



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102007901515263
Data Deposito	18/04/2007
Data Pubblicazione	18/10/2008

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	06	N		

Titolo

PROCEDIMENTO E SISTEMA PER LA STIMA DELL'AREA DI IMPATTO DI UN CARICO  
BELLICO LANCIATO DA UN VELIVOLO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:  
"Procedimento e sistema per la stima dell'area di  
impatto di un carico bellico lanciato da un velivo-  
lo"

di: ALENIA AERONAUTICA S.p.A., nazionalità italia-  
na, Viale dell'Aeronautica snc, 80038 POMIGLIANO  
D'ARCO (NA)

Inventori designati: Bruno Tranchero, Alberto Giu-  
ra, Stefania Converso

Depositata il: 18 Aprile 2007

\* \* \*

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda l'integrazione  
di un carico bellico con un velivolo, e più speci-  
ficamente la stima del tempo di volo e dell'area di  
impatto sulla superficie terrestre di un carico ba-  
listico o intelligente, lanciato da un velivolo.

L'area di impatto al suolo di un carico bali-  
stico o intelligente è l'area in cui si deve trova-  
re un bersaglio affinché esso possa essere colpito  
con successo dal carico. La dimensione e la forma  
di tale area dipendono dalle condizioni di volo del  
velivolo al rilascio del carico, dalle condizioni  
atmosferiche (ad esempio, temperatura, umidità e  
vento), e da condizioni di impatto sul bersaglio

predeterminate (ad esempio, direzione di arrivo e angolo di incidenza del carico sul bersaglio, velocità di impatto desiderata).

In figura 1 sono mostrati alcuni esempi di forme di possibili aree di impatto in funzione di differenti condizioni di rilascio e di impatto di un carico.

Quando un carico balistico deve essere rilasciato su un bersaglio esiste un solo punto di rilascio per cui, teoricamente, esso può colpire il bersaglio. In pratica, il punto di impatto al suolo del carico avrà una distribuzione gaussiana intorno ad un punto di impatto medio che solo raramente coincide con il bersaglio. L'errore può essere dovuto ad una variazione delle caratteristiche del carico (peso, centro di gravità, momenti di inerzia) oppure a limitazioni dell'algoritmo di rilascio (parametri non modellati) o ancora ad inaccuratezze di stima dei fattori ambientali (vento, densità dell'aria, ecc.).

Attualmente sono noti diversi algoritmi di calcolo o stima dell'area di impatto, usati dalle aziende aeronautiche per l'integrazione di un carico con un velivolo.

Nel caso di un carico "intelligente" la situa-

zione è più complessa, poiché tale carico ha la capacità di navigare per raggiungere un predefinito bersaglio con una certa accuratezza. Pertanto, noti la posizione di rilascio, i parametri di volo del velivolo (ad esempio velocità, accelerazioni, assetto), le condizioni di impatto sul bersaglio e le condizioni atmosferiche è necessario determinare se il carico ha la capacità di "guidarsi" sul predefinito bersaglio.

L'area di impatto al suolo in cui si deve trovare il predefinito bersaglio per poter essere raggiunto con successo dal carico è dunque un'area dinamica che varia al cambiare delle condizioni note.

Durante la pianificazione a terra di una missione che preveda lo sgancio di un carico è possibile calcolare l'area di impatto utilizzando un sistema di simulazione delle prestazioni del carico, ma per il successo della missione occorre disporre anche di un sistema di stima dell'area di impatto in volo, che tenga conto del fatto che l'area di impatto può variare durante la missione.

Il problema di stima dell'area di impatto di un carico balistico o intelligente in tempo reale è complesso ed altamente non lineare in dipendenza delle condizioni di rilascio dal velivolo e di im-

patto del carico sul bersaglio.

Gli strumenti più evoluti per la pianificazione a terra utilizzano modelli complessi, per esempio modelli di calcolo numerici a sei gradi di libertà, per predire la traiettoria di un carico dal punto di rilascio al bersaglio.

