

## VANTAGGI E LIMITI DEI DISPOSITIVI BLACK BOX (\*\*)

di Angelo Capolupo (\*)

Il dispositivo black box è un prodotto di ridotte dimensioni, costituito da un involucro in materiale composito, al cui interno è presente una memoria, una batteria tampone, un modulo GSM/GPRS per la comunicazione e lo scambio dei dati, un'antenna GPS per la localizzazione del veicolo, la stima della velocità del mezzo e l'individuazione della relativa traiettoria di marcia e un accelerometro, tipicamente triassiale, per la rilevazione del crash e l'analisi delle fasi pre e post-urto del veicolo. Ormai, gran parte dei dispositivi scatola nera sono dotati, anche, di un giroscopio, il quale consente di determinare l'intensità e la tipologia delle rotazioni subite dal veicolo.

Ognuno di questi componenti opera in maniera indipendente e pertanto il malfunzionamento di uno di essi non va necessariamente ad inficiare quello degli altri. Per tale motivo, in caso venga segnalato un malfunzionamento di uno degli strumenti all'interno della black box, ad esempio il GPS, sarà possibile, tuttavia, analizzare i dati rilevati dagli altri strumenti, ad esempio gli accelerometri. In tal caso, però, è opportuno analizzare i dati accelerometrici in formato natio e non reportizzato, in quanto la rappresentazione dei risultati nel predetto report potrebbe, al contrario, risentire di tale problematica (1).

Le limitate connessioni e le normative alle quali tale dispositivo è conforme, consentono l'installazione sui veicoli senza che la stessa risulti "invasiva del funzionamento", garantendo la compatibilità elettromagnetica dovuta. Inoltre, la scatola nera non subisce alterazioni di funzionamento a causa dell'ambiente circostante, essendo immune alle emissioni elettromagnetiche altrui e a disturbi indotti. I dispositivi scatola nera devono, infatti, essere conformi alle normative del Comitato Europeo di Normazione relativamente alla compatibilità elettromagnetica (EMC) per apparecchiature e servizi radio (ERM) e all'esposizione umana ai campi elettromagnetici (da 0 Hz a 300 GHz). Gli stessi sistemi GSM e GNSS (Sistema Globale di Navigazione Satellitare) devono essere conformi alle normative dettate dal Comitato Europeo di Normazione, così come tali dispositivi vengono sottoposti ad un cosiddetto "Shock test", il cui scopo è quello di individuare una debolezza meccanica e/o degrado in determinate prestazioni o danni accumulati o degrado causati da urti, per verificare la progettazione soddisfacente di un provino in relazione alla sua integrità strutturale. Tale procedura consiste nel sottoporre un campione ad urti ripetitivi e non ripetitivi, quindi con frequenza irregolare, con contenuto di energia variabile.

I dispositivi scatola nera sono, oltretutto, dei dispositivi factory calibrated, ovvero calibrati in fabbrica. Nel

caso di specie, gli stessi sono factory calibrated per quanto riguarda la sensibilità e lo zero-g level, i cui valori di riferimento vengono normalmente salvati all'interno di una memoria non volatile, ovvero un tipo di memoria informatica in grado di mantenere al proprio interno le informazioni, quali i dati registrati, anche in assenza di alimentazione. Il principale vantaggio derivante dall'utilizzo di una memoria non volatile, per salvare i valori di riferimento relativi alla calibrazione delle black box, deriva dal fatto che in questo modo il dispositivo, anche a distanza di tempo, non necessita di ulteriori calibrazioni.

Inoltre, tipicamente i Provider che gestiscono i dati possono, altresì, effettuare delle interrogazioni puntuali, stabilire un monitoraggio continuo o fissare delle soglie di attenzione che garantiscono l'intervento sul dispositivo in caso di malfunzionamento (2).

