente l'autonomia di volo. La spinta è la forza generata dalle eliche di un UAS per vincere la gravità e le forze di resistenza dell'aria. La spinta è proporzionale alla velocità di rotazione delle eliche e al loro passo, oltre che alla densità dell'aria. Per massimizzare l'autonomia di volo, è importante ottimizzare la spinta in relazione al peso dell'UAS e alle sue prestazioni aerodinamiche. L'effetto suolo è un fenomeno aerodinamico che si verifica quando un UAS vola a bassa quota, vicino alla superficie del terreno. In questa situazione, l'interazione tra il flusso d'aria prodotto dalle eliche e la superficie sottostante può aumentare la portanza e ridurre la resistenza dell'aria, migliorando l'efficienza del volo. Tuttavia, l'effetto suolo può anche causare turbolenze e instabilità, rendendo più difficile il controllo dell'UAS. I piloti di UAS devono essere consapevoli dell'effetto suolo e delle sue implicazioni sulle performance e sulla sicurezza del volo.

Come generare un movimento con un UA ad ala fissa e un UA multicottero ed effetti secondari

I movimenti di un UAS possono essere descritti in termini di rotazione attorno a tre assi perpendicolari: asse longitudinale (rollio), asse laterale (beccheggio) e asse verticale (imbardata). Di seguito vengono descritti i movimenti possibili sugli assi, come avvengono e gli effetti secondari su un multicottero e su un UAS ad ala fissa.

Rollio (rotazione attorno all'asse longitudinale)

Multicottero: il rollio viene generato variando la velocità di rotazione delle eliche opposte. Aumentando la velocità di rotazione di una coppia di eliche e diminuendo quella delle eliche opposte, l'UAS si inclina e ruota attorno all'asse longitudinale.

UAS ad ala fissa: il rollio viene generato utilizzando gli alettoni sulle ali. Quando un alettone si solleva e l'altro si abbassa, si crea una differenza di portanza tra le ali, facendo ruotare l'aeromobile attorno all'asse longitudinale.

Beccheggio (rotazione attorno all'asse laterale)

Multicottero: il beccheggio viene generato variando la velocità di rotazione delle eliche frontali e posteriori. Aumentando la velocità delle eliche anteriori e diminuendo quella delle eliche posteriori, l'UAS si inclina in avanti. In modo opposto, si inclina all'indietro.

UAS ad ala fissa: il beccheggio viene generato attraverso l'uso del piano orizzontale di coda, conosciuto come elevatore. Sollevando o abbassando l'elevatore, si modifica la portanza sulla coda, causando una rotazione attorno all'asse laterale.

Imbardata (rotazione attorno all'asse verticale)

Multicottero: l'imbardata viene generata variando la velocità di rotazione delle eliche in senso orario e in senso antiorario. Aumentando la velocità delle eliche che ruotano in un senso e diminuendo quella delle eliche che ruotano nel senso opposto, l'UAS ruota attorno all'asse verticale.

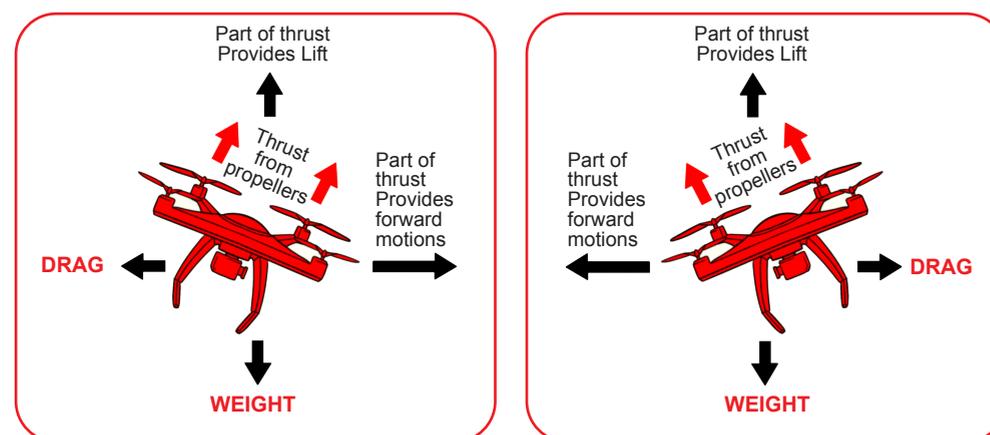
UAS ad ala fissa: l'imbardata viene generata attraverso l'uso del piano verticale di coda, conosciuto come timone. Spostando il timone a sinistra o a destra, si crea una forza laterale sulla coda che fa ruotare l'aeromobile attorno all'asse verticale.

Gli effetti secondari dei movimenti su un multicottero sono generalmente minimi, poiché il controllo dei movimenti è ottenuto variando la velocità delle eliche. Tuttavia, è possibile che si verifichino oscillazioni indesiderate se il sistema di controllo non è adeguatamente tarato.

Per quanto riguarda gli UAS ad ala fissa, gli effetti secondari dei movimenti possono includere il derapaggio (uno spostamento laterale non coordinato) durante le virate, causato dalla differenza tra la forza centrifuga e la forza di gravità. Per evitare il derapaggio, i piloti di UAS ad ala fissa devono coordinare il movimento di rollio e imbardata, utilizzando gli alettoni e il timone in modo sincronizzato.

Questo permette di mantenere una virata equilibrata e di prevenire lo spostamento laterale non coordinato noto come derapaggio. In particolare, durante una virata, il pilota deve applicare una pressione coordinata sul timone nella stessa direzione della virata mentre utilizza gli alettoni per inclinare l'UAS. Questa combinazione di movimenti assicura che l'aeromobile mantenga una traiettoria stabile e coordinata durante la virata, riducendo il rischio di derapaggio e migliorando il controllo dell'UAS.

Per i piloti di velivoli ad ala fissa, l'uso di uno strumento chiamato indicatore di coordinamento, o "pallina", può aiutare a monitorare e mantenere una corretta coordinazione tra rollio e imbardata durante le virate. Quando la pallina è centrata, indica che la virata è ben coordinata e il derapaggio è minimo. Se la pallina si sposta verso un lato, indica la presenza di un derapaggio e il pilota deve apportare le correzioni necessarie utilizzando il timone e gli alettoni.



Stabilità del mezzo in volo e comparazione tra i diversi tipi di UA

La stabilità di un aeromobile, inclusi gli UAV (Unmanned Aerial Vehicles) o UA (Aeromobili a Pilotaggio Remoto), è una caratteristica fondamentale che ne determina la capacità di mantenere una condizione di volo equilibrata e controllata. In questo capitolo, esamineremo la stabilità del mezzo in volo, le differenze tra UA ad ala fissa e UA multicottero e i vantaggi e svantaggi relativi a ciascuno di questi tipi di aeromobili.

Definizione di stabilità

La stabilità di un aeromobile si riferisce alla sua capacità di ritornare autonomamente a una condizione di equilibrio dopo essere stato disturbato da forze esterne, come turbolenze o venti. Esistono due tipi principali di stabilità: statica e dinamica. La stabilità statica si riferisce alla tendenza iniziale dell'aeromobile di ritornare all'equilibrio dopo una perturbazione, mentre la stabilità dinamica riguarda il modo in cui l'aeromobile oscilla attorno alla sua posizione di equilibrio nel tempo.

UA ad ala fissa e stabilità

Gli UA ad ala fissa sono generalmente considerati più stabili rispetto ai multicotteri, grazie alla loro forma aerodinamica e alla loro maggiore inerzia. La stabilità longitudinale (cioè, intorno all'asse laterale) è solitamente garantita dalla posizione e dall'angolazione dell'ala e dalla coda orizzontale. La stabilità laterale (intorno all'asse longitudinale) è invece determinata dalla forma e dalla posizione delle superfici verticali, come il timone verticale. Questa maggiore stabilità consente agli UA ad ala fissa di affrontare meglio le turbolenze e le condizioni meteorologiche avverse rispetto ai multicotteri.

UA multicottero e stabilità

I multicotteri, come i quadricotteri, sono aeromobili a rotore che utilizzano più eliche per generare sustentamento e controllo. La loro stabilità è principalmente garantita dal controllo attivo dei motori e delle eliche attraverso un sistema elettronico di controllo di volo (autopilota). In condizioni di calma, i multicotteri possono essere molto stabili e manovrabili, ma sono più sensibili alle turbolenze e alle variazioni di vento rispetto agli UA ad ala fissa. Inoltre, la loro stabilità può essere compromessa se uno o più motori o eliche falliscono.

Vantaggi e svantaggi comparativi

La maggiore stabilità degli UA ad ala fissa offre numerosi vantaggi, tra cui una maggiore efficienza energetica, un'autonomia di volo più lunga e una migliore capacità di resistere alle condizioni meteorologiche avverse.

Tuttavia, gli UA ad ala fissa generalmente richiedono più spazio per il decollo e l'atterraggio e sono meno manovrabili rispetto ai multicotteri. I multicotteri, d'altra parte, offrono una maggiore manovrabilità e la capacità di decollare e atterrare verticalmente (VTOL), il che li rende adatti per operazioni in spazi ristretti o in aree urbane. Inoltre, sono in grado di mantenere un volo stazionario, il che li rende ideali per missioni di sorveglianza, fotografia aerea e ispezioni.

Tuttavia, la loro minore stabilità in condizioni di vento e turbolenza e la loro minore efficienza energetica li rendono meno adatti per missioni a lungo raggio o in ambienti meteorologici difficili.

Gli UA (unmanned aircraft), sia ad ala fissa che multicottero, sono soggetti a vari fenomeni aerodinamici che possono influenzare le loro prestazioni in volo.

Comprendere questi fenomeni è fondamentale per garantire la sicurezza, l'efficienza e la precisione delle missioni. In questo capitolo, esamineremo alcuni dei principali fenomeni aerodinamici che possono avere un impatto sulle prestazioni degli UA, tra cui la resistenza, la portanza, le turbolenze e gli effetti del suolo.

Resistenza

La resistenza è la forza opposta al movimento dell'UA attraverso l'aria e può influenzare negativamente l'autonomia e la velocità di volo. Esistono diversi tipi di resistenza, tra cui la resistenza parassita, la resistenza indotta e la resistenza d'interferenza. I progettisti di UA cercano di ridurre la resistenza attraverso una combinazione di soluzioni, come l'ottimizzazione della forma e della superficie dell'UA e l'utilizzo di materiali leggeri e resistenti.

Portanza

La portanza è la forza che contrappone il peso dell'UA e lo mantiene in volo. Negli UA ad ala fissa, la portanza è generata principalmente dalle ali, mentre nei multicotteri è generata dalle eliche. La portanza può essere influenzata da fattori come la densità dell'aria, la velocità dell'UA e l'angolo di attacco. Per garantire prestazioni ottimali, i piloti di UA devono gestire attentamente la portanza durante il volo, specialmente durante le fasi critiche come il decollo e l'atterraggio.

Turbolenza

La turbolenza è un movimento disordinato dell'aria che può causare oscillazioni e instabilità nel volo degli UA. La turbolenza può essere causata da varie fonti, tra cui correnti ascendenti, venti variabili e ostacoli al suolo come edifici e alberi. Gli UA ad ala fissa sono generalmente più sensibili alla turbolenza rispetto ai multicotteri, ma entrambi i tipi di UA possono essere influenzati negativamente da condizioni di volo turbolente. Per ridurre gli effetti della turbolenza, i piloti di UA devono monitorare attentamente le condizioni meteorologiche e adottare tecniche di pilotaggio appropriate.

Effetti del suolo

Gli effetti del suolo si riferiscono a fenomeni aerodinamici che si verificano vicino alla superficie terrestre e che possono influenzare le prestazioni degli UA. Ad esempio, il cosiddetto "effetto suolo" può aumentare la portanza e ridurre la resistenza quando un UA ad ala fissa vola a bassa quota, migliorando l'efficienza energetica. Tuttavia, può anche rendere il controllo dell'UA più difficile, specialmente durante l'atterraggio e il decollo. I multicotteri, invece, possono sperimentare vortici di suolo, che sono flussi d'aria turbolenti generati dalle eliche che interagiscono con la superficie terrestre durante il volo a bassa quota.

Questi vortici di suolo possono causare instabilità e oscillazioni, rendendo più difficile il controllo del multicottero e aumentando il rischio di incidenti. Per affrontare gli effetti del suolo, i piloti di UA devono essere consapevoli delle loro caratteristiche e adottare tecniche di pilotaggio appropriate. Sarà più facile incontrare l'effetto suolo adoperando elicotteri o multicotteri di grandi dimensioni rispetto ad un UA ad ala fissa. Ad esempio, durante il decollo e l'atterraggio, un pilota di un UA ad ala fissa potrebbe voler aumentare gradualmente la velocità per evitare di entrare e uscire dall'effetto suolo, mentre un pilota di multicottero potrebbe cercare di mantenere una distanza maggiore dalla superficie terrestre per evitare vortici di suolo.

2. L'inviluppo di volo dell' UAS e i suoi limiti: lo stallo.

L'inviluppo di volo è l'insieme delle condizioni operative entro cui un aeromobile può volare in sicurezza e con prestazioni ottimali. Gli UAS, o aeromobili a pilotaggio remoto, possono essere classificati in tre categorie principali: ad ala rotante (multicottero), ad ala fissa e a configurazione ibrida. In questo capitolo, esamineremo l'inviluppo di volo tipico per ciascuna di queste categorie di UAS e discuteremo le loro caratteristiche distintive. La comprensione dell'inviluppo di volo è fondamentale per garantire la sicurezza e l'efficienza delle operazioni di UAS. Gli UAS ad ala rotante, ad ala fissa e a configurazione ibrida hanno inviluppi di volo diversi che riflettono le loro specifiche caratteristiche e limitazioni.