Un modello a sei gradi di libertà è atto a calcolare la traiettoria del carico basandosi sui parametri di rotazione e traslazione del carico, sui parametri ambientali e su un modello di controllo del volo del carico. Tale modello, inoltre, viene affinato utilizzando dati ottenuti dalle prove di sgancio del carico, per ridurre l'errore di predizione rispetto al caso reale. L'accuratezza del modello è molto buona e l'errore possibile è contenuto entro pochi metri.

Tuttavia, poiché tale modello utilizza in modo intensivo le risorse del sistema di elaborazione che ne presiede l'esecuzione, esso non è utilizzabile per applicazioni in tempo reale a bordo di un velivolo, ad esempio durante una missione.

Per applicazioni in tempo reale occorre tuttavia utilizzare modelli parametrici che uguaglino i risultati del modello a sei gradi di libertà, con la più piccola tolleranza possibile.

Ulteriore svantaggio della tecnica nota è dato dal fatto che i modelli a sei gradi di libertà calcolano aree di impatto poligonali definite da un numero notevolmente variabile di vertici.

Al fine di semplificare lo strumento di simulazione così da renderlo disponibile anche per applicazioni in tempo reale è desiderabile ricondurre le forme possibili delle aree di impatto a forme poligonali con un numero costante e limitato di vertici.

Scopo dell'invenzione è di fornire un procedimento ed un sistema per la stima dell'area di impatto di un carico balistico oppure intelligente, atti ad essere rispettivamente eseguito o installato a bordo di un velivolo e ad effettuare i calcoli di stima in tempo reale.

A tale scopo forma oggetto dell'invenzione un sistema avente le caratteristiche definite dalla rivendicazione 1 ed un procedimento avente le caratteristiche definite dalla rivendicazione 11.

Modi particolari di realizzazione formano oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

Forma ulteriore oggetto dell'invenzione un programma di elaborazione o gruppo di programmi come rivendicato.

In sintesi, formano oggetto dell'invenzione un procedimento ed un sistema di elaborazione per la stima a bordo di un velivolo in tempo reale dell'area di impatto di un carico balistico oppure intelligente e del relativo tempo di volo.

Il procedimento è attuato attraverso un programma o una serie di programmi o routines di calcolo per elaboratore, costituenti un'applicazione software eseguibile da una pluralità di moduli elaborativi di un sistema di elaborazione complesso, atta a fornire ad un pilota e/o un navigatore di un velivolo impegnato in una missione la rappresentazione grafica dell'area stimata di impatto di un carico sul terreno in tempo reale.

Tra le possibili tecnologie utilizzabili per lo sviluppo di una metodologia di stima di aree di impatto in tempo reale, tra cui approcci matematici basati su regressioni lineari, regressioni non lineari e reti neurali, la presente applicazione utilizza in modo intensivo la tecnologia delle reti neurali così da essere vantaggiosamente realizzabile su una piattaforma volante non sperimentale. Tra le differenti architetture note di reti neurali (architetture GRNN, architetture ricorsive ed architetture BPN) si ritiene che l'architettura di

reti neurali che meglio approssima le prestazioni di un modello a sei gradi di libertà per la stima dei tempi di volo e delle aree di impatto di un carico sia un'architettura di tipo BPN.

Vantaggiosamente, il compito del calcolo del tempo di volo e delle aree di impatto è suddiviso in un fascio di compiti, rispettivamente per il calcolo di tempo di volo e coordinate riferiti ad un numero predeterminato di punti di contorno (vertici) dell'area di impatto.

Sono stati sperimentati diversi tipi di modellazione di aree di impatto, in grado di ridurre il numero dei vertici dell'area ad 8, 10 o 12 vertici, ottenibili dall'intersezione di altrettante rette passanti per il punto centroide dell'area di impatto con il bordo dell'area medesima.

Il miglior compromesso tra precisione del modello e richieste computazionali è risultato essere la modellazione ad 8 punti ad angoli fissi.