Di seguito verranno analizzati gli aspetti fondamentali utili per comprendere come poter interpretare al meglio i dati forniti dai dispositivi scatola nera e i limiti che potrebbero insorgere dalla lettura degli stessi. La black box non comunica, infatti, in tempo reale con il Provider ma registra i dati in una memoria interna denominata data buffer. Quando la memoria raggiunge una capienza di registrazione prefissata, i dati vengono inviati alla centrale operativa tramite l'antenna GSM/GPRS, per poi ricominciare a registrare i nuovi dati.

Le informazioni memorizzate nella memoria di bordo vengono smaltite con logica FIFO.56 (First In First Out, primo a entrare primo a uscire), che esprime, in ambito informatico, il concetto di una coda, la modalità di immagazzinamento di oggetti fisici, in cui il primo oggetto introdotto è il primo a uscire. In caso di no-crash, quindi qualora non vi sia il superamento di una determinata sollecitazione minima di attivazione della black box, i dati GPS vengono registrati, a seconda dei Provider, con una cadenza temporale (tipicamente ogni due minuti) o di distanza percorsa dal mezzo (tipicamente ogni due km). Quando la memoria raggiunge il valore limite di capienza prefissato, il cui pacchetto dati accumulato deve ottimizzare l'uso del canale di comunicazione (tipicamente 15 minuti di percorrenza, anche se questo tempo potrebbe variare con diverse configurazioni di comportamento), i dati vengono scaricati alla centrale operativa tramite l'antenna GSM/GPRS, in modo che il sistema possa procedere alla registrazione di nuovi dati. In ogni caso, tale registrazione avviene con una bassa frequenza, la quale tende a ridursi ulteriormente quando il veicolo risulta a quadro spento. In quest'ultimo caso, tipicamente, la registrazione della posizione avviene ogni sei ore, anche se tale frequenza può variare a seconda dei Provider e delle relative convenzioni con le Imprese Assicuratrici.

In caso di crash, quindi al superamento della soglia minima di attivazione della black box (3), i dati registrati (GPS, accelerometrici e giroscopici), avendo una priorità, vengono inviati istantaneamente al Provider, mentre il data buffer registrerà immediatamente quelli nuovi, in

modo che se vi siano altri urti superiori alla soglia di attivazione della black box, gli stessi verranno registrati e reportizzati in maniera sequenziale al primo evento crash.

Allo stesso tempo, nel caso in cui al momento del crash non vi sia segnale GSM/GPRS che consenta lo scarico dei dati, gli stessi verranno "congelati" e solo a seguito dell'invio alla centrale operativa il sistema ricomincerà a registrare. In tal caso, il sistema non sarà in grado di rilevare altri crash successivi a quello registrato e congelato.

I dispositivi scatola nera sono alimentati direttamente dalla batteria del veicolo; tuttavia, le moderne black box sono dotate anche di una batteria ausiliaria, comunemente denominata batteria tampone. La batteria tampone, pur essendo di dimensioni molto ridotte, è una parte fondamentale della scatola nera; difatti qualora il device risultasse scollegato dalla batteria del veicolo, la batteria tampone consentirebbe l'alimentazione della black box per alcune ore.

Nel caso in cui il dispositivo scatola nera venisse rimosso dal proprio alloggiamento (furti o incidenti gravi), con conseguente distacco dall'alimentazione del veicolo, la batteria tampone consentirebbe al device di autoalimentarsi, seppur per un periodo di tempo limitato, permettendo di inviare i dati (ad esempio il crash o la segnalazione assenza collegamento) alla centrale operativa.

In tal caso, è molto probabile che verranno generati dai falsi crash, a causa dell'inversione delle curve accelerometriche rispetto ai relativi assi di riferimento oppure si genereranno dei crash impulsivi (urti sul terminale), temporalmente non compatibili con una collisione tra due autoveicoli o auto/moto. La batteria tampone consentirà di inviare tali informazioni al Provider e in caso di furto verrà segnalata l'assenza di alimentazione mentre in caso di incidente verranno scaricati i dati accelerometrici (anche quelli del giroscopio qualora presente) consentendo di analizzare i dati GPS e i dati pre-crash, i quali non risentiranno dello spostamento del terminale (4) dalla sua corretta posizione di alloggiamento.