I piloti di UAS devono essere consapevoli delle restrizioni associate all'inviluppo di volo del loro specifico aeromobile e operare entro tali limiti per garantire voli sicuri ed efficienti. Analizzeremo di seguito il fenomeno con un'attenzione particolare alle categorie di UAS più comuni.

UAS ad ala rotante (multicottero)

Gli UAS ad ala rotante, o multicotteri, sono caratterizzati dalla presenza di più eliche disposte in una configurazione simmetrica. L'inviluppo di volo di un multicottero varia a seconda delle specifiche caratteristiche del modello, ma in generale, questi UAS sono in grado di effettuare decolli e atterraggi verticali (VTOL), volo stazionario e volo a bassa velocità. L'inviluppo di volo di un multicottero è solitamente limitato da:

Velocità massima: i multicotteri generalmente hanno velocità massime inferiori rispetto agli UAS ad ala fissa a causa della loro configurazione e resistenza aerodinamica.

Autonomia: la durata del volo dei multicotteri è generalmente inferiore a quella degli UAS ad ala fissa a causa del maggiore consumo energetico richiesto per mantenere la portanza.

Altitudine massima: l'altitudine massima operativa di un multicottero può essere limitata dalla potenza del motore e dall'efficienza delle eliche a diverse altitudini.

UAS ad ala fissa

Gli UAS ad ala fissa hanno una configurazione simile a quella degli aeromobili convenzionali, con un'ala fissa che fornisce portanza e un motore che fornisce la spinta. L'inviluppo di volo di un UAS ad ala fissa può variare a seconda delle sue specifiche caratteristiche, ma in generale, questi UAS sono progettati per volare a velocità maggiori e per distanze più lunghe rispetto ai multicotteri. L'inviluppo di volo di un UAS ad ala fissa è solitamente limitato da:

Velocità minima e massima: un UAS ad ala fissa deve mantenere una velocità sufficiente per generare portanza e prevenire lo stallo. La velocità massima è limitata dalla resistenza aerodinamica e dalla potenza del motore.

Autonomia: gli UAS ad ala fissa tendono ad avere un'autonomia maggiore rispetto ai multicotteri grazie alla loro maggiore efficienza aerodinamica.

Altitudine massima: l'altitudine massima operativa di un UAS ad ala fissa dipende dalla potenza del motore, dall'efficienza dell'ala e dalla densità dell'aria a diverse altitudini.

A quote più elevate, la densità dell'aria diminuisce, riducendo la portanza e la potenza del motore. Pertanto, ogni UAS ad ala fissa ha un'altitudine massima operativa specifica che non deve essere superata.

UAS a configurazione ibrida

Gli UAS a configurazione ibrida combinano caratteristiche sia degli ad ala rotante che degli ad ala fissa, offrendo vantaggi come la capacità di decollo e atterraggio verticale (VTOL) e l'efficienza aerodinamica di un aeromobile ad ala fissa. L'inviluppo di volo di un UAS a configurazione ibrida può variare a seconda delle specifiche caratteristiche del modello, ma in generale, questi UAS possono sfruttare i vantaggi di entrambe le configurazioni.

L'inviluppo di volo di un UAS a configurazione ibrida è solitamente limitato da:

Velocità minima e massima: come per gli UAS ad ala fissa, un UAS a configurazione ibrida deve mantenere una velocità sufficiente per generare portanza e prevenire lo stallo, mentre la velocità massima è limitata dalla resistenza aerodinamica e dalla potenza del motore.

Autonomia: gli UAS a configurazione ibrida possono avere un'autonomia intermedia tra multicotteri e UAS ad ala fissa, grazie alla combinazione di efficienza aerodinamica e capacità VTOL.

Altitudine massima: l'altitudine massima operativa di un UAS a configurazione ibrida è influenzata sia dalle caratteristiche del motore e dell'ala che dalla densità dell'aria a diverse altitudini, come negli UAS ad ala fissa.

Il diagramma di manovra e il diagramma di raffica

Il diagramma di manovra e il diagramma di raffica sono strumenti fondamentali per i piloti di Unmanned Aircraft Systems (UAS) per comprendere e rispettare i limiti di volo e garantire la sicurezza delle operazioni aeree. Questi diagrammi aiutano a evitare danni strutturali o perdite di controllo dell'aeromobile a causa di manovre eccessive o turbolenze. In questo articolo, esploreremo la natura di questi diagrammi e la loro applicazione nel contesto degli UA.

Il diagramma di manovra

Il diagramma di manovra mostra i limiti di volo relativi alle forze G (accelerazione gravitazionale) che agiscono sull'UA durante le manovre. Esso indica la portata di velocità e carico alare entro cui l'aeromobile può operare in sicurezza. Il diagramma di manovra è diviso in due regioni principali:

La regione di volo normale: questa area del diagramma rappresenta le condizioni di volo sicure entro cui l'UA può operare senza incorrere in danni strutturali o perdite di controllo.

La regione di volo proibita: questa parte del diagramma indica le combinazioni di velocità e carico alare che possono causare danni strutturali all'aeromobile o compromettere la stabilità e il controllo.

I piloti di UAS devono comprendere e rispettare i limiti del diagramma di manovra per il loro specifico aeromobile per garantire un volo sicuro e stabile.

Il diagramma di raffica

Il diagramma di raffica mostra i limiti di volo relativi alla presenza di turbolenze atmosferiche e raffiche di vento che possono influenzare la stabilità dell'UA. Esso illustra le combinazioni di velocità e intensità delle raffiche che l'aeromobile può sopportare senza incorrere in danni strutturali o perdite di controllo. Il diagramma di raffica è diviso in due regioni principali:

La regione di volo sicura: questa area del diagramma indica le combinazioni di velocità e intensità delle raffiche che l'UA può sopportare senza subire danni strutturali o perdite di controllo.

La regione di volo pericolosa: questa parte del diagramma mostra le combinazioni di velocità e intensità delle raffiche che possono causare danni strutturali all'aeromobile o comprometterne la stabilità e il controllo.

I piloti di UAS devono tenere conto del diagramma di raffica per il loro specifico aeromobile per evitare di operare in condizioni di turbolenza che potrebbero mettere a rischio la sicurezza del volo.

Lo stallo e il G-stallo

Lo stallo è un fenomeno aerodinamico che può verificarsi quando un aeromobile, incluso un Unmanned Aircraft System (UAS), perde portanza e quindi la capacità di mantenere un volo controllato. Il G-stallo si verifica quando un aeromobile sperimenta una perdita di portanza dovuta a forze G eccessive. In questo capitolo, esamineremo lo stallo e il G-stallo negli UAS, sia ad ala fissa che multicottero, e discuteremo delle manovre per evitarli, in particolare durante le virate. Lo stallo si verifica quando l'angolo d'attacco dell'ala supera il valore critico oltre il quale la portanza diminuisce rapidamente. Nel caso degli UAS ad ala fissa, lo stallo può verificarsi durante virate strette, salite ripide o manovre aggressive. Per i multicotteri, lo stallo è meno comune, ma può verificarsi a causa di oscillazioni o instabilità del sistema di controllo.

Il G-stallo è strettamente legato alle forze G sperimentate dall'aeromobile durante le manovre. Un aumento delle forze G può portare a una riduzione dell'angolo d'attacco critico, rendendo l'aeromobile più suscettibile allo stallo. Questo fenomeno è particolarmente rilevante per gli UAS ad ala fissa durante virate strette o manovre ad alta velocità.

Prevenzione dello stallo e del G-stallo

Per prevenire lo stallo e il G-stallo, i piloti di UAS devono monitorare costantemente l'angolo d'attacco e le forze G durante le manovre. È importante mantenere un angolo d'attacco entro i limiti sicuri e prestare attenzione alle variazioni delle forze G. Durante le virate, i piloti devono garantire che la velocità dell'UAS rimanga al di sopra della velocità di stallo, riducendo l'angolo di virata o aumentando la potenza se necessario.

Manovre per evitare lo stallo e il G-stallo in virata UAS ad ala fissa:

Ridurre l'angolo di virata: se si avverte un avvicinamento allo stallo durante una virata, ridurre l'angolo di virata può aiutare a prevenire la perdita di portanza.

Aumentare la potenza: un aumento della potenza può contribuire a mantenere una velocità sicura e prevenire lo stallo durante una virata.

Ridurre il carico dell'aeromobile: alleggerire il carico dell'UAS può ridurre le forze G durante le manovre e diminuire il rischio di G-stallo.

Manovre per evitare lo stallo e il G-stallo in virata UAS Multicotteri:

Ridurre l'inclinazione: durante una virata, ridurre l'inclinazione del multicottero può aiutare a prevenire la perdita di portanza e lo stallo.

Aumentare la potenza dei motori: un aumento della potenza dei motori può contribuire ad aumentare la potenza dei motori: infatti un aumento della loro potenza può contribuire a mantenere una velocità sicura e prevenire lo stallo durante una virata. Fornire potenza aggiuntiva ai motori può compensare la perdita di portanza dovuta all'aumento dell'angolo d'attacco e garantire un volo più stabile e controllato. Questo è particolarmente importante nei multicotteri, dove un controllo preciso della potenza dei motori è fondamentale per la stabilità e il controllo dell'aeromobile. Aumentando la potenza, è possibile ridurre le forze G e mantenere l'angolo d'attacco dell'ala entro i limiti sicuri, riducendo così il rischio di G-stallo durante le manovre ad alta velocità o virate strette.

Calcolo delle forze G subite in virata e il fattore di carico

Per calcolare la forza G subita da un aeromobile durante una virata, si utilizza la seguente formula:

$$G = 1 / \cos(\theta)$$

dove G è la forza G e θ è l'angolo di inclinazione laterale (bank angle) espresso in radianti.

Per convertire gli angoli da gradi a radianti, si utilizza la seguente formula:

$$\text{radianti} = \text{gradi} * (\pi/180)$$

Calcoliamo le forze G per gli angoli di 30°, 45°, 60° e 90°:

$$30^\circ: \theta = 30 * (\pi / 180) = \pi / 6 \text{ radianti}$$

$$G = 1 / \cos(\pi / 6) \approx 1.15$$

$$45^\circ: \theta = 45 * (\pi / 180) = \pi / 4 \text{ radianti}$$

$$G = 1 / \cos(\pi / 4) = \sqrt{2} \approx 1.41$$

$$60^\circ: \theta = 60 * (\pi / 180) = \pi / 3 \text{ radianti}$$

$$G = 1 / \cos(\pi / 3) = 2$$

$$90^\circ: \theta = 90 * (\pi / 180) = \pi / 2 \text{ radianti}$$



In teoria, G diventerebbe infinito a 90° poiché la componente verticale della portanza diventa zero e non può sostenere il peso dell'aeromobile. Tuttavia, in pratica, un aeromobile non può mantenere una virata stabile a 90° di inclinazione laterale senza perdere quota o velocità.

È importante notare che questi calcoli sono validi per virate coordinate e mantenute a velocità costante. Inoltre, le forze G effettivamente sostenibili dipendono dalle caratteristiche specifiche dell'aeromobile e dalle sue limitazioni strutturali.

Il fattore di carico sui droni, simile a quello negli aeromobili convenzionali, è una misura importante per la progettazione, il funzionamento e la sicurezza di questi dispositivi. Nel caso dei droni, il fattore di carico si riferisce al rapporto tra la forza esercitata sul drone (a causa delle manovre, del vento, o di altri fattori esterni) e il suo peso. Ecco alcuni aspetti rilevanti:

Limiti di Progettazione: i droni sono progettati per sopportare certi livelli di fattore di carico. Questo include il peso che possono trasportare (come carico utile) e la forza che possono sostenere durante le manovre o in condizioni di vento.

Manovre e Prestazioni di Volo: durante manovre aggressive o in condizioni di vento forte, il fattore di carico su un drone può aumentare significativamente. Questo deve essere considerato nella progettazione per evitare danni strutturali.

Impatto sul Controllo e sulla Stabilità: un fattore di carico elevato può influenzare la stabilità e la capacità di controllo del drone. I sistemi di controllo di volo devono essere in grado di gestire questi fattori per mantenere il volo stabile e sicuro.

Carico Utile: il fattore di carico influisce anche sulla quantità di carico utile che un drone può trasportare. Un drone con un fattore di carico più alto può trasportare carichi più pesanti, ma ciò può influenzare la durata della batteria e la manovrabilità.

Sicurezza e Normative: nella progettazione e nel funzionamento dei droni, è importante rispettare le normative sulla sicurezza e i limiti di fattore di carico per prevenire incidenti e garantire operazioni sicure.

Variazione con la quota dell'inviluppo di volo e suoi limiti negli UA ad ala fissa e multicotteri

L'inviluppo di volo di un UAS è l'insieme di tutte le condizioni di volo in cui l'aeromobile può operare in modo sicuro e controllato. La quota ha un impatto significativo sull'inviluppo di volo a causa delle variazioni nella densità dell'aria e delle prestazioni del motore, infatti, man mano che un UAS guadagna quota, la densità dell'aria diminuisce. Questa diminuzione della densità dell'aria riduce la portanza generata dalle ali o dalle eliche e limita la spinta del motore. Di conseguenza, la velocità di stallo dell'UAS aumenta e la velocità massima consentita diminuisce, restringendo l'inviluppo di volo. Il tasso di salita e la velocità di salita massima dell'UAS diminuiscono con l'aumento della quota a causa della ridotta potenza disponibile. Inoltre, il consumo di energia aumenta a quote più elevate a causa della necessità di mantenere una velocità maggiore per generare la portanza necessaria. Questo riduce l'autonomia complessiva dell'UAS e può influenzare la durata delle missioni.