La figura 2 riporta un esempio di come è possibile rappresentare un'area di impatto con 8 punti, in funzione delle coordinate  $(C_x, C_y)$  di un punto centroide ed i moduli dei raggi R1-R8, ed in figura 3 sono riportate le forme tipiche di aree di impatto di figura 1, modellate con otto raggi ad

angoli fissi.

Vantaggiosamente, il sistema di elaborazione oggetto dell'invenzione è predisposto per distinguere tra le condizioni che ammettono un'area di impatto e quelle che non ammettono alcuna area di impatto, in analogia ai modelli noti a sei gradi di libertà. Il riconoscimento delle condizioni che ammettono un'area di impatto aumenta notevolmente le prestazioni del sistema, cooperando a ridurre in modo considerevole i tempi di calcolo e l'occupazione di risorse computazionali, nonché il rischio di stimare false aree di impatto, e contribuisce pertanto ad aumentare le condizioni di utilizzo del carico.

Vantaggiosamente, la funzione di riconoscere le zone di involuppo di sgancio ed impatto del carico che ammettono un'area di impatto è gestita diversamente dalle tecniche di stima note, che non essendo in grado di effettuare tale riconoscimento devono ridurre a progetto i range dei parametri di ingresso allo stimatore e di conseguenza ridurre le condizioni possibili di sgancio e impatto del carico.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione verranno più dettagliatamente esposti nel-

la descrizione particolareggiata seguente di una sua forma di attuazione, data a titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

la fig. 1 mostra una serie di differenti forme di aree di impatto possibili;

la fig. 2 è un esempio di modellazione di un'area di impatto ad otto raggi con angoli fissi;

la fig. 3 è una raccolta di possibili forme di aree di impatto modellate con otto raggi ad angoli fissi;

la fig. 4 è uno schema a blocchi rappresentativo del sistema di elaborazione oggetto dell'invenzione;

la fig. 5 è una rappresentazione di una rete neurale retropropagativa a cinque strati alla base dei moduli elaborativi del sistema oggetto dell'invenzione;

la fig. 6 è uno schema a blocchi dell'architettura del sistema di elaborazione del sistema oggetto dell'invenzione; e

la fig. 7 mostra una serie di forme di aree di impatto stimate secondo un modello a sei gradi di libertà noto, un modello ad otto punti noto ed il modello basato su reti neurali oggetto dell'inven-

zione.

Uno schema a blocchi del sistema di elaborazione oggetto dell'invenzione è mostrato in fig. 4.

In dettaglio, esso comprende un primo modulo 10 di gestione di parametri di ingresso, atto a ricevere dati o segnali indicativi delle condizioni di volo del velivolo portante il carico (ad esempio informazioni di quota, velocità, angolo di salita, direzione di avanzamento velivolo) e delle condizioni di impatto sul bersaglio (ad esempio, altezza del bersaglio, angolo di impatto, azimuth di impatto).

Ad esso è associata una pluralità di moduli elaborativi 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24.

Un modulo di calcolo 12 di verifica del range di ingresso è predisposto per controllare il range dei parametri di ingresso e calcolare i valori da fornire in ingresso ai moduli di stima seguenti.

Esso è collegato direttamente ad un modulo di filtro 14, anch'esso collegato al modulo 10 per ricevere i parametri di ingresso, predisposto per stimare l'esistenza o meno di un'area di impatto.

L'uscita del modulo 14 è portata ad un ingresso di attivazione del modulo 16 di stima dell'area di impatto, atto a ricevere in ingresso dati o se-

gnali indicativi delle condizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e condizioni di impatto sul bersaglio, e predisposto per stimare le coordinate del centroide dell'area di impatto ed un numero predeterminato (ad esempio otto, nella forma di realizzazione attualmente preferita) di raggi di estensione dell'area di impatto, emergenti dal centroide.