L'antenna GSM/GPRS consente l'invio dei dati registrati all'interno della memoria del dispositivo black box direttamente alla centrale operativa del Provider. Tale strumento permette al software del dispositivo di aggiornarsi e, in caso di malfunzionamento del sistema GPS, permette di localizzare il veicolo, con una certa approssimazione, tramite la triangolazione del segnale fornito dalle celle telefoniche (5), motivo per cui la localizzazione del veicolo avverrà con un'accuratezza minore rispetto ai sistemi di localizzazione GPS.

La frequenza di campionamento del GPS, in caso di registrazione di un crash da parte degli accelerometri, varia da 1 Hz fino a 2 Hz (6). Allo stesso tempo, quando il dispositivo scatola nera non rileva un evento crash, il GPS continua a individuare la posizione del veicolo con una frequenza molto bassa, tipicamente dopo un determinato chilometraggio o dopo un tempo prefissato (mediamente ogni 2 km o ogni 2 minuti). Inoltre, quando il veicolo è spento, la

frequenza di campionamento diviene ancora più bassa, in quanto il GPS non ha necessità di conoscere di continuo la posizione del veicolo, essendo lo stesso fermo. Tipicamente questo campionamento avviene ogni 6/12 ore (7).

Tramite il sistema GPS, il dispositivo scatola nera è in grado di localizzare il veicolo, fornendo coordinate terrestri e cartesiane, di identificare la direzione di marcia del mezzo e la relativa velocità. Allo stesso tempo, tali informazioni sono condizionate da un errore insito nello strumento.

In particolare, la localizzazione del veicolo è caratterizzata da un margine d'errore, il quale è correlato alla qualità del segnale GPS, quest'ultimo condizionato dal numero di satelliti e da diversi altri fattori quali: la distribuzione spaziale (orizzontale e verticale) dei satelliti sulla volta celeste, l'atmosfera terrestre, l'effetto multipath (8), il cambiamento delle orbite satellitari e lo sfasamento degli orologi satellitari. Per tali motivi, una qualità massima del segnale GPS comporta un errore di localizzazione di pochi metri. Al diminuire della qualità del segnale GPS, aumenterà l'errore di localizzazione ma, anche in caso di qualità massima, non sarà possibile identificare con certezza un punto sulla terra ma un'area, seppur di dimensioni ridotte. Per i medesimi motivi, il dispositivo GPS consente di determinare la traiettoria di marcia del veicolo per percorsi relativamente lunghi ma non permette di valutare piccoli spostamenti, in quanto gli stessi potrebbero essere condizionati dalla qualità del segnale GPS.

Infine, il calcolo della velocità del veicolo tramite sistema GPS sarà tanto più accurato e aderente alla realtà quanto più il segnale GPS sarà buono e il veicolo si sposterà in moto costante mentre l'errore relativo a tale dato aumenterà al diminuire della qualità del segnale GPS e in caso di consistenti e prolungate variazioni di velocità.

Gli accelerometri sono, invece, il cuore del dispositivo scatola nera, in quanto consentono di determinare la fase antecedente la collisione, la fase del crash, e tutta o parte della fase post-urto.

Nello specifico, i valori di accelerazione vengono rilevati dalla black box tramite un accelerometro tipicamente triassiale, ovvero da un sensore accelerometrico a sua volta composto da 3 accelerometri disposti ortogonalmente tra loro. L'accelerazione, nel Sistema Internazionale, si misura in  $m/s^2$ , tuttavia nel caso delle black box la stessa viene normalmente espressa in g; 1 g rappresenta l'accelerazione gravitazionale terrestre che è pari a circa  $9,81 m/s^2$ .