Limiti dell'inviluppo di volo

I piloti di UAS devono essere a conoscenza di questi limiti e lavorare all'interno dell'inviluppo di volo per garantire la sicurezza delle operazioni. La conoscenza e il rispetto dei limiti dell'inviluppo di volo aiutano a prevenire incidenti e guasti dell'aeromobile, garantendo al contempo il successo delle missioni.

I limiti dell'inviluppo di volo di un UAS sono definiti da vari fattori, tra cui la struttura, il peso, la potenza del motore e le caratteristiche aerodinamiche. Alcuni dei principali limiti dell'inviluppo di volo includono:

Velocità di stallo: La velocità minima alla quale l'UAS può mantenere un volo controllato. Se la velocità scende al di sotto della velocità di stallo, l'aeromobile perderà portanza e potrebbe entrare in una situazione di stallo.

Velocità massima: la velocità massima che l'UAS può raggiungere senza danneggiare la sua struttura o il sistema propulsivo. Superare la velocità massima può causare danni strutturali, perdita di controllo o guasti del motore.

Altitudine massima: l'altitudine massima operativa dell'UAS è determinata dalla capacità del motore di fornire spinta sufficiente e dalla capacità delle ali o delle eliche di generare portanza in condizioni di bassa densità dell'aria. Superare l'altitudine massima può portare a una riduzione della portanza e della potenza disponibile, mettendo a rischio il controllo dell'UAS.

Limiti di carico: gli UAS hanno limiti di carico specifici in termini di forza G e peso. Superare questi limiti può causare danni strutturali e influire sulla capacità dell'aeromobile di mantenere un volo stabile e controllato.

Limiti di temperatura: gli UAS possono avere limiti operativi in termini di temperatura esterne, sia alte che basse. Le temperature estreme possono influenzare l'efficienza del motore, la batteria e altri componenti elettronici, compromettendo le prestazioni e la sicurezza dell'UAS.

Sistemi elettronici che aiutano a mantenere gli UA all'interno dell'inviluppo di volo

I sistemi elettronici che aiutano a mantenere gli UA all'interno dell'inviluppo di volo sono fondamentali per garantire la sicurezza delle operazioni aeree. I piloti di UAS devono familiarizzare con questi sistemi e utilizzarli correttamente per garantire voli. Nel pilotaggio di UAS, sia ad ala fissa che multicottero, è cruciale mantenere l'aeromobile all'interno dell'inviluppo di volo per garantire la sicurezza delle operazioni. A tal fine, sono stati sviluppati vari sistemi elettronici che aiutano i piloti a operare in modo più sicuro e a prevenire situazioni potenzialmente pericolose.

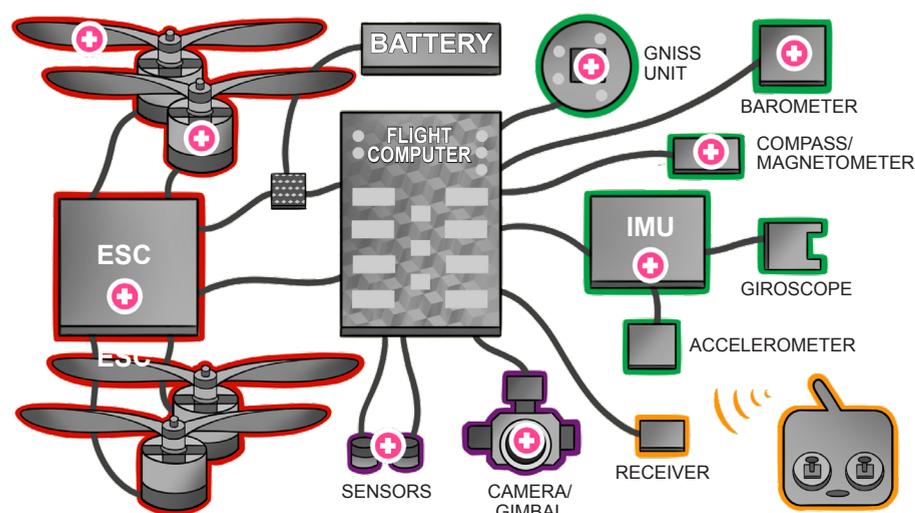
Flight Controller (FC): il flight controller è il cuore del sistema di controllo di un UAS. Esso elabora le informazioni provenienti dai sensori dell'aeromobile e dai comandi del pilota, determinando le azioni necessarie per mantenere l'UAS all'interno dell'inviluppo di volo. Il flight controller può stabilizzare automaticamente l'aeromobile e compensare eventuali deviazioni rispetto al piano di volo.

Sensori di posizione e velocità: i sensori di posizione, come il GPS, e i sensori di velocità, come il pitot-statico, forniscono dati cruciali per mantenere l'UAS all'interno dell'inviluppo di volo. Queste informazioni vengono utilizzate dal flight controller per calcolare la posizione e la velocità dell'aeromobile rispetto al terreno e all'aria circostante, consentendo al pilota di monitorare e regolare la traiettoria di volo di conseguenza.

Sistema di controllo del motore: Il sistema di controllo del motore monitora e regola la potenza erogata dai motori, assicurando che l'UAS operi entro i limiti prestabiliti. Ciò aiuta a prevenire situazioni in cui l'aeromobile potrebbe uscire dall'inviluppo di volo a causa di una potenza eccessiva o insufficiente.

Avvisi e allarmi: molti UAS sono dotati di sistemi di avviso e allarme che forniscono feedback sonoro o visivo al pilota in caso di situazioni potenzialmente pericolose, come un avvicinamento eccessivo ai limiti dell'involuppo di volo o un malfunzionamento del sistema. Questi allarmi consentono ai piloti di reagire prontamente e di prendere le misure appropriate per mantenere l'aeromobile in sicurezza.

Limiti di volo programmabili: alcuni UAS offrono la possibilità di programmare limiti di volo specifici, come la velocità massima, l'altitudine massima e le distanze minime di sicurezza rispetto al terreno o agli ostacoli. Queste impostazioni aiutano a garantire che l'UAS operi all'interno dell'involuppo di volo e riducano il rischio di incidenti.



3. Il mode del radiocomando

Il "mode del radiocomando" si riferisce alle varie configurazioni di controllo disponibili in un radiocomando, tipicamente utilizzato per pilotare droni, aerei RC, elicotteri, e altri modelli radiocomandati. I modi più comuni sono Mode 1, Mode 2, Mode 3 e Mode 4. Questi modi definiscono come le varie funzioni di controllo del volo sono assegnate alle leve del radiocomando. Ecco una breve descrizione di ciascuno:

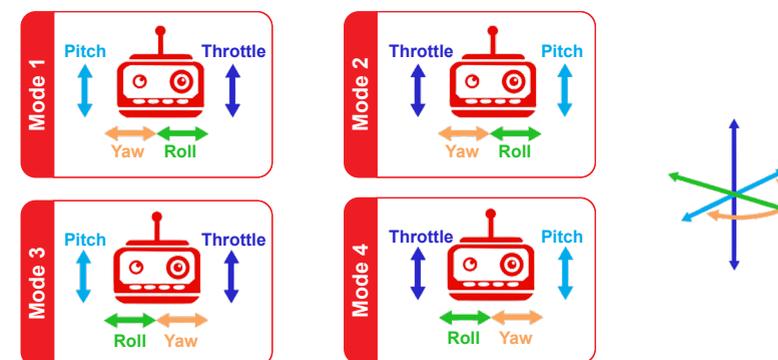
Mode 1: Generalmente, il controllo dell'asse verticale (gaz/throttle) e del rollio (roll) si trovano sulla leva destra, mentre il controllo dell'asse orizzontale (pitch) e della direzione (yaw) si trovano sulla leva sinistra.

Mode 2: È il modo più popolare in molte parti del mondo, specialmente negli Stati Uniti. In questo modo, il controllo del gaz/throttle e del yaw si trovano sulla leva sinistra, mentre il pitch e il rollio sono sulla leva destra.

Mode 3: È essenzialmente l'opposto del Mode 2. Il controllo del gaz/throttle e del yaw si trovano sulla leva destra, mentre il pitch e il rollio sono sulla leva sinistra.

Mode 4: Questo modo inverte i controlli del Mode 1, con il pitch e il yaw sulla leva destra e il gaz/throttle e il rollio sulla leva sinistra.

La scelta del mode dipende dalle preferenze personali del pilota e dall'abitudine. Alcuni piloti possono trovare più intuitivo un certo modo rispetto ad altri. Inoltre, la scelta del mode può anche essere influenzata dalla regione geografica in cui un pilota ha imparato a volare, poiché certi modi sono più prevalenti in determinate aree.



Operare un UAS al di fuori del suo involuppo di volo

Questa iniziativa può avere conseguenze significative sia per la sicurezza dell'aeromobile che per quella delle persone e delle proprietà a terra. È importante per i piloti di UAS comprendere queste conseguenze e fare tutto il possibile per mantenere l'aeromobile all'interno dei limiti operativi stabiliti. In questo capitolo, esamineremo alcune delle principali conseguenze del volo al di fuori dell'involuppo di volo.

Perdita di controllo

Una delle conseguenze più gravi del volo al di fuori dell'involuppo di volo è la potenziale perdita di controllo dell'UAS. Quando l'aeromobile supera i limiti operativi, il sistema di controllo potrebbe non essere in grado di compensare le forze aerodinamiche e mantenere la stabilità. Ciò può portare a un volo instabile, a un atterraggio forzato o, nel peggiore dei casi, a un incidente.

Danneggiamento dell'UAS

Operare al di fuori dell'involuppo di volo può causare danni all'UAS a causa di stress strutturali eccessivi o malfunzionamenti dei componenti. Ad esempio, volare a velocità eccessive può causare deformazioni strutturali o rotture, mentre un'eccessiva manovrabilità può danneggiare i sistemi di controllo e gli attuatori.

Rischio per la sicurezza delle persone e delle proprietà

Un UAS fuori controllo o danneggiato rappresenta un rischio significativo per la sicurezza delle persone e delle proprietà a terra. Un atterraggio di emergenza o un incidente potrebbe causare lesioni a persone o danni a edifici, veicoli e altre infrastrutture.

Responsabilità legale

I piloti di UAS sono legalmente responsabili per la sicurezza delle loro operazioni e potrebbero affrontare conseguenze legali in caso di incidenti o danni causati dal volo al di fuori dell'involuppo di volo. Questo potrebbe includere multe, azioni legali da parte di terzi danneggiati o, nei casi più gravi, sanzioni penali.

Reputazione e affidabilità: Operare al di fuori dell'inviluppo di volo può avere un impatto negativo sulla reputazione e sull'affidabilità del pilota e dell'organizzazione a cui appartiene. Un incidente o un atterraggio forzato potrebbe danneggiare la fiducia dei clienti e degli stakeholder e ostacolare le future opportunità di business.

4. Massa, bilanciamento, payload e Centro di Gravità

Il peso dell'aeromobile è un fattore cruciale che influisce sulle prestazioni e sulla sicurezza di un UAS durante il volo. In questo capitolo, esamineremo la Massa Operativa al Decollo (MTOM), il peso al decollo e la differenza tra MTOW e MTOM, nonché gli effetti di un eccesso di peso al decollo sull'aeromobile.

Massa Operativa al Decollo (MTOM): la MTOM è il peso massimo consentito dell'aeromobile al momento del decollo, tenendo conto del peso dell'aeromobile a vuoto, del carico utile, delle batterie e di eventuali altri equipaggiamenti. La MTOM è un parametro di progettazione stabilito dal costruttore dell'UAS e deve essere rispettato per garantire la sicurezza e l'integrità strutturale dell'aeromobile.

Peso al decollo: il peso al decollo è il peso effettivo dell'aeromobile al momento del decollo, che comprende il peso dell'aeromobile a vuoto, il carico utile, le batterie e gli equipaggiamenti. Questo peso deve essere inferiore o uguale alla MTOM per garantire la sicurezza dell'aeromobile durante il volo.

Differenza tra MTOW e MTOM: la terminologia MTOW (Massa Massima al Decollo) e MTOM (Massa Operativa al Decollo) sono spesso usate in modo intercambiabile. Tuttavia, alcuni regolamenti e documenti possono utilizzare MTOW per riferirsi al peso massimo al decollo specifico per un aeromobile con un particolare carico utile o configurazione, mentre MTOM si riferisce al peso massimo al decollo generale stabilito dal costruttore dell'aeromobile. In pratica, però, la differenza tra i due termini è spesso trascurabile.

Variazione delle performance al variare della MTOM

Effetti dell'eccesso di peso al decollo: Il decollo con un peso superiore alla MTOM può avere diverse conseguenze negative sull'aeromobile e sulla sicurezza del volo, tra cui:

Riduzione delle prestazioni: un UAS con un eccesso di peso al decollo può sperimentare una riduzione delle prestazioni in termini di velocità, autonomia e capacità di salita. Questo può rendere più difficile il controllo dell'aeromobile e aumentare il rischio di incidenti.

Aumento degli sforzi strutturali: un eccesso di peso al decollo può causare sforzi strutturali eccessivi sull'aeromobile, potenzialmente portando a deformazioni o rotture strutturali in volo. Nel caso di multicottero ad esempio potrebbero spezzarsi le eliche che sottoposte ad uno sforzo eccessivo tenderebbero a flettere le punte delle eliche stesse fino ad arrivare al carico di rottura o a sottoporre i motori a degli sforzi costanti che ne causerebbero il danneggiamento.

Maggiore distanza di decollo e atterraggio: un UAS ad ala fissa più pesante richiede una maggiore distanza di decollo e atterraggio, il che può essere problematico se l'aeromobile opera in spazi ristretti o in condizioni di terreno accidentato.