Un modulo 18 di filtro dell'area riceve in ingresso l'uscita del modulo 16 ed è predisposto per calcolare l'area di superficie dell'area di impatto stimata, considerandola inesistente se inferiore ad una soglia prefissata (ad esempio, 1 chilometro quadrato). In caso di presenza di un'area di impatto valida il modulo è predisposto per calcolare le distanze tra i vertici dell'area e il punto di rilascio, da utilizzare come dato per calcoli successivi di riduzione del tempo di volo.

Un modulo 20 di riduzione dell'area di impatto, la cui attivazione è controllata dal modulo di filtro 18, è predisposto per ricevere in ingresso i risultati prodotti dal modulo 18 e ridurre l'area di impatto stimata. Vantaggiosamente, tale modulo è atto a ridurre di un primo fattore i raggi anteriori (rispetto alla direzione di avanzamento del ve-

livolo) dell'area, e di un secondo fattore i raggi posteriori dell'area (ad esempio del 20% e 10%, rispettivamente) al fine di essere più conservativi e tener conto dell'influenza del vento e di eventuali altre condizioni di volo o rilascio, differenti da quelle nominali. Il modulo è predisposto per calcolare le coordinate dei vertici dell'area di impatto ridotta, formanti oggetto dell'uscita del sistema di stima oggetto dell'invenzione. Esso è inoltre predisposto per calcolare le nuove distanze fra i vertici dell'area di impatto ridotta ed il punto di rilascio del carico, ed è atto a fornire in uscita tale risultato per il calcolo della riduzione dei tempi di volo.

Un modulo 22 di calcolo del tempo di volo, la cui attivazione è controllata dal modulo di filtro 18, è atto a ricevere in ingresso dati o segnali indicativi delle condizioni di volo del velivolo e di impatto sul bersaglio, ed è predisposto per stimare i tempi di volo del carico ai vertici dell'area di impatto calcolata.

Un modulo 24 di riduzione dei tempi di volo è predisposto per calcolare i tempi di volo ai vertici dell'area di impatto ridotta.

In uscita al modulo 24 sono forniti i tempi di

volò stimati e ridotti per ciascun vertice dell'area di impatto ridotta.

L'insieme di dati di coordinate del centroide e dei vertici dell'area di impatto ridotta, e di tempi di volo per ciascun vertice dell'area, forma l'uscita del sistema di stima oggetto dell'invenzione ed è gestito da un modulo di rappresentazione dell'informazione all'utente, ad esempio per la visualizzazione su uno schermo di bordo di una rappresentazione geometrica dell'area di impatto, convenientemente sovrapponibile ad una mappa geografica della regione sorvolata.

Lo stimatore di area di impatto e tempo di volo descritto nella presente invenzione è un sistema di elaborazione basato su reti neurali, in cui le informazioni necessarie a definire un'area di impatto ed i relativi tempi di volo del carico sono calcolati da reti neurali retropropagative, ognuna delle quali è atta a calcolare una specifica informazione.

Le reti neurali sono sistemi non lineari in grado di modificare il loro comportamento in funzione degli ingressi che ricevono. Una rete neurale è un insieme di processori paralleli connessi tra loro nella forma di un grafo diretto che possiede

la capacità di apprendere attraverso un opportuno addestramento.

In particolare, nella forma di realizzazione attualmente preferita, il sistema è basato su reti neurali supervised, ossia addestrate con esempi, ciascuno dei quali descrive un'area di impatto (dato di uscita) per una determinata condizione di sgancio ed impatto al suolo del carico (dato di ingresso).

Il vantaggio della tecnologia di reti neurali risiede in sintesi nella possibilità di ridurre tempi e costi di processo, introdurre funzionalità avanzate, ridurre i costi del sistema ed aumentarne l'efficacia operativa.

Per ottenere buone prestazioni da una rete neurale occorre definire l'architettura di rete più adatta a rappresentare il problema. Ciò consiste nel definire il numero di strati della rete, il numero di neuroni per strato nascosto, le funzioni di trasferimento degli strati ed il tipo di addestramento della rete.