Il sensore di crash utilizzato nelle moderne scatole nere è nella gran parte dei casi realizzato con accelerometri in grado di rilevare sollecitazioni statiche e dinamiche, nelle tre direzioni dello spazio. Nello specifico, i dati accelerometrici vengono campionati da 100 Hz fino a 1.000 Hz. Allo stesso tempo, al fine di evitare problemi derivanti dalla quantità di memoria impegnata dagli accelerometri fino al successivo scarico dati, nonché di trasmissione e di storage finale nella centrale operativa, tipicamente le scatole nere ad uso assicurativo campionano tra i 100 e i 600 Hz.

La registrazione delle accelerazioni del veicolo in caso di crash avviene in un intervallo caratterizzante la fase pre-urto, l'urto e parte o tutta la fase post-urto ed è tipicamente estesa, a seconda dei Provider, da 3 a 10 secondi nell'intorno dell'evento principale che ha fatto scattare la registrazione. Il dispositivo scatola nera è uno dei pochi strumenti che in infortunistica stradale consente di poter identificare eventuali manovre di emergenza messe in essere nella fase antecedente la collisione, quali frenate o sterzate, permettendo di valutare la percezione del pericolo da parte del conducente (9) e correlare l'eventuale infrazione al Codice della Strada con la genesi del sinistro. Grazie agli accelerometri è possibile identificare il numero di urti applicati sul veicolo, la relativa direttrice e l'ubicazione dell'area di contatto, oltre a consentire di valutare tutta o parte della fase post-urto, in quanto quest'ultima informazione dipende dalla durata della registrazione dell'evento scelta per convenzione dal Provider.

In caso di necessità è, altresì, possibile acquisire i dati accelerometrici nati (tipicamente in formato excel), al fine di poter analizzare al meglio le curve accelerometriche e procedere, se necessario, alla relativa integrazione. Quest'ultima operazione consente, in determinate condizioni ottimali e per urti non estremamente violenti, di determinare una velocità del veicolo all'urto direttamente dagli accelerometrici, essendo maggiormente accurata rispetto a quella determinata dal sistema GPS. Tipicamente, il tecnico, per poter risalire a tale velocità, dovrà integrare le curve a ritroso, partendo da un dato noto, quale la velocità finale in posizione di quiete del veicolo, pari a 0 km/h. Poiché, però, non è detto che la registrazione dell'evento crash da parte della black box sia avvenuta fino alla posizione di quiete del veicolo, il tecnico potrebbe non disporre di tale informazione, non consentendo di integrare le curve a ritroso e determinare la velocità del veicolo all'urto. Per tale motivo, alcuni Provider, al fine di indicare sempre nei report anche la velocità accelerometrica (la maggior parte dei Provider fornisce unicamente quella GPS, sarà poi il tecnico ad estrarre, eventualmente, quella accelerometrica dall'integrazione delle curve) effettuano un processo di integrazione in avanti, partendo da una velocità pre-urto nota, in quanto estratta dal GPS. Tale processo, seppur corretto, può però essere condizionato dalla bontà della velocità GPS, per i motivi esposti in precedenza. Infine, gli accelerometri, tramite la predetta integrazione delle curve accelerometriche, consentono di valutare la variazione di velocità all'urto ( $\Delta v$ ) e pertanto di determinare l'energia di deformazione del veicolo; dato quest'ultimo che potrà essere correlato ai risultati ottenuti con i classici metodi analitici per la risoluzione della ricostruzione del sinistro, al fine di verificare la relativa bontà. Di contro, le risultanze degli accelerometri, pur fornendo numerosissime informazioni sull'incidente, possono essere condizionate da errori, qualora vi sia un urto violento che danneggi gli accelerometri o comporti la rela-

tiva saturazione (10). In tal caso, sarà possibile analizzare i dati accelerometrici antecedenti la collisione ma non quelli all'urto, in quanto verosimilmente sottostimati, né quelli post-urto, in quanto presumibilmente parziali o errati. Inoltre, gli accelerometri consentono di identificare l'area del veicolo sottoposta a collisione ma non un punto ben definito e per i medesimi motivi il tecnico ricostruttore potrà conoscere la direzione della PDOF (11) ma non il relativo punto di applicazione. Infine, i valori registrati dai sensori accelerometrici possono risentire dell'errore di offset (12) anche se nei dispositivi di nuova generazione tale errore è decisamente contenuto.