Aumento del payload: aeromobile più pesante richiede maggior energia per il decollo, il mantenimento dell'altitudine e la manovra. Di conseguenza, il consumo di energia, aumenta, riducendo l'autonomia e l'efficienza energetica dell'UAS. Questo può portare a una riduzione del tempo di volo disponibile e a un maggiore impatto ambientale.

Centro di Gravità

Il Centro di Gravità (CG) e il Payload sono due elementi cruciali nel progetto e nella gestione degli UAS (Unmanned Aircraft Systems). Questo articolo si propone di illustrare le definizioni di questi concetti, le loro caratteristiche e come si possono reperire i dati e calcolare il centro di gravità. Il Centro di Gravità (CG) è il punto in cui si può considerare concentrata l'intera massa di un corpo. È quindi il punto dove converge la risultante di tutte le forze di gravità applicate sulle diverse parti dell'aeromobile. La posizione del CG è essenziale per garantire la stabilità e la manovrabilità dell'UAS durante il volo. Se il CG è troppo avanzato o arretrato rispetto alla posizione ideale, l'UAS potrebbe diventare instabile e difficile da controllare. Le forze che convergono verso un punto di equilibrio definito dal costruttore del mezzo sono il peso, la portanza, la spinta e la resistenza.

Payload

Il Payload si riferisce al carico utile che un UAS può trasportare. Il Payload include tutti i sistemi e le apparecchiature che non sono strettamente necessarie per il funzionamento dell'UAS, come ad esempio sensori, fotocamere, sistemi di comunicazione e qualsiasi altro componente aggiuntivo. Il Payload è un fattore importante nel determinare l'efficienza, l'autonomia e la capacità di un UAS di svolgere missioni specifiche.

Reperimento dei dati

Per reperire i dati sul Centro di Gravità e il Payload di un UAS, è possibile consultare il manuale del produttore o le specifiche tecniche del sistema. I produttori di UAS forniscono spesso queste informazioni ai clienti e agli operatori per garantire un utilizzo sicuro e ottimale del sistema.

Calcolo del Centro di Gravità

Il calcolo del Centro di Gravità può essere effettuato utilizzando la seguente formula:

$$CG = \frac{\sum (massa_i \times posizione_i)}{\sum massa_i}$$

Dove:

- $massa_i$ rappresenta la massa di ogni componente dell'UAS (ad esempio, fusoliera, eliche, batteria, payload, ecc.).
- $posizione_i$ rappresenta la posizione del componente lungo l'asse longitudinale, misurata dalla stessa origine per tutti i componenti.
- Σ indica la somma di tutti i termini.

Per determinare il Centro di Gravità, è necessario conoscere la massa e la posizione di ogni componente dell'UAS. Moltiplicando la massa di ciascun componente per la sua posizione e sommando tutti i prodotti, si ottiene un valore che, diviso per la somma delle masse di tutti i componenti, fornisce la posizione del Centro di Gravità lungo l'asse longitudinale.

Variazione della MOD al variare del Payload e individuazione del CG e verifica del bilanciamento

È importante prestare attenzione alla posizione del CG e al bilanciamento dell'UAS per garantire un volo sicuro e stabile. La variazione del peso del payload può avere un impatto significativo sulle prestazioni dell'UAS, e un adeguato bilanciamento del CG è cruciale per mantenere il controllo dell'aeromobile durante il volo. Quando il peso del payload varia, è fondamentale ricalcolare la posizione del centro di gravità (CG) per garantire che l'UAS mantenga la sua stabilità e controllo in volo. Un CG non correttamente bilanciato può provocare instabilità, rendendo difficile o impossibile il controllo dell'aeromobile. Per individuare il posizionamento del CG e la verifica del bilanciamento dell'UA è necessario seguire questi passaggi:

Determinare la posizione del CG vuoto: il CG vuoto è il centro di gravità dell'UAS quando è vuoto, cioè senza carburante, payload o altro equipaggiamento. Questa informazione è solitamente fornita dal produttore dell'UAS.

Calcolare il peso del payload e il suo effetto sul CG: il peso del payload e il suo effetto sul CG devono essere calcolati per determinare la posizione del CG complessivo dell'UAS.

Calcolare la posizione del CG complessivo: utilizzando i dati ottenuti nei passaggi precedenti, calcolare la posizione del CG complessivo. Questa posizione dovrebbe essere confrontata con la posizione del CG ideale fornita dal produttore per garantire che l'UAS sia adeguatamente bilanciato.

Verificare il bilanciamento dell'UAS: se la posizione del CG complessivo è all'interno dei limiti stabiliti dal produttore, l'UAS è considerato adeguatamente bilanciato e pronto per il volo. Se il CG è fuori dai limiti, possono essere necessari aggiustamenti, come spostare il payload o aggiungere zavorra per bilanciare correttamente l'UAS.

Nei sistemi UAS più comuni l'attività di bilanciamento è auto configurante purché si rimanga all'interno dei parametri fissati dal costruttore.

Effetti del Payload sul CG, sulla MTOM, sulla MOD e sulla stabilità

Il payload rappresenta una componente fondamentale per gli aeromobili UAS, poiché include tutti i sistemi e i dispositivi utili per svolgere specifiche missioni. Tuttavia, la presenza e la variazione del payload possono influenzare diversi aspetti del volo dell'UAS, quali il centro di gravità, la Massa Totale al Decollo (MTOM), la Massa Operativa al Decollo (MOD) e la stabilità complessiva dell'aeromobile. Quando si aggiunge o si rimuove del payload, il centro di gravità dell'UAS può subire variazioni, influenzando la stabilità e la manovrabilità dell'aeromobile. Per questo motivo, è fondamentale valutare il posizionamento del CG ogni volta che si modifica il payload, al fine di mantenere un equilibrio ottimale e garantire un volo sicuro e controllabile.

Parallelamente, anche la MTOM e la MOD dell'UAS possono subire variazioni in funzione del peso del payload. La MTOM è il peso massimo che un UAS può avere al decollo, considerando sia il peso a vuoto dell'aeromobile sia il peso aggiuntivo del carburante e del payload. La MOD, invece, rappresenta la massa effettiva dell'UAS al momento del decollo. La variazione del payload può influenzare entrambi questi parametri, che a loro volta incidono sulle prestazioni complessive dell'UAS.

Un aumento del payload può comportare un incremento del consumo di carburante, una riduzione dell'autonomia di volo e una minore agilità dell'aeromobile. Al contrario, un payload più leggero può consentire un volo più efficiente, con minor consumo di carburante e maggiore autonomia. Pertanto, è essenziale valutare attentamente il payload in relazione alle specifiche esigenze della missione e alle caratteristiche dell'UAS. L'effetto del payload sulle performance dell'UAS varia a seconda delle caratteristiche dell'aeromobile e del tipo di missione da svolgere. Un payload adeguato può migliorare la funzionalità e l'efficienza dell'UAS, mentre un payload eccessivo o mal bilanciato può compromettere la stabilità e la sicurezza del volo. In definitiva, la gestione accurata del payload è cruciale per ottenere le migliori performance possibili dal proprio UAS, garantendo al contempo la sicurezza delle operazioni aeree.

5. Assicurare il payload

Il payload di un UAS può assumere diverse forme e funzioni, a seconda delle specifiche esigenze operative e delle caratteristiche dell'aeromobile. Tra i tipi di payload più comuni si possono annoverare fotocamere, sensori multispettrali, termocamere, apparecchiature di comunicazione, e paracadute di emergenza. Ogni tipo di payload presenta diverse caratteristiche in termini di peso, dimensioni e funzionalità, che possono influenzare la stabilità e le prestazioni dell'UAS.

Il posizionamento del payload sull'UAS è un aspetto cruciale, poiché incide direttamente sul centro di gravità e sulla distribuzione dei carichi dell'aeromobile. Un corretto posizionamento del payload può garantire un volo stabile e manovrabile, mentre un posizionamento inappropriato può compromettere la stabilità e la sicurezza dell'UAS.

Variazioni in caso di perdita di payload in volo

La perdita di payload in volo può avere conseguenze significative sulla stabilità e le prestazioni dell'UAS, in quanto modifica il centro di gravità e la distribuzione dei carichi. In caso di perdita di payload, è importante effettuare un nuovo calcolo del centro di gravità e valutare eventuali ripercussioni sulla stabilità dell'aeromobile. Se necessario, si potrebbe dover modificare la configurazione del volo per compensare la perdita di payload e garantire un atterraggio sicuro.

Trasporto di payload non previsto dal costruttore

L'utilizzo di payload non previsti dal costruttore può comportare rischi per la stabilità e le prestazioni dell'UAS. Se si decide di utilizzare un payload non previsto dal costruttore, è fondamentale verificare che il peso e le dimensioni siano compatibili con le specifiche dell'aeromobile e che il posizionamento del payload non comprometta il centro di gravità e la distribuzione dei carichi. Inoltre, è importante testare l'UAS con il nuovo payload in condizioni controllate, al fine di valutare eventuali effetti sulla stabilità e sulle prestazioni del volo.

Montaggio di un payload sopra l'UAS

Il montaggio di un payload sopra l'UAS può alterare la distribuzione dei carichi e influenzare la stabilità dell'aeromobile, in particolare nel caso di UAS multirottore. Posizionare un payload sulla parte superiore dell'UAS può innalzare il centro di gravità, rendendo

do l'UAS più instabile e meno manovrabile. Pertanto, è essenziale valutare attentamente l'effetto del posizionamento del payload sulla stabilità dell'UAS e, se necessario, apportare modifiche alla configurazione del volo per garantire la sicurezza delle operazioni aeree. Il payload di un UAS rappresenta una componente fondamentale delle operazioni aeree, ed è pertanto essenziale assicurare correttamente il payload e gestirlo in modo sicuro. Nel presente capitolo, esamineremo vari aspetti legati all'assicurazione del payload e alla sua gestione, tra cui la scelta del metodo di fissaggio, la gestione dei carichi sospesi e la rimozione del payload in sicurezza.

Dove e come assicurare il payload

Il posizionamento del payload è cruciale per garantire la stabilità e la sicurezza del volo. In generale, il payload deve essere assicurato in prossimità del centro di gravità dell'UAS, in modo da minimizzare le variazioni di equilibrio e di distribuzione dei carichi. La scelta del metodo di assicurazione dipende dalla natura del payload, dalle specifiche dell'UAS e dalle esigenze operative.

Di cosa bisogna tenere conto nell'assicurare il payload

Nell'assicurare il payload, è importante tenere conto di diversi fattori, tra cui il peso, le dimensioni, la forma e la funzionalità del payload. Inoltre, è necessario considerare le condizioni operative, come le temperature estreme, l'umidità e le vibrazioni, che possono influire sulla sicurezza del fissaggio e sulla funzionalità del payload. Infine, è essenziale valutare l'impatto del payload sulla stabilità e sulle prestazioni dell'UAS, nonché sulle operazioni aeree e sulla sicurezza del volo.

Payload “fissati” e “assicurati”

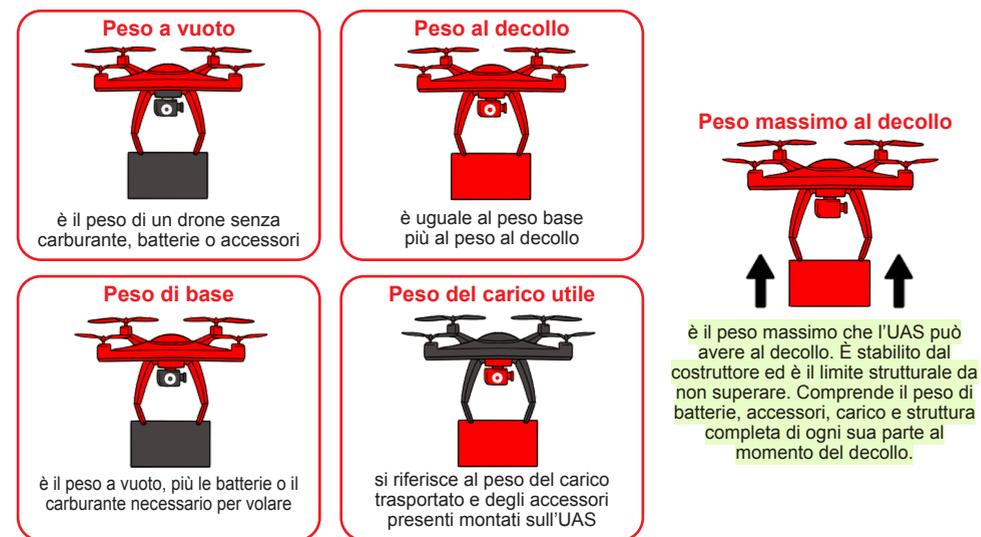
I payload possono essere fissati o assicurati all'UAS tramite diverse soluzioni, a seconda delle caratteristiche del payload e dell'aeromobile. I payload fissati sono montati in modo permanente o semipermanente sull'UAS, mentre i payload assicurati sono collegati all'aeromobile tramite sistemi di fissaggio temporanei, come cinghie, morsetti o supporti. La scelta tra payload fissati e assicurati dipende dalle esigenze operative, dalla flessibilità richiesta e dalle specifiche dell'UAS e del payload.

I carichi sospesi

In alcuni casi, il payload può essere sospeso sotto l'UAS, come nel caso di carichi esterni o di sistemi di rilascio di carichi utili. La gestione dei carichi sospesi richiede una particolare attenzione alla sicurezza e alla stabilità del volo, in quanto il peso e il movimento del payload possono influire significativamente sul centro di gravità e sulla distribuzione dei carichi. È importante verificare che il sistema di sospensione sia adeguato al peso e alle dimensioni del payload e che sia compatibile con le specifiche dell'UAS.