E' fondamentale creare un file di addestramento adeguato a rappresentare il fenomeno in esame. Infatti, l'insieme dei dati di addestramento deve essere completo, soprattutto quando è estremamente

non lineare. Per verificare le prestazioni di una rete, il relativo insieme di dati di collaudo deve contenere inoltre ingressi differenti da quelli su cui la rete è stata addestrata.

Nella scelta dell'architettura di rete e dell'insieme dei dati di addestramento occorre ricordare che, se variando i fattori precedentemente descritti possono migliorare le prestazioni della rete neurale, si deve però evitare un aumento eccessivo dei tempi di addestramento e dei tempi di risposta della rete in produzione. La scelta finale deve pertanto essere il risultato di un bilanciamento tra questi due aspetti in funzione dell'applicazione delle risorse hardware e software a disposizione.

Secondo l'invenzione è preferibile utilizzare reti neurali retropropagative con numero di strati compreso tra 3 e 5, a singola uscita.

In fig. 5 è sintetizzato il modello di una rete multistrato retropropagativa a cinque strati, quale impiegata nei moduli elaborativi del sistema oggetto dell'invenzione.

Nel dettaglio, il sistema di elaborazione per la stima delle aree di impatto e dei tempi di volo di un carico comprende tre gruppi di reti neurali

del tipo BPN:

- un primo gruppo di reti neurali atte a stimare l'esistenza o meno dell'area di impatto in funzione delle condizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e delle condizioni di impatto del carico sul bersaglio; la non esistenza dell'area di impatto indica che, alle specifiche condizioni di volo al rilascio del carico, non è possibile soddisfare le condizioni di impatto richieste;

- un secondo gruppo di reti neurali per il calcolo dell'area di impatto, comprendente una pluralità di reti, rispettivamente predisposte per stimare le coordinate del centroide dell'area di impatto e i raggi dell'area;

- un terzo gruppo di reti neurali per il calcolo del tempo di volo, comprendente una pluralità di reti, rispettivamente predisposte per stimare il tempo di volo ad uno dei vertici dell'area di impatto.

In particolare, ciascuna di tali reti comprende funzioni di trasferimento indicate  $f^1$ ,  $f^2$ ,  $f^3$ ,  $f^4$  degli strati interni, selezionate nell'insieme comprendente funzioni di trasferimento lineari, di tipo seno, di tipo tangente iperbolica, di tipo gaussiano o di tipo gaussiano complementare.

Le funzioni di trasferimento lineari sono impiegate per la normalizzazione dell'ingresso e la denormalizzazione dell'uscita. Quando le variabili vengono caricate in una rete neurale esse devono essere scalate ad un range numerico che la rete neurale sia in grado di trattare con efficienza. I range con cui le reti comunemente operano sono due, rispettivamente un range compreso tra 0 ed 1 oppure un range compreso tra -1 e 1. I range possono essere di due tipi, "chiuso" ( $[0,1]$  oppure  $[-1,1]$ ), per cui i suoi valori sono strettamente inclusi nel range, oppure "aperto" per cui i suoi valori possono essere maggiori o minori dei limiti del range.

Convenientemente, nella progettazione delle reti neurali dello stimatore oggetto dell'invenzione è utilizzato un range "aperto".

La funzione di trasferimento tangente iperbolica è:  $\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$

La funzione di trasferimento gaussiana è:  $G(x) = e^{-x^2}$  e la funzione di trasferimento gaussiana complementare è:  $GC(x) = 1 - e^{-x^2}$

In un esempio di realizzazione di rete neurale le funzioni di trasferimento indicate  $f^1$ ,  $f^2$ ,  $f^3$  e  $f^4$  sono rispettivamente, in successione, una fun-

zione di trasferimento a tangente iperbolica, una funzione di trasferimento gaussiana, una funzione di trasferimento gaussiana complementare ed una funzione di trasferimento lineare.

Il sistema di stima di area di impatto e tempo di volo è convenientemente realizzato ed integrato al sistema di elaborazione principale del velivolo portante il carico.