Le moderne scatole nere sono equipaggiate da un giroscopio triassiale solidale all'accelerometro, il quale risulta formato da tre giroscopi inerziali MEMS (Sistemi micro elettro-meccanici) disposti ortogonalmente tra loro. Tali microgiroscopi consentono di rilevare le velocità angolari lungo i tre assi del veicolo e pertanto di distinguere le fasi di beccheggio, rollio ed imbardata del mezzo. Nel caso di specie, il beccheggio (pitch in inglese) esprime l'angolo di rotazione del veicolo attorno al proprio asse trasversale (y), mentre l'imbardata (yaw in inglese) è la rotazione che avviene attorno al relativo asse verticale (z). Infine, il rollio (in inglese roll) è la rotazione di un corpo attorno al proprio asse longitudinale (x).

Gli stessi, inoltre, hanno la medesima frequenza di campionamento degli accelerometri e le relative risultanze, insieme a quelle delle curve accelerometriche, consentono una maggiore precisione nell'individuazione dell'area del mezzo sottoposta ad urto mentre il tecnico ricostruttore potrà utilizzare tali informazioni non solo per l'analisi qualitativa relativamente alla dinamica del veicolo ma quantitativa per la stima dell'energia rotazionale del mezzo.

Nel mercato assicurativo odierno esistono numerose tipologie di dispositivi scatola nera, i quali, a seconda della modalità di installazione, vengono suddivisi in due macrocategorie: "self install" e "professional install". Le scatole nere di tipo self install sono dispositivi che vengono installati, solitamente alla batteria del veicolo, in maniera autonoma dall'assicurato. In merito ai prodotti professional install, invece, al momento della stipula del contratto di polizza RCA, l'assicurato viene invitato a rivolgersi presso un installatore convenzionato con il Provider che disporrà materialmente del dispositivo e procederà all'installazione dello stesso, tramite opportune procedure amministrative via web con la centrale operativa e alla relativa verifica di corretto funzionamento, con rilascio del certificato di installazione.

Entrambi i dispositivi self o professional install non presentano differenze sostanziali relativamente alla componentistica interna, bensì tale differenza verte principalmente sulle modalità di installazione, in quanto le self in passato, rispetto alle professional, erano caratterizzate da una maggiore probabilità che il terminale non fosse posizionato orientato in maniera corretta. In tal caso, il Provider, grazie alle soglie di controllo, doveva intervenire sul veicolo

contattando l'assicurato. Oggi giorno, la maggior parte delle scatole nere self install sono autocalibranti, sopperendo alla problematica correlata all'orientamento del terminale.

Al contrario, sui dispositivi self, tipicamente installati alla batteria, vi è una maggiore probabilità, rispetto ai dispositivi professional install, che vi sia la presenza di vibrazioni delle curve accelerometriche le quali, se contenute (13), non inficia sulla lettura del dato. Viceversa, in caso di sinistri di grave entità, il terminale self, essendo tipicamente installato alla batteria, è quello che ha più possibilità di staccarsi dal relativo alloggiamento. Tale fenomeno inficerebbe la lettura dei dati al crash e nella fase successiva ma non in quella antecedente la collisione.

I dati telematici forniti dal dispositivo scatola nera vengono rappresentati in un documento chiamato report, il cui scopo è quello di rendere questi dati intelligibili e fruibili indipendentemente dal Provider che li ha generati e dagli algoritmi utilizzati per la relativa rappresentazione.