Rimozione del payload in sicurezza

La rimozione del payload in sicurezza è un aspetto cruciale della gestione del payload, in quanto previene danni al payload, all'UAS e alle persone coinvolte nelle operazioni aeree. Prima di rimuovere il payload, è importante assicurarsi che l'UAS sia spento e stabilizzato su una superficie piana e sicura. È fondamentale seguire le procedure raccomandate dal costruttore dell'UAS e del payload per rimuovere il payload in modo sicuro e corretto. Questo può includere l'utilizzo di strumenti appropriati, il supporto di un'altra persona per sollevare o sostenere il payload, e la verifica che tutti i collegamenti elettrici e meccanici siano disconnessi correttamente prima di rimuovere il payload.



6. Le batterie

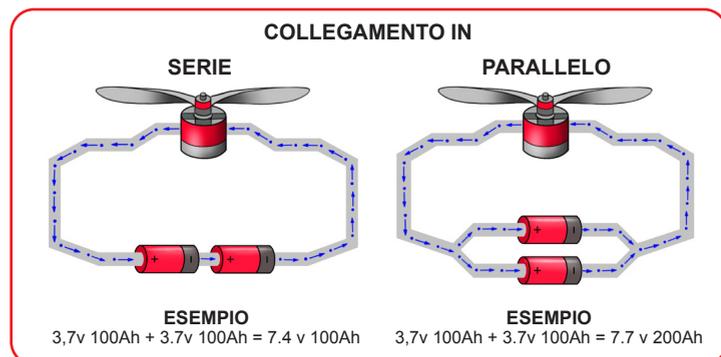
Le batterie sono una componente fondamentale degli UAS, in quanto forniscono l'energia necessaria per alimentare i motori e gli altri sistemi elettronici a bordo. Comprendere le unità di misura delle batterie e le differenze tra le configurazioni in serie e in parallelo è fondamentale per garantire un funzionamento efficiente e sicuro del drone.

Le principali unità di misura delle batterie sono la tensione e la capacità. La tensione, misurata in volt (V), è la forza elettromotrice o il potenziale elettrico della batteria. La capacità, misurata in ampereora (Ah) o milliampereora (mAh), indica la quantità di energia che una batteria può immagazzinare e fornire nel tempo. Maggiore è la capacità di una batteria, più a lungo sarà in grado di alimentare un UAS. Il fattore C, o tasso di scarica C, è un parametro importante delle batterie utilizzate negli UAS e in altri dispositivi elettrici. Esso rappresenta la velocità massima alla quale una batteria può essere scaricata in modo sicuro senza danneggiare la batteria stessa o ridurne significativamente la durata. Il fattore C è espresso come un multiplo della capacità della batteria e indica quanti ampere possono essere erogati per ogni ampereora (Ah) di capacità. Ad esempio, una batteria con una capacità di 1000 mAh (1 Ah) e un fattore C di 20 può erogare fino a 20 ampere (20 x 1 Ah) di corrente in modo sicuro e continuativo. Un fattore C più elevato indica che la batteria può fornire correnti più alte, il che può essere utile per applicazioni ad alta potenza come i motori dei drone, che richiedono un'erogazione di energia rapida e costante per un funzionamento efficiente. Tuttavia, un fattore C più elevato può anche implicare un costo maggiore, un peso superiore e dimensioni più grandi della batteria.

Batterie in serie e in parallelo

Le batterie per UAS possono essere collegate in due configurazioni principali: in serie e in parallelo. Quando le batterie sono collegate in serie, la tensione complessiva aumenta mentre la capacità rimane invariata. Ad esempio, collegando due batterie da 3,7 V e

1000 mAh in serie, si ottiene una tensione complessiva di 7,4 V (3,7 V + 3,7 V) e una capacità di 1000 mAh. D'altra parte, quando le batterie sono collegate in parallelo, la capacità complessiva aumenta mentre la tensione rimane invariata. Prendendo lo stesso esempio di due batterie da 3,7 V e 1000 mAh, se collegate in parallelo, si ottiene una tensione di 3,7 V e una capacità complessiva di 2000 mAh (1000 mAh + 1000 mAh). La scelta tra configurazioni in serie o in parallelo dipende dalle esigenze specifiche del drone e dalle prestazioni desiderate. Una configurazione in serie può essere utile per aumentare la potenza e la velocità del drone, mentre una configurazione in parallelo può essere preferibile per aumentare l'autonomia di volo.



Tipi di batterie più frequenti negli uas e loro caratteristiche

Nel mondo delle batterie, esistono numerosi tipi con caratteristiche diverse per soddisfare le varie esigenze delle applicazioni. Tra questi, alcuni dei tipi di batterie più comuni sono:

Batterie al piombo-acido: queste batterie sono state utilizzate per molti anni in applicazioni come avviamento di motori e sistemi di alimentazione di emergenza. Sono relativamente economiche e semplici da produrre, ma hanno un basso rapporto energia/peso e un ciclo di vita limitato sono soggette ad una perdita della carica maggiore agli altri tipi di batteria.

Batterie agli ioni di litio (Li-ion): le batterie Li-ion sono diventate popolari grazie alla loro capacità di immagazzinare una grande quantità di energia in un pacchetto leggero e compatto. Hanno un buon rapporto energia/peso, una maggiore densità energetica e un lungo ciclo di vita. Sono ampiamente utilizzate in dispositivi elettronici portatili e veicoli elettrici.

Batterie al litio-polimero (LiPo): le batterie LiPo sono una variante delle batterie agli ioni di litio e sono molto popolari nel settore degli UAS. Offrono un'elevata densità energetica, un buon rapporto energia/peso e una scarica ad alta corrente. Sono inoltre flessibili e leggere, il che le rende ideali per applicazioni in cui il peso e la forma sono fattori critici, come gli UAS. Inoltre non soffrono dell'effetto memoria

Batterie al nichel-cadmio (NiCd): queste batterie hanno una lunga durata e una buona capacità di erogazione di corrente, ma soffrono dell'effetto memoria e contengono metalli pesanti nocivi per l'ambiente. Sono state in gran parte sostituite dalle batterie agli ioni di litio e al litio-polimero.

Batterie al nichel-metal idruro (NiMH): le batterie NiMH sono simili alle batterie NiCd ma con una maggiore densità energetica e un minore impatto ambientale. Hanno un'elevata capacità di scarica, ma un ciclo di vita più breve rispetto alle batterie Li-ion e LiPo.

Batterie organiche: le batterie organiche sono una tecnologia emergente che utilizza materiali organici come elettroliti e/o elettrodi. Hanno il potenziale di offrire una maggiore densità energetica, una migliore sostenibilità e un minor impatto ambientale rispetto alle batterie tradizionali. Tuttavia, sono ancora in fase di sviluppo e non sono attualmente ampiamente utilizzate.

In confronto con le batterie LiPo, molte delle altre tipologie di batterie non offrono lo stesso livello di prestazioni in termini di densità energetica, rapporto energia/peso e capacità di scarica ad alta corrente. Queste caratteristiche rendono le batterie LiPo particolarmente adatte per l'uso negli UAS, dove il peso, la capacità energetica e le prestazioni sono fattori chiave.

Come è composta una batteria classica e come è composta una batteria LiPo

Per comprendere le differenze tra le batterie classiche e le batterie LiPo, è fondamentale analizzare la loro composizione e il loro funzionamento.

Le batterie classiche, come le batterie al piombo-acido, al nichel-cadmio (NiCd) e al nichel-metal idruro (NiMH), presentano alcuni componenti principali. Gli elettrodi sono costituiti da un anodo (polo negativo) e un catodo (polo positivo). Negli accumulatori al piombo, l'anodo è composto da piombo, mentre il catodo è composto da ossido di piombo. Nelle batterie NiCd e NiMH, l'anodo è costituito da idruro di metallo e il catodo da ossido di nichel. L'elettrolita è una soluzione chimica che facilita il trasporto degli ioni tra l'anodo e il catodo. Nelle batterie al piombo-acido, l'elettrolita è una soluzione di acido solforico, mentre nelle batterie NiCd e NiMH è composto da una soluzione di idrossido di potassio. Infine, il separatore è un materiale isolante che separa l'anodo e il catodo, prevenendo il cortocircuito tra i due elettrodi.

Le batterie al litio-polimero (LiPo) sono una variante delle batterie agli ioni di litio e presentano una struttura simile a quella delle batterie classiche, ma con alcune differenze chiave. L'anodo delle batterie LiPo è solitamente composto da grafite, mentre il catodo è costituito da un composto di ossido di metallo di litio, come il cobalto, il nichel o il manganese. A differenza delle batterie classiche, le batterie LiPo utilizzano un elettrolita solido o in gel a base di polimero. Questo polimero consente la conduzione degli ioni tra gli elettrodi e offre una maggiore flessibilità e leggerezza rispetto agli elettroliti liquidi tradizionali. Anche il separatore nelle batterie LiPo è un materiale isolante che separa l'anodo e il catodo, ma solitamente è più sottile e flessibile rispetto a quello delle batterie classiche.

Utilizzo e conservazione delle batterie: i cicli di ricarica e i caricabatterie e le batterie ibride

Utilizzare e conservare correttamente le batterie è fondamentale per garantire la sicurezza, massimizzare la durata delle batterie e mantenere le prestazioni degli UAS. È importante seguire alcune linee guida per la gestione delle batterie, compresi i cicli di ricarica, i caricabatterie e l'uso di batterie ibride.

Per quanto riguarda i cicli di ricarica, è essenziale seguire le raccomandazioni del produttore per il tempo di ricarica e il numero di cicli di carica. Inoltre, è opportuno evitare di scaricare completamente la batteria, in quanto ciò può danneggiare la capacità di mantenere la carica e ridurre la durata complessiva della batteria. Quando si ricarica una batteria, è importante utilizzare un caricabatterie compatibile e adatto per il tipo di batteria in uso.

I caricabatterie sono dispositivi che forniscono energia elettrica alle batterie per ricaricarle. Esistono diversi tipi di caricabatterie, ognuno con caratteristiche specifiche per soddisfare le diverse esigenze delle batterie. I caricabatterie ad impulsi, ad esempio, sono progettati per ridurre l'effetto memoria delle batterie NiCd e NiMH. Questo tipo di caricabatterie invia impulsi di corrente alla batteria durante la ricarica, il che permette di ridurre la formazione di cristalli all'interno delle celle e di prolungare la durata della batteria. Questi caricabatterie non possono essere usati per caricare le batterie LiPo. A questo requisito tecnico bisogna prestare attenzione in quanto ogni tipo di batteria ha un caricabatterie dedicato: l'utilizzo improprio di questi può causare certamente un corto circuito, esplosioni e incendi.

Le batterie ibride, invece, sono una combinazione di due tipi di tecnologie delle batterie, come le batterie agli ioni di litio e le batterie al polimero di litio. Queste batterie combinano i vantaggi delle diverse tecnologie per offrire prestazioni ottimali e una maggiore durata. Ad esempio, le batterie ibride possono avere una maggiore densità energetica, una maggiore capacità di scarica e una minore autodiscarica rispetto alle batterie tradizionali. Per conservare correttamente le batterie, è importante tenerle in un luogo fresco e asciutto, lontano dalla luce diretta del sole e da fonti di calore. È anche consigliabile rimuovere le batterie dall'UAS quando non sono in uso per un lungo periodo di tempo e conservarle in uno stato di carica parziale, solitamente tra il 30% e il 50%. Questo aiuta a prevenire la degradazione della batteria e a prolungare la sua durata.

Le temperature di utilizzo ed indicatori di una batteria danneggiata o rovinata

Le batterie, specialmente quelle agli ioni di litio (LiPo) utilizzate negli UAS, sono sensibili alle temperature. Le condizioni climatiche possono avere un impatto significativo sulle prestazioni e sulla durata delle batterie. È importante conoscere l'effetto della temperatura sulla batteria per mantenere il suo funzionamento ottimale e garantire la sicurezza del volo.

Le batterie LiPo funzionano meglio in un intervallo di temperature compreso tra 20 e 25 gradi Celsius. Tuttavia, possono funzionare in modo efficace anche in un intervallo più ampio, da circa 0 a 40 gradi Celsius. Al di fuori di questo intervallo, la batteria potrebbe subire danni o riduzioni significative delle prestazioni. Bisogna sempre far riferimento alle indicazioni del costruttore.

Le temperature troppo fredde possono causare un calo delle prestazioni della batteria. A basse temperature, la resistenza interna della batteria aumenta, causando una diminuzione della capacità e dell'erogazione di corrente. Questo può ridurre l'autonomia dell'UAS e compromettere la stabilità del volo.

Al contrario, temperature elevate possono causare un aumento del rischio di danni alla batteria. Il calore eccessivo può portare a un deterioramento rapido delle celle, riducendo la durata complessiva della batteria. Inoltre, le temperature estremamente elevate possono causare gonfiore, fuga di elettrolita o addirittura esplosioni e incendi.

Indicatori di batterie con problemi o danneggiate

Per garantire la sicurezza del volo e la durata delle batterie, è importante monitorare le condizioni delle batterie utilizzate negli UAS. Ecco alcuni indicatori che possono suggerire problemi o danni alle batterie:

Gonfiore: se la batteria appare gonfia o deformata, è probabile che sia danneggiata. Il gonfiore può essere causato da un sovraccarico, un cortocircuito o un surriscaldamento. Una batteria gonfia non dovrebbe essere utilizzata, in quanto può essere pericolosa.

Fuga di elettrolita: la presenza di liquido o di un residuo vischioso sulla superficie della batteria indica che l'elettrolita sta fuoriuscendo. Questa condizione può essere il risultato di un surriscaldamento, una sovraccarica o un danno fisico alla batteria. Le batterie con perdite di elettrolita devono essere smaltite in modo appropriato e sostituite.