Tipicamente le imprese adoperano, in fase stragiudiziale o in giudizio, i report in un formato ANIA, obbligatori negli arbitrati CARD, in cui vengono indicati dei data limitations, requisiti fondamentali per la corretta lettura dei dati forniti dalla scatola nera. Il format ANIA prevede che il report debba essere su carta intestata del Provider o dell'impresa che gestisce direttamente, o tramite una società correlata, i dati telematici. Deve essere, altresì, indicata la data di elaborazione del documento, la targa del veicolo, con relativa marca e modello, e il codice IMEI identificante il device. Vengono, altresì, riportate delle indicazioni sullo stato del quadro del veicolo, quindi se lo stesso è acceso, spento o non disponibile. In seguito, viene specificato dove è installato il device e se lo stesso è funzionante oppure in anomalia, così da fruire delle relative risultanze dei singoli strumenti all'interno del device, solo in caso di assenza di malfunzionamenti.

Qualora vi fosse un malfunzionamento, non è detto che nel report venga esplicitata la tipologia di errore (dipende dal Provider), motivo per cui diviene fondamentale accertare con il gestore tale segnalazione, in quanto la problematica, per come già esposto, potrebbe inficiare le risultanze del singolo componente all'interno del terminale ma non quelle degli altri componenti.

Nel report vengono, altresì, indicati i dati fondamentali in caso di sinistro denunciato. Giova, però, fare una precisazione, in quanto le imprese assicurative possono fruire dei dati indicati nel report solo a seguito di una denuncia di sinistro, poiché l'assicurato, in qualità di proprietario dei predetti dati, al momento della stipula del contratto di polizza RCA firma una liberatoria alla Compagnia, consentendo l'accesso a tali informazioni. È pertanto previsto che venga indicata la data dell'incidente nel formato giorno/mese/anno, l'orario dell'evento e la località, con relativa via, coordinate geografiche (longitudine e latitudine) e qualità del GPS, informazione quest'ultima fondamentale per poter valutare la correttezza del dato fornito dal sistema satellitare. Può capi-

tare, però, che la toponomastica della via indicata nel report non corrisponda a quella del sinistro denunciato. Constatato che tale informazione viene acquisita dal data-base a cui è correlato il dispositivo scatola nera, è sempre buona norma verificare le coordinate GPS tramite un portale cartografico, al fine di accertare l'eventuale discrasia rilevata, in quanto ulteriori motori di ricerca potrebbero essere più aggiornati rispetto a quello della black box, fornendo una toponomastica differente oppure la via indicata nel report potrebbe essere limitrofa a quella riportata in denuncia.

Nel report è previsto che venga rappresentata, su una mappa cartografica o satellitare, la traiettoria del veicolo (cosiddetta "scia"), per un tempo di 20 secondi prima e 20 secondi dopo l'incidente, oltre all'area in cui, approssimativamente, si concretizzava l'evento.

La scia del veicolo viene creata dall'algoritmo collegando più punti consecutivi che rappresentano la localizzazione del mezzo negli istanti antecedenti e successivi la collisione. Allo stesso tempo, in caso di crash, la posizione del veicolo viene identificata con una frequenza variabile tra 1 Hz e 2 Hz (rispettivamente uno o due campioni a secondo). Appare, quindi, evidente che la predetta scia è quella che identifica al meglio il presunto percorso che dovrebbe aver compiuto il veicolo, seppur non si può escludere che lo stesso abbia seguito una traiettoria leggermente differente, ad esempio percorrendo una strada parallela e adiacente quella indicata nel report, oppure, nella fase pre-urto, abbia deviato su strade limitrofe rispetto a quelle indicate nel documento, per poi raggiungere il luogo teatro del sinistro. Tale circostanza diviene rilevante nel caso in cui la qualità del segnale GPS non sia massima.

Uno degli aspetti fondamentali che ANIA ha previsto che venga indicato nel report è l'indicazione della soglia di attivazione della black box, il cui superamento comporta la registrazione dell'evento crash, oltre alla specifica indicazione della tipologia delle curve accelerometriche, quindi se inerziali o effettive (14).

Infine, nel report è prevista l'indicazione del senso di marcia del veicolo e la velocità indicata al 20° secondo prima e 20° dopo l'evento crash, oltre che al momento della collisione.

In merito a queste ultime informazioni, giova evidenziare che, per i motivi esposti in precedenza, la traiettoria di marcia del veicolo deve essere intesa come traiettoria verosimile, mentre l'indicazione della retromarcia non deve essere, in alcun modo, correlata alla sola individuazione delle posizioni del veicolo, bensì rapportata ad altre informazioni fornite dal giroscopio o dagli accelerometri.

Relativamente alle velocità GPS indicate nel report, è sempre buona norma riportare il relativo grafico completo (in un intervallo temporale prolungato), in quanto tale informazione, se analizzata in maniera puntuale senza conoscere l'effettivo andamento della velocità (ad esempio se il veicolo era in marcia costante oppure in fase di accelerazione o decelerazione), deve essere necessaria-



mente intesa come un ordine di grandezza e non come un dato puntuale. Viceversa, il grafico completo delle velocità consente di valutare l'andamento del veicolo per un determinato intervallo temporale e comprendere se la predetta velocità indicata all'urto sia attendibile o soggetta ad un elevato maggiore margine d'errore.

In ultimo, il formato ANIA prevede che vengano indicate tutte e tre le curve accelerometriche e l'accelerazione di picco. Allo stesso tempo, nei report non sempre viene indicato il sistema di riferimento scelto per convenzione dal Provider, circostanza fondamentale per interpretare correttamente le curve accelerometriche. In ultimo, il formato ANIA prevede che, in caso di no crash, nel report vengano indicati gli spostamenti o le variazioni del quadro del veicolo nelle due ore antecedenti e successive l'orario denunciato, al fine di valutare se il mezzo, all'orario dell'incidente, fosse effettivamente sul luogo del sinistro. In tal caso, però, per la modalità no-crash non sempre viene indicata la qualità del segnale GPS, circostanza fondamentale per valutare la correttezza di tale informazione.

Come è stato già precisato, ogni strumento all'interno della black box lavora in maniera indipendente. Tale circostanza comporta che l'eventuale malfunzionamento di uno dei predetti strumenti non vada ad inficiare quello degli altri. Allo stesso tempo, il malfunzionamento di uno strumento all'interno della black box potrebbe, in alcuni casi, inficiare la corretta reportizzazione del dato. Per tale motivo, quando nel report viene indicato un possibile problema del device, è buona norma che l'esperto vada a valutare nel dettaglio le risultanze delle black box, non soffermandosi ad una prima analisi semplificata del report.

Le risultanze del dispositivo scatola nera sono, quindi, di ausilio all'unisono dei classici elementi istruttori che comunemente convergono nella ricostruzione del sinistro, consentendo di determinare una dinamica dell'incidente più accurata. L'esperto, se in grado di leggere e interpretare al meglio le risultanze del dispositivo scatola nera, potrà distinguere gli eventuali errori commessi dallo strumento, estrapolando unicamente gli elementi che, invece, saranno di ausilio nella ricostruzione dell'incidente.

Allo stesso tempo, la mancanza di uniformità delle risultanze della scatola nera fornite dalle imprese, le quali operano in funzione di proprie convenzioni, comporta che le stesse debbano essere interpretate da un esperto.

Infine, pur trattandosi di strumento calibrato da fabbrica e seppur i Provider hanno protocolli interni per stabilire un monitoraggio continuo o fissare delle soglie di attenzione che garantiscono l'intervento sul dispositivo in caso di malfunzionamento, non vi è alcun obbligo di legge in tal senso.

(\*) *Ingegnere, consulente tecnico in ambito forense nel settore dell'infortunistica stradale.*

(\*\*) Il presente scritto riproduce, debitamente riadattata, la relazione tenuta dall'autore nel corso del seminario *I vantaggi e i limiti della black box*, organizzato da A.i.p.e.d. (Associazione italiana periti estimatori danni - <https://www.peritiaped.it/>), in data 1° febbraio 2025, Napoli.