Variazioni di tensione: se si notano variazioni significative nella tensione della batteria durante il volo o la ricarica, ciò può indicare problemi interni alla batteria. È importante monitorare le tensioni delle celle durante l'utilizzo per assicurarsi che siano all'interno dei limiti di sicurezza.

Riduzione dell'autonomia: se l'autonomia dell'UAS diminuisce significativamente senza una spiegazione apparente, la batteria potrebbe essere in fase di esaurimento. È importante monitorare l'autonomia del volo e sostituire le batterie che mostrano segni di degrado delle prestazioni.



Intelligent Flight Battery	
Capacity	5850 mAh
Voltage	11.4 V
Battery Type	LiPo 3S
Energy	43.6 Wh
Net Weight	Approx. 0.5lbs (240g)
Operating Temperature	41° to 104°F (5° to 40°)
Max Charging Power	100 W

Precauzioni nel trasporto batterie e nel caso di avaria all'UA Il livello di carica, l'efficienza e il danneggiamento Pericoli/Rischi associati alle batterie e norme di comportamento

Il trasporto e la gestione delle batterie, in particolare quelle agli ioni di litio (LiPo), richiedono precauzioni specifiche per garantire la sicurezza e prevenire danni all'UAS. Durante il trasporto delle batterie, è fondamentale considerare il livello di carica, l'efficienza e lo stato di danneggiamento delle batterie. Il livello di carica delle batterie influisce sulla sicurezza durante il trasporto. È consigliabile trasportare le batterie con una carica parziale, generalmente tra il 30% e il 50%. Ciò riduce il rischio di incidenti dovuti a cortocircuiti o surriscaldamento. L'efficienza delle batterie può essere influenzata dalla modalità di trasporto e dalle condizioni ambientali. Durante il trasporto, è importante proteggere le batterie da temperature estreme, umidità eccessiva e vibrazioni.

Le batterie devono essere conservate e trasportate in apposite custodie protettive per ridurre il rischio di danni accidentali. Nel caso di avaria all'UA, è essenziale ispezionare attentamente le batterie per verificare eventuali danni o deformazioni. Se si sospetta che una batteria sia danneggiata, è importante smaltirla in modo appropriato e sostituirla con una nuova. Pericoli e rischi associati alle batterie e norme di comportamento. Le batterie, in particolare quelle LiPo, presentano alcuni pericoli e rischi che richiedono un'adeguata gestione e precauzioni. I principali rischi associati alle batterie includono cortocircuiti, surriscaldamento, esplosioni e incendi.

Per minimizzare questi rischi, è importante seguire alcune norme di comportamento:

- Utilizzare e conservare le batterie in ambienti asciutti e lontano da fonti di calore o fiamme.
- Evitare di perforare, piegare o deformare le batterie, in quanto ciò potrebbe causare cortocircuiti o perdite di elettrolita.
- Utilizzare sempre caricabatterie compatibili e seguire le istruzioni del produttore per la ricarica delle batterie.
- Controllare regolarmente lo stato delle batterie per rilevare eventuali segni di gonfiore, perdite di elettrolita o variazioni di tensione.
- Nel caso di danni alle batterie, smaltirle in modo appropriato e sostituirlle con nuove.



Parte IV

Technical and operational mitigations for ground risk

1. Individuazione, valutazione e mitigazione dei rischi in fase di pianificazione, preparazione/predisposizione ed esecuzione del volo

Il concetto di ground risk riveste un ruolo fondamentale nella sicurezza delle operazioni degli UAS. Si tratta di un aspetto cruciale da considerare al fine di valutare e mitigare i potenziali pericoli e impatti delle attività degli UAS sulle persone e sulle proprietà a terra. Secondo l'AMC (Acceptable Means of Compliance) UAS.OPEN.30, definita dall'Agenzia dell'Unione Europea per la Sicurezza Aerea (EASA), il ground risk è il rischio connesso alle operazioni UAS che possono avere effetti negativi sulle persone, sugli animali, sulle proprietà e sull'ambiente a terra. Questa definizione è stata sviluppata per stabilire gli standard e le linee guida per le operazioni degli UAS nell'Unione Europea e mira a promuovere un approccio sistematico e responsabile alla gestione dei rischi a terra. Per ridurre il ground risk, l'AMC UAS.OPEN.30 suggerisce di seguire alcune procedure e precauzioni. Tra queste, è importante pianificare attentamente le operazioni UAS, valutare attentamente le aree di volo, considerare i possibili scenari di emergenza e definire procedure di atterraggio di emergenza. Inoltre, è essenziale garantire che il personale coinvolto nelle operazioni UAS sia adeguatamente formato e informato sui potenziali rischi a terra e sulle strategie di mitigazione.

La gestione del ground risk richiede una pianificazione accurata e una valutazione continua delle condizioni operative. Seguendo le linee guida dell'AMC UAS.OPEN.30 e adottando un approccio proattivo nella gestione dei rischi, è possibile ridurre significativamente il potenziale impatto delle operazioni UAS sulle persone, sulle proprietà e sull'ambiente a terra, garantendo così un utilizzo sicuro e responsabile degli UAS.

La gestione dei rischi associati alle operazioni di volo degli UAS è fondamentale per garantire la sicurezza delle persone, delle proprietà e dell'ambiente. Questo processo si articola in tre fasi distinte: pianificazione, preparazione/predisposizione ed esecuzione del volo. Durante ognuna di queste fasi, è importante identificare, valutare e mitigare i rischi potenziali.

Pianificazione del volo

Nella fase di pianificazione del volo, l'operatore UAS deve considerare tutti i fattori che possono influenzare la sicurezza dell'operazione. Questi includono la selezione del luogo di volo, la valutazione delle condizioni meteorologiche, l'analisi del traffico aereo nelle vicinanze e la definizione di percorsi di volo sicuri. L'operatore deve anche identificare e valutare i rischi specifici associati all'attività, come la presenza di ostacoli, la densità di persone o le restrizioni di volo in vigore.

Preparazione/predisposizione del volo

Durante la fase di preparazione, l'operatore UAS deve assicurarsi che l'equipaggiamento sia in condizioni ottimali e che tutti i sistemi funzionino correttamente. È importante verificare il corretto funzionamento delle batterie, dei motori e dei sistemi di controllo. L'operatore deve inoltre verificare che tutte le procedure di emergenza siano ben definite e che il personale coinvolto sia adeguatamente formato e informato sui possibili rischi e sulle strategie di mitigazione.

Esecuzione del volo

Durante l'esecuzione del volo, l'operatore UAS deve monitorare costantemente la situazione e adattare il piano di volo in base alle condizioni operative. È importante prestare

attenzione a eventuali cambiamenti meteorologici, a ostacoli imprevisti o a modifiche nelle restrizioni di volo. In caso di emergenza, l'operatore deve essere pronto ad attuare le procedure di emergenza stabilite in fase di pianificazione e preparazione.

Sistemi dell'UA finalizzati alla mitigazione tecnica del Rischio a Terra

L'utilizzo di sistemi di mitigazione tecnica del Rischio a Terra negli UAS contribuisce a garantire un elevato livello di sicurezza durante le operazioni di volo. Integrando queste soluzioni nei loro sistemi, gli operatori possono ridurre significativamente il rischio di incidenti e proteggere persone, proprietà e ambiente. La mitigazione del Rischio a Terra è essenziale per garantire la sicurezza delle operazioni con UAS. Diverse soluzioni tecniche possono essere impiegate per ridurre il rischio di incidenti e migliorare la sicurezza durante il volo. In questo capitolo, esamineremo alcuni sistemi di mitigazione tecnica del Rischio a Terra comunemente utilizzati negli UAS, tra cui il terminatore, il geofencing, i paraeliche, le luci notturne e i sensori. Il terminatore è un dispositivo di sicurezza che consente di interrompere immediatamente la spinta dei motori in caso di emergenza. In tal modo, l'UAS può essere immobilizzato rapidamente, riducendo il rischio di incidenti a terra.

Il geofencing è una tecnologia che impedisce agli UAS di entrare in aree predefinite, come vicinanze di aeroporti, zone militari o aree residenziali. Questo sistema utilizza le coordinate GPS per stabilire limiti virtuali e garantire che l'UAS rimanga all'interno di un'area di volo sicura. I paraeliche sono strutture di protezione che circondano le eliche degli UAS per prevenire danni a persone, animali o infrastrutture in caso di collisione. Questi dispositivi possono essere realizzati in vari materiali e riducono significativamente il rischio di lesioni a terra.

Le luci notturne sono dispositivi di illuminazione montati sull'UAS per migliorarne la visibilità durante le operazioni notturne. Queste luci aiutano gli operatori e altre persone a individuare facilmente l'UAS, riducendo il rischio di collisioni o incidenti. Non è previsto che le luci dell'UAS debbano rispecchiare il posizionamento di quelle degli aeromobili, ma è necessario che consentano di poter avvistare il mezzo durante l'attività notturna (per attività notturna si intendono le operazioni che si svolgono mezz'ora dopo lo scadere delle effemeridi). I sensori, come i sistemi di rilevamento e prevenzione delle collisioni, sono dispositivi utilizzati per rilevare ostacoli o altre minacce nelle vicinanze dell'UAS. Questi sistemi possono utilizzare diverse tecnologie, come radar, lidar o fotocamere, per identificare e segnalare ostacoli all'operatore. In tal modo, l'operatore può prendere decisioni informate e ridurre il rischio di incidenti.

I fattori e gli elementi che aumentano o diminuiscono il rischio a terra

Il rischio a terra durante le operazioni con UAS può essere influenzato da diversi fattori ed elementi, tra cui il payload, l'energia all'impatto, le condizioni meteorologiche e le emissioni elettromagnetiche. È fondamentale comprendere come questi fattori possano aumentare o diminuire il rischio a terra e implementare strategie di mitigazione appropriate.

Il payload di un UAS può influire sul rischio a terra, poiché un carico più pesante può aumentare l'energia cinetica dell'UAS, rendendo potenzialmente più dannose le collisioni con oggetti o persone a terra. Tuttavia, un payload ben progettato e correttamente

assicurato può ridurre il rischio a terra, poiché diminuisce la probabilità di caduta accidentale del carico o di squilibrio del veicolo.

L'energia all'impatto è un fattore cruciale nel valutare il rischio a terra. Un UAS che si muove a una velocità maggiore avrà un'energia all'impatto più elevata, aumentando il potenziale di danni in caso di collisione. Volare a velocità ridotte, mantenere un'altitudine adeguata e utilizzare materiali deformabili nella costruzione dell'UAS possono contribuire a diminuire il rischio a terra.

Le condizioni meteorologiche possono influenzare notevolmente il rischio a terra. Forti venti, pioggia, nebbia o neve possono ridurre la visibilità e la stabilità dell'UAS, aumentando la probabilità di incidenti. Monitorare e adattarsi alle condizioni meteorologiche è essenziale per ridurre il rischio a terra.

Le emissioni elettromagnetiche possono interferire con i sistemi di comunicazione e navigazione dell'UAS, aumentando il rischio a terra. Per ridurre questo rischio, è importante comprendere e mitigare l'impatto delle emissioni elettromagnetiche, ad esempio scegliendo frequenze radio appropriate e mantenendo una distanza di sicurezza dalle fonti di interferenza.



Alcune caratteristiche dell'UAS possono anche contribuire a ridurre il rischio a terra. Ad esempio, l'assenza di parti appuntite o affilate, il peso ridotto e l'utilizzo di materiali deformabili possono diminuire l'energia all'impatto e il potenziale di danni in caso di collisione. Inoltre, pianificare le operazioni in orari in cui è meno probabile incontrare persone o oggetti a terra può contribuire a ridurre ulteriormente il rischio.

Responsabilità del pilota nella valutazione e mitigazione del rischio a terra: mitigazioni operative e analisi dell'area delle operazioni

Nel contesto delle operazioni di UAS, il pilota ha un ruolo cruciale nella valutazione e mitigazione del rischio a terra. Una delle strategie operative che possono essere adottate per mitigare i rischi è l'introduzione di un osservatore. L'osservatore può essere una persona che non è necessariamente un pilota, ma che è in grado di supportare il pilota durante il volo e fornire informazioni aggiuntive sull'ambiente circostante.

L'osservatore lavora a stretto contatto con il pilota e può muoversi in modo da ottenere una migliore acquisizione di dati durante l'attività di volo.

Il suo ruolo è di monitorare l'area delle operazioni, avvisare il pilota di eventuali intrusioni da parte di persone non coinvolte nelle operazioni e contribuire a garantire la sicurezza delle operazioni. Inoltre, l'osservatore può assistere il pilota nell'identificazione di possibili ostacoli o pericoli e nella comunicazione con le autorità o altre parti interessate, se necessario.

Altre mitigazioni operative possono includere l'uso di procedure di volo specifiche, come voli a bassa quota o l'adozione di percorsi alternativi per evitare aree ad alto rischio. Il pilota deve anche essere attento alle condizioni meteorologiche e ai loro effetti sulle prestazioni dell'UAS, al fine di garantire un volo sicuro e stabile.

L'analisi dell'area delle operazioni è un'altra responsabilità fondamentale del pilota. Ciò richiede una valutazione accurata delle caratteristiche geografiche, delle infrastrutture e delle attività umane presenti nell'area. Il pilota deve essere in grado di identificare le possibili fonti di rischio e di sviluppare piani di volo e procedure operative adeguate per mitigare tali rischi.