## NOTE

(1) Ad esempio, qualora il GPS non funzioni, non verrà indicata la posizione del veicolo, la relativa velocità e traiettoria di marcia. In tal caso, invece, gli accelerometri continueranno a lavorare senza essere inficiati dal problema GPS, rilevando correttamente la fase pre-urto, d'urto e post-urto del veicolo. Al contrario, le risultanze della black box rappresentate nel report potrebbero essere condizionate dall'errore del GPS, in quanto l'algoritmo non comprendendo la direzione di marcia del veicolo (tramite GPS), potrebbe generare delle informazioni inesatte nella rappresentazione grafica del mezzo con gli urti subiti (macchinina disegnata sul report), identificando delle errate aree di collisione. In tal caso, quindi, è buona norma che il tecnico analizzi i dati accelerometrici in formato natio, i quali non saranno condizionati dall'errore del GPS.

(2) Le tipiche soglie di attenzione, a seguito delle quali i Provider intervengono sul device, sono: movimento a motore spento, distanza tra posizione maggiore di un chilometro prestabilito, viaggio tra on/off rispetto ad un intervallo temporale di riferimento senza spostamenti del veicolo, allarme anomalie, problemi di alimentazione, nessun dato inviato da attivazione, dispositivo con eventi multipli crash, dispositivo manomesso, terminale che vibra, terminale che emette strani suoni, nessuna comunicazione per un periodo di giorni prestabilito.

(3) La soglia di attivazione varia al variare dei Provider e delle convenzioni scelte dalle imprese. La stessa è tipicamente pari a 1 o 2 g, dove "g" indica l'accelerazione di gravità corrispondente a  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

(4) I dati condizionati dallo spostamento del terminale, rispetto alla sua posizione di alloggiamento, saranno quelli relativi all'urto e al post-urto.

(5) La triangolazione della posizione tramite le celle telefoniche consente l'identificazione di un'area in cui è presente il veicolo, commettendo un errore maggiore rispetto alla localizzazione tramite GPS.

(6) 1 o 2 Hz corrispondono rispettivamente a 1 o 2 campioni al secondo.

(7) All'aumentare della frequenza di campionamento, aumenteranno i dati registrati nella memoria interna e pertanto la stessa si riempirà più rapidamente.

(8) L'effetto multipath è un disturbo del segnale dovuto alla presenza di superfici riflettenti nei pressi dell'antenna, quali ostacoli naturali (ad esempio montagne) o artificiali (ad esempio palazzi alti e ravvicinati).

(9) Salvo in caso di frenate e deviazioni del veicolo non eseguite dal conducente ma dai sistemi ADAS (sistemi di assistenza alla guida in dotazione al veicolo), in quanto la scatola nera rileverebbe la manovra ma non vi sarebbe modo di correlare la stessa ad un'azione eseguita dal conducente o direttamente dai sistemi di assistenza alla guida.

(10) Per saturazione si intende il valore dell'accelerazione registrata superiore al valore di soglia massimo che è in grado di rilevare lo strumento.

(11) La PDOF corrisponde alla principal direct of force. È la direzione della forza di contatto, parametro fondamentale nella ricostruzione del sinistro, in quanto correlato alla configurazione all'urto tra i mezzi e pertanto alla scelta degli angoli di ingresso e uscita della quantità di moto e conseguentemente ai relativi risultati (velocità dei veicoli all'urto).

(12) L'errore di Offset nasce quando il valore di zero del relativo campo di misura risulta maggiore o minore rispetto al valore nullo del misurando, corrisponde all'output dello strumento, quando al suo ingresso non è applicata la grandezza cui lo stesso è sensibile, ovvero, quando al dispositivo non è applicata alcuna sollecitazione.

(13) In caso di vibrazioni continue e importanti si genererebbero dei falsi crash durante la circolazione del mezzo, venendo segnalati al Provider tramite le soglie di attenzione.

(14) Le sollecitazioni effettive sono quelle applicate direttamente sul veicolo mentre le sollecitazioni inerziali sono uguali ma contrarie a quelle effettive e indicano le sollecitazioni a cui è sottoposto l'occupante del mezzo.