Comportamenti per mantenere basso il rischio a terra: volo normale e situazioni inaspettate o di contingenza

Mantenere un basso rischio a terra durante le operazioni di UAS è fondamentale per garantire la sicurezza di persone e proprietà. È importante adottare comportamenti adeguati sia in condizioni di volo normali che in situazioni inaspettate o di contingenza. In condizioni di volo normali, i seguenti comportamenti possono contribuire a mantenere basso il rischio a terra:

Pianificazione accurata del volo: prima di ogni operazione, il pilota deve pianificare accuratamente il volo, tenendo conto dell'area delle operazioni, delle condizioni meteorologiche, degli ostacoli e dei possibili pericoli.

Mantenimento di una distanza di sicurezza: il pilota deve sempre mantenere una distanza di sicurezza adeguata dalle persone, dalle strutture e dagli ostacoli presenti nell'area delle operazioni.

Comunicazione efficace: il pilota e l'osservatore, se presente, devono comunicare costantemente e chiaramente tra loro e con le altre parti interessate, come le autorità o i proprietari delle strutture presenti nell'area.

Addestramento e aggiornamento delle competenze: il pilota deve continuare a migliorare e aggiornare le proprie competenze attraverso la formazione e la pratica regolare.

In situazioni inaspettate o di contingenza, i seguenti comportamenti possono aiutare a mantenere basso il rischio a terra:

Mantenimento della calma: il pilota deve cercare di mantenere la calma e valutare attentamente la situazione prima di prendere decisioni.

Adozione di procedure di emergenza: il pilota deve essere a conoscenza delle procedure di emergenza e attuarle prontamente in caso di necessità.

Abbandono del volo: se le condizioni lo richiedono, il pilota deve essere pronto a interrompere l'operazione e far atterrare l'UAS in modo sicuro.

Richiesta di assistenza: in caso di situazioni complesse o di emergenza, il pilota non deve esitare a richiedere assistenza da parte di altre persone presenti nell'area delle operazioni, delle autorità competenti o dei servizi di emergenza.

Limitazioni categoria OPEN – A2

Benvenuto al capitolo dedicato alle limitazioni previste per la categoria OPEN A2 del nostro manuale per piloti di droni.

La categoria OPEN A2 è stata creata per consentire ai piloti di aeromobili a pilotaggio remoto di operare in modo più flessibile e sicuro in un'ampia varietà di scenari. In questo capitolo, esamineremo le principali limitazioni e requisiti associati a questa categoria, come stabilito dalla normativa europea in materia di aviazione. L'attestato di pilotaggio A2 vi consente di operare con velivoli aventi un peso superiore ai 900 grammi ma inferiore ai 4 kg dotato di sistema di geoconsapevolezza.



Requisiti del drone

Per rientrare nella categoria OPEN A2, il drone deve soddisfare le seguenti specifiche tecniche:

- Peso massimo al decollo (MTOW) non superiore a 4 kg (C2).
- Essere contrassegnato con la marcatura di conformità CE per la classe corrispondente (C2).

Requisiti del pilota

I piloti che operano nella categoria OPEN A2 devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Avere almeno 16 anni di età.
- Avere completato con successo un corso di formazione teorica riconosciuto dall'autorità nazionale competente (ENAC) e aver superato un esame finale.
- Possedere un attestato di competenze per l'uso di droni nella categoria A2.

Limitazioni operative

Le operazioni devono essere condotte secondo le seguenti limitazioni:

- Mantenere il drone entro la linea di vista (VLOS) del pilota.
- Non volare a una distanza orizzontale superiore a 500 metri dal pilota.

- Non superare un'altitudine massima di 120 metri (400 piedi) sul terreno o sulle strutture circostanti.
- Mantenere una distanza di sicurezza di 30 metri dalle persone non coinvolte nell'operazione del drone (5 metri in modalità "a bassa velocità" per i droni C2 e 50 metri per i droni non classificati C2).
- Non operare sopra assembramenti di persone.
- Rispettare le normative locali e nazionali relative alla privacy e alla protezione dei dati.

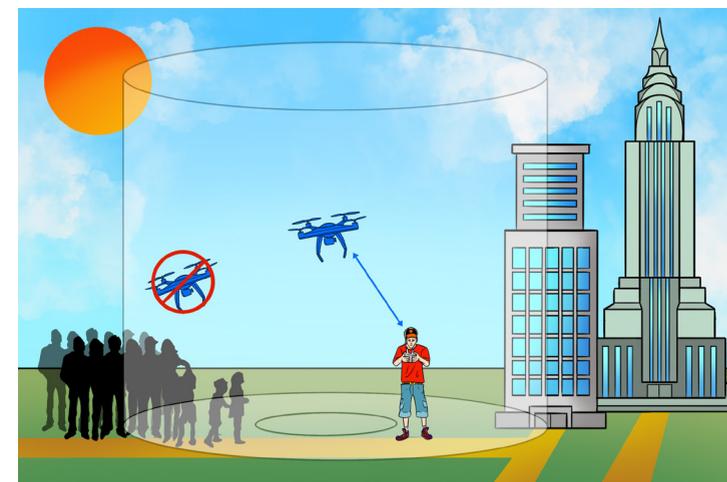
Zone operative

Le operazioni nella categoria OPEN A2 sono limitate alle seguenti aree:

- Spazio aereo non controllato (Classe G).
- Zone specificate dall'autorità nazionale competente in cui le operazioni di droni sono consentite.

Adempimenti legali

- Registrare l'UAS sull'apposito portale, dotarlo di codice identificativo QR rilasciato dall'Ente o da organo da lui delegato e assicurarne con idonea assicurazione
- Divieto di sorvolo su assembramenti di persone.



Area a terra controllata (controlled ground area) e operazioni da mezzi in movimento (veicoli, imbarcazioni)

Le operazioni di UAS in aree a terra controllate e da mezzi in movimento richiedono una pianificazione accurata e l'osservanza delle normative stabilite dalle autorità competenti, come l'ENAC in Italia. Per garantire la sicurezza di tutte le parti coinvolte e per promuovere un utilizzo responsabile dei UAS, i piloti devono familiarizzare con le regole e le procedure specifiche applicabili a questi tipi di operazioni: è fondamentale che i piloti di UAS si attengano alle disposizioni normative e alle linee guida per le operazioni in aree a terra controllate e da mezzi in movimento. Ciò include l'ottenimento delle autorizzazioni necessarie, la collaborazione con le autorità locali e la conformità alle restrizioni temporali e spaziali stabilite. Inoltre, i piloti devono essere consapevoli delle sfide e dei rischi associati a queste operazioni e mettere in pratica le competenze acquisite durante la formazione per garantire un'esecuzione sicura e conforme alle regole.

Per poter operare correttamente un'attività di volo è necessario che siano coinvolte le autorità civili, militari (qualora l'attività si svolgesse all'interno di aree o spazi aerei gestiti da quest'ultime), dalle autorità governative (nulla osta della Prefettura all'interno di quelle aree di particolare sensibilità o all'interno degli spazi aerei in cui è vietato il sorvolo per motivi di sicurezza e ordine pubblico).

L'utilizzo di sistemi aerei senza equipaggio (Unmanned Aircraft Systems, UAS) ha rivoluzionato diversi settori, tra cui l'agricoltura, l'ingegneria civile, la mappatura topografica e il monitoraggio ambientale. Tuttavia, la crescente popolarità dei UAS richiede un quadro normativo chiaro e solido che garantisca la sicurezza di tutti gli utenti dello spazio aereo. In questo capitolo, esamineremo le disposizioni regolamentari per le operazioni di UAS in aree a terra controllate e da mezzi in movimento, con particolare riferimento all'Italia.

Aree a Terra Controllate

Le aree a terra controllate sono spazi delimitati utilizzati per il decollo, l'atterraggio e il controllo dei UAS. In Italia, l'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) è responsabile della regolamentazione e della supervisione delle attività aeree, incluse le operazioni di UAS. Pertanto, i piloti di UAS devono rispettare le disposizioni normative stabilite dall'ENAC.

Nel caso delle aree a terra controllate, i piloti di UAS devono osservare le seguenti regole:

- Ottenere le autorizzazioni necessarie dall'ENAC e dagli enti locali prima di avviare le operazioni in aree a terra controllate.
- Prestare particolare attenzione alle operazioni nelle vicinanze di aeroporti, eliporti e altre infrastrutture aeronautiche, dove potrebbero verificarsi interferenze con altre operazioni aeree.
- Rispettare le restrizioni temporali e spaziali stabilite dalle autorità competenti per le aree a terra controllate, al fine di garantire la sicurezza di tutte le parti coinvolte.
- Avvalersi del supporto di un osservatore che dovrà essere istruito prima dell'attività di volo su come si svolgeranno le operazioni.

Operazioni da Mezzi in Movimento

Le operazioni di UAS effettuate da mezzi in movimento, come veicoli e imbarcazioni, presentano sfide aggiuntive in termini di sicurezza e coordinamento. Pertanto, l'ENAC ha stabilito che tali operazioni non possono essere condotte in categoria OPEN. Se il mezzo è fermo è possibile per il pilota procedere con questo tipo di operazioni tenendo in considerazione i seguenti punti:

- I piloti di UAS devono possedere una licenza valida rilasciata dall'ENAC, che attesti la loro competenza nel condurre operazioni da mezzi in movimento.
- È necessario coordinarsi con le autorità marittime o terrestri competenti per garantire la sicurezza delle operazioni e la condivisione adeguata delle informazioni sulle attività in corso.
- I piloti di UAS devono rispettare le norme di ingombro, altezza e distanza stabilite dall'ENAC per le operazioni da mezzi in movimento, al fine di ridurre al minimo i rischi di collisione con altri utenti dello spazio aereo o con ostacoli fissi.

2. Funzioni del UA: modo “bassa velocità” (low speed mode)

La modalità a bassa velocità è una funzione importante dei sistemi aerei senza equipaggio, che offre vantaggi significativi in termini di sicurezza, stabilità e precisione nelle operazioni di volo. Comprendere le caratteristiche e le applicazioni di questa modalità è fondamentale per i piloti di UAS, che devono essere in grado di adattare le prestazioni del drone alle specifiche esigenze della missione. La corretta selezione e l'utilizzo della modalità a bassa velocità possono portare a risultati più accurati, ridurre al minimo gli errori e migliorare la sicurezza complessiva delle operazioni.

Per sfruttare al meglio la modalità a bassa velocità, i piloti di UAS dovrebbero:

- Familiarizzare con le impostazioni e le funzioni del loro drone, comprese le opzioni per attivare e regolare la modalità a bassa velocità.
- Valutare attentamente le esigenze della missione e determinare se la modalità a bassa velocità è appropriata per l'operazione in corso.
- Prestare attenzione alla durata della batteria durante l'utilizzo della modalità a bassa velocità, poiché l'aumento della stabilità e della precisione può comportare un maggiore consumo energetico.
- Monitorare attentamente le condizioni meteorologiche e ambientali durante le operazioni in modalità a bassa velocità, poiché il drone potrebbe essere più sensibile a fattori come il vento e le turbolenze.

I sistemi aerei senza equipaggio (Unmanned Aircraft Systems, UAS) sono dotati di diverse funzioni e modalità operative che consentono ai piloti di adattare le prestazioni del drone alle specifiche esigenze della missione. Una di queste funzioni è la modalità a bassa velocità (low-speed mode), che offre vantaggi significativi in termini di sicurezza e precisione nelle operazioni di volo. In questo capitolo, esamineremo le caratteristiche e le applicazioni della modalità a bassa velocità nel contesto delle operazioni di UAS.

Caratteristiche della Modalità Bassa Velocità

La modalità a bassa velocità è una funzione programmata nel sistema di controllo del drone che riduce la velocità massima dell'UAS, consentendo una maggiore precisione e controllo durante il volo. Le principali caratteristiche di questa modalità includono:

Riduzione della velocità massima: la modalità a bassa velocità limita la velocità del drone a un valore preimpostato, che può essere adattato in base alle esigenze dell'operazione a 3 metri al secondo.

Aumento della stabilità: grazie alla riduzione della velocità, il drone può mantenere una posizione più stabile in aria, facilitando il controllo da parte del pilota.

Miglioramento della precisione: la modalità a bassa velocità permette un controllo più preciso del drone durante le manovre, riducendo al minimo gli errori e gli incidenti.

Applicazioni della Modalità Bassa Velocità

La modalità a bassa velocità può essere utilizzata in una vasta gamma di scenari operativi, tra cui:

Ispezioni infrastrutturali: durante le ispezioni di ponti, dighe, torri elettriche e altre infrastrutture, la modalità a bassa velocità consente al pilota di UAS di esaminare attentamente le strutture e rilevare eventuali difetti o danni.

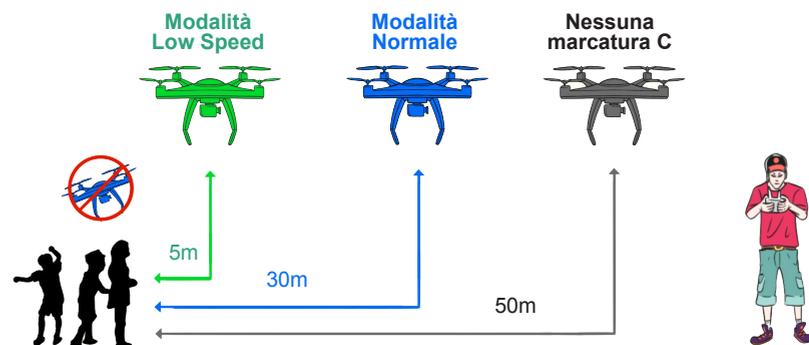
Fotogrammetria e mappatura: la modalità a bassa velocità facilita la cattura di immagini ad alta risoluzione e l'elaborazione di mappe accurate, grazie alla maggiore stabilità e precisione del drone durante il volo.

Monitoraggio ambientale e della fauna selvatica: la modalità a bassa velocità permette di osservare gli ecosistemi e gli animali selvatici con minore disturbo, contribuendo alla raccolta di dati accurati e alla conservazione della natura.

Operazioni di ricerca e soccorso: in situazioni di emergenza, la modalità a bassa velocità può consentire ai soccorritori di individuare e raggiungere in modo più efficace le persone in pericolo, grazie alla maggiore precisione e stabilità del drone.

Possibilità di avvicinarsi alle persone non coinvolte fino a 5 metri, riducendo così l'area di buffer.

	Velocità normale	Bassa velocità
Marcatura di classe	min 30m	min 5m
Senza Marcatura di classe	min 50m	min 50m



La funzione Low speed permette di avvicinarsi alle persone riducendo il limite di distanza orizzontale in categoria open A2 e con drone con marcatura C, da 30 metri a 5 metri.

3. Valutare la distanza tra le persone

Le operazioni con droni, sia per uso ricreativo che professionale, sono sempre più diffuse in ambito civile e commerciale. La sicurezza delle persone non coinvolte è di fondamentale importanza durante queste operazioni, e calcolare correttamente la distanza di sicurezza è essenziale. In questo capitolo, esploreremo come calcolare la distanza tra il drone e le persone non coinvolte, tenendo conto di vari fattori come la dimensione del drone, la sua velocità e le normative locali.

Persone coinvolte e non coinvolte in un'operazione con UAS

Nel contesto delle operazioni con sistemi aerei senza equipaggio (Unmanned Aircraft Systems, UAS), è fondamentale comprendere la differenza tra persone coinvolte e non coinvolte. Questa distinzione è cruciale per garantire la sicurezza e il rispetto delle normative durante l'utilizzo dei droni. In questo capitolo, esamineremo le caratteristiche delle persone coinvolte e non coinvolte nelle operazioni con UAS e le responsabilità dei piloti nei confronti di entrambe le categorie.

Persone Coinvolte

Le persone coinvolte in un'operazione con UAS sono coloro che partecipano attivamente all'attività del drone, siano essi piloti, osservatori o membri del team di supporto. Queste persone sono generalmente consapevoli dei rischi associati all'uso del drone e accettano volontariamente tali rischi nell'ambito delle loro mansioni. Le persone coinvolte devono essere adeguatamente istruite sulle procedure di sicurezza e sulle responsabilità connesse all'operazione del drone.

Persone Non Coinvolte

Le persone non coinvolte sono coloro che si trovano nelle vicinanze dell'area di operazione del drone ma non partecipano attivamente all'attività dell'UAS. Questo gruppo può includere passanti, residenti locali o qualsiasi altra persona che non sia direttamente coinvolta nell'operazione del drone. Poiché queste persone non sono consapevoli dei rischi associati all'uso del drone e non hanno accettato volontariamente tali rischi, i piloti di UAS hanno la responsabilità di proteggerle e di mantenere una distanza di sicurezza adeguata durante le operazioni.

La distanza minima dalle persone non coinvolte e la valutazione e mantenimento della distanza

Le distanze da rispettare quando si opera in CATEGORIA OPEN subcategoria A2 sono:

- Se il mezzo è dotato di marchio C2 può avvicinarsi ad una distanza di 30 metri da persone non coinvolte nelle operazioni di volo o assemblate
- Se il mezzo non è dotato di marchio C2 deve mantenere una distanza di 50 metri da persone non coinvolte nelle operazioni di volo o assemblate
- È fatto divieto di sorvolo sopra assembramenti di persone
- Se il mezzo è dotato di un sistema che consente lo SLOW SPEED MODE, può avvicinarsi sino a 5 metri da assembramenti o persone non coinvolte.

Al fine di valutare che venga rispettata la corretta distanza tra le persone e l'UAS il pilota può avvalersi del supporto di un osservatore, avvalersi di sistemi di misurazione delle distanze esterne o segregare l'area dove si svolgerà l'attività di volo. Se accidentalmente si sorvolerà una persona non coinvolta nelle operazioni, il pilota allontanerà il velivolo il più rapidamente possibile dal soggetto e qualora persistesse la condizione, interromperà il volo. È possibile altresì usare strumenti per il calcolo della distanza quali telemetri laser.

Dotazioni e informazioni per le persone coinvolte nelle operazioni

Un pilota UAS deve essere adeguatamente attrezzato per avvisare le persone dell'attività di volo. Tra le dotazioni fondamentali, si trovano mezzi di comunicazione, come radio, telefoni cellulari o altri dispositivi, utili per comunicare con il personale coinvolto nelle operazioni di volo e con le autorità di controllo del traffico aereo, se necessario. Inoltre, è importante avere dispositivi di segnalazione visiva, come giubbotti ad alta visibilità, coni e segnali luminosi per delimitare l'area di decollo e atterraggio e per segnalare la presenza del drone ai passanti e al personale coinvolto nelle operazioni.

L'area di decollo e atterraggio del drone deve essere sgombra nelle fasi in cui viene occupata dal mezzo. Dovranno essere fornite informazioni dettagliate alle persone coinvolte nelle operazioni di volo. Tali informazioni includeranno il piano di volo, con specifiche su rotte, altitudini e durata prevista dell'operazione oltre a spiegare le procedure di sicurezza e di emergenza, come l'evacuazione dell'area in caso di incidenti o problemi tecnici. Le persone non coinvolte nelle operazioni di volo devono essere informate sulla presenza del drone nell'area, sul tipo di attività che si sta svolgendo, se sono in corso riprese, l'avviso sulla privacy, gli avvisi di mantenere una distanza di sicurezza e di non avvicinarsi al dispositivo mentre è in funzione.

Il posizionamento del pilota, dell'osservatore e il volo FPV

È fondamentale che il pilota sia posizionato in un luogo che gli permetta di mantenere la visuale a occhio nudo sull'UAS durante tutto il volo. Il mantenimento della visuale diretta è essenziale per poter valutare rapidamente le condizioni meteorologiche, individuare eventuali ostacoli o altre aeronavi e agire prontamente in caso di emergenza.

Per massimizzare la sicurezza e la consapevolezza situazionale, si consiglia al pilota di posizionarsi in un'area aperta, con un campo visivo ampio e libero da ostacoli che potrebbero ostacolare la visuale sull'UAS. È importante prestare attenzione anche all'angolazione del sole, che potrebbe accecare il pilota o rendere difficile l'identificazione dell'UAS in volo. Per aumentare il livello di sicurezza e per aiutare il pilota nelle fasi di volo, si può coinvolgere un osservatore, questo non è necessario che sia un pilota, ma deve essere istruito in merito alla missione, alle regole e messo in condizione di poter comunicare correttamente con il pilota. L'osservatore deve essere posizionato in modo tale da avere una visuale chiara sull'UAS e sullo spazio aereo circostante, inoltre, l'osservatore deve essere in grado di comunicare efficacemente con il pilota per segnalare eventuali pericoli o cambiamenti nelle condizioni operative.

Il volo FPV offre ai piloti di UAS un'esperienza di volo immersiva e la possibilità di vedere in tempo reale ciò che l'UAS vede attraverso una telecamera montata sul drone. Tuttavia, il volo FPV presenta alcune sfide, sia perché il pilota non ha una visuale diretta sull'UAS sia perché la velocità di movimento, le evoluzioni e spesso il volo non è supportato da sistemi di aiuto al mantenimento di quota, potenza e posizione. In questo caso, è ancora più importante disporre di un osservatore competente che mantenga una visuale diretta sull'UAS e che possa fornire informazioni cruciali al pilota. L'osservatore deve avere una visione diretta del mezzo e non mediata da altri strumenti quali binocoli o visori. Anche il volo FPV ha i limiti operativi imposti dalla categoria A2. Ciò include il rispetto delle restrizioni di altezza, delle distanze di sicurezza dalle persone e delle norme sul volo in aree specifiche. Il pilota deve lavorare a stretto contatto con l'osservatore per garantire il rispetto di queste norme e per mantenere la consapevolezza situazionale.

Gli assembramenti di persone, responsabilità del pilota e distanze di sicurezza in ambito urbano e in condizioni di vento

Uno degli aspetti più delicati nella gestione delle operazioni di UAS riguarda il volo in prossimità di assembramenti di persone. In questo capitolo, esamineremo le responsabilità del pilota in merito alla distanza di sicurezza da mantenere in ambiente urbano e in presenza di vento, facendo riferimento alle normative italiane. In Italia, il pilota di un

UAS è tenuto a rispettare il Regolamento di Esecuzione (UE) 2019/947 e il Regolamento di Esecuzione (UE) 2019/945, che stabiliscono le norme per la sicurezza e la privacy durante le operazioni di UAS. In particolare, è fondamentale che il pilota sia sempre consapevole della sua responsabilità di garantire la sicurezza delle persone a terra durante le operazioni di volo. Le normative italiane impongono precise distanze di sicurezza da mantenere quando si opera in prossimità di assembramenti di persone. Il pilota è tenuto a garantire una distanza minima di 50 metri dalle persone non coinvolte nell'operazione dell'UAS e di 30 metri in condizioni di volo controllato. Tuttavia, in ambiente urbano, dove la densità di persone e la presenza di infrastrutture possono variare notevolmente, è importante che il pilota adotti ulteriori precauzioni. In presenza di vento, le operazioni di UAS diventano più complesse, poiché il controllo del drone può essere compromesso dalle raffiche. In queste condizioni, è ancor più importante che il pilota presti attenzione alla distanza di sicurezza dalle persone e alle possibili variazioni delle condizioni meteorologiche. Si raccomanda di aumentare la distanza di sicurezza in presenza di vento, al fine di prevenire possibili incidenti causati dalla perdita di controllo dell'UAS. Il pilota deve inoltre tenere presente che, in caso di incidenti che coinvolgano persone a terra, la responsabilità penale e civile ricade su di lui. Pertanto, è fondamentale seguire le normative italiane e le buone pratiche per ridurre i rischi associati alle operazioni di UAS in prossimità di assembramenti di persone.

4. La regola 1:1

La regola 1:1 è un concetto importante nel campo delle operazioni di UAS, che aiuta a garantire la sicurezza del volo, in particolare quando si tratta di gestire l'altitudine e la distanza dall'operatore è basata sull'idea di mantenere un rapporto costante tra l'altitudine e la distanza orizzontale dall'operatore, al fine di evitare possibili incidenti e garantire una maggiore consapevolezza situazionale. Secondo questa regola, il pilota dovrebbe mantenere un rapporto 1:1 tra l'altitudine del drone e la sua distanza dall'operatore. Ad esempio, se il drone si trova a 50 metri di altitudine, dovrebbe essere posizionato a una distanza orizzontale di almeno 50 metri dall'operatore. Seguendo questa regola, il pilota può mantenere una visuale diretta sull'UAS, facilitando la navigazione e la gestione delle situazioni di emergenza. Questa regola è utile in scenari in cui la visibilità può essere ridotta, come in presenza di nebbia o pioggia, o nei casi in cui si operi in contesti urbani (ricordando sempre che la distanza minima dalle persone non è derogata). Mantenendo un rapporto costante tra altitudine e distanza, il pilota può assicurarsi di avere una chiara visuale sull'UAS e di poter reagire prontamente a eventuali cambiamenti nelle condizioni operative. È importante notare che la regola 1:1 è una linea guida generale e non sostituisce le normative locali. I piloti di UAS devono sempre rispettare le leggi e le regolamentazioni locali riguardanti l'altitudine massima di volo, le distanze di sicurezza e altre restrizioni operative.

Applicabilità della distanza minima a UA di classe C2 e UA senza certificazione ai sensi del regolamento (UE) 2019/945

Le normative e le linee guida applicabili alle operazioni di UAS variano a seconda della classe e delle caratteristiche del drone utilizzato. In questo capitolo, discuteremo l'applicabilità delle distanze minime di sicurezza per gli UA di classe C2 e gli UAS senza certi-

ficazione ai sensi del Regolamento (UE) 2019/945, considerando anche l'importanza dell'identificazione delle distanze minime in funzione dell'altitudine di volo e del tipo di UAS utilizzato.

Gli UA di classe C2 sono generalmente caratterizzati da un peso compreso da un peso superiore i 900 grammi ed inferiore a 4 kg e sono progettati per operazioni in scenari a basso rischio. Tuttavia, è importante che i piloti di questi droni siano consapevoli delle normative applicabili e delle distanze minime di sicurezza da rispettare durante il volo. Per gli UA di classe C2, le distanze minime di sicurezza stabilite dal Regolamento (UE) 2019/947 devono essere rispettate, con un'attenzione particolare alle restrizioni specifiche per la categoria A2.

Per gli UA senza certificazione ai sensi del Regolamento (UE) 2019/945, è essenziale che i piloti verifichino le normative locali per determinare le distanze minime di sicurezza da mantenere durante il volo e le eventuali restrizioni operative. In alcuni casi, le autorità nazionali possono stabilire requisiti specifici per gli UA non certificati, che possono variare a seconda delle caratteristiche del drone e delle condizioni operative.

Indipendentemente dal tipo di UA utilizzato, i piloti devono essere in grado di identificare la distanza minima da mantenere in funzione dell'altitudine di volo e delle caratteristiche del drone. Questo include la valutazione delle dimensioni e delle prestazioni del drone, nonché la considerazione delle condizioni ambientali e del contesto operativo.

L'identificazione delle distanze minime di sicurezza può essere facilitata dall'utilizzo di strumenti come la regola 1:1, descritta nel capitolo precedente, che fornisce una linea guida generale per mantenere un rapporto costante tra altitudine e distanza orizzontale dall'operatore. Tuttavia, i piloti devono sempre fare riferimento alle normative locali e alle specifiche del loro drone per determinare le distanze minime appropriate.