Una architettura del sistema di cui l'elaboratore centrale del velivolo è l'unità principale è mostrato in fig. 6.

Con 100 è indicato un elaboratore principale, predisposto per eseguire le funzioni di navigazione, gestione delle modalità di attacco, inizializzazione dei carichi e calcolo degli inviluppi di lancio (ossia la stima delle aree di impatto), nonché le funzioni di gestione delle rappresentazioni di informazioni al pilota e di gestione dell'attuazione dei comandi del pilota.

All'elaboratore 100 è accoppiata in ingresso una pluralità di sensori 120 per l'acquisizione di dati indicativi delle condizioni di volo del velivolo e di rilascio del carico, un dispositivo di interfaccia a tastiera multifunzione 140, un supporto di dati o memoria a stato solido 160, ed un

sistema di controllo dei carichi 180.

L'interfaccia 140 è predisposta, ad esempio, per l'introduzione e/o la modifica delle coordinate del bersaglio, delle condizioni di impatto sul bersaglio, dei dati di rotta del velivolo e selezione dell'attacco.

Il supporto di dati 160 memorizza le coordinate del bersaglio, le condizioni di impatto sul bersaglio e la rotta del velivolo preimpostati all'atto della preparazione della missione a terra o modificate run-time in caso di bersagli di opportunità.

Il sistema di controllo dei carichi 180 è predisposto per l'identificazione e selezione del carico, l'abilitazione dello sgancio e la gestione di sequenza e tempistiche di sgancio. Ad esso è tradizionalmente associato un pulsante di sgancio carico 200.

L'elaboratore principale 100 è inoltre collegato ad uno schermo 220 per rappresentare al pilota o al navigatore del velivolo i dati della missione e dell'attacco.

Il sistema di controllo dei carichi 180 è atto ad attivare le cartucce 240 di un carico attraverso un rispettivo segnale di comando di sgancio, e l'elaboratore principale è atto a controllare il

carico C fornendogli dati di coordinate del bersaglio, dati di allineamento e un segnale di attivazione.

Nella descrizione, il complesso di elaborazione alla base del sistema è stato identificato come una unità elettronica di elaborazione a microprocessore provvista di almeno un modulo di memoria per la memorizzazione di relativi parametri di elaborazione, ma in proposito va precisato che, ai fini dell'invenzione, una pluralità di unità di elaborazione connesse in parallelo e moduli di memoria è da considerarsi del tutto equivalente.

Con riferimento alla fig. 7 sono riportate alcuni esempi di confronto dell'area di impatto calcolata da un modello tradizionale di simulazione a sei gradi di libertà (rappresentato anche con un modello a otto punti) e dal modello oggetto dell'invenzione.

Vantaggiosamente, il sistema di stima in tempo reale realizzato a bordo del velivolo è in grado di calcolare un'area di impatto in un tempo due ordini di grandezza inferiore al tempo impiegato da un simulatore off-line secondo la tecnica nota.

Vantaggiosamente, i risultati ottenuti in termini di velocità di calcolo e prestazioni del si-

stema e procedimento oggetto dell'invenzione confermano la validità dell'approccio seguito, l'efficacia della tecnologia delle reti neurali ed anche dell'architettura di sistema progettata e sopra descritta.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito di protezione della presente invenzione definito dalle rivendicazioni allegate.

## RIVENDICAZIONI

1. Sistema per la stima dell'area di impatto di un carico balistico o intelligente lanciabile da un velivolo, comprendente un complesso di elaborazione includente:

- mezzi di acquisizione di primi dati o segnali indicativi delle condizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e di secondi dati o segnali indicativi di condizioni di impatto sul bersaglio predeterminate, e

- mezzi di elaborazione per la determinazione di un'area di impatto poligonale definita dalle coordinate di un punto centrale e di un numero predeterminato di vertici in funzione di detti primi e secondi dati o segnali,

caratterizzato dal fatto che detti mezzi di elaborazione includono una pluralità di prime reti neurali, rispettivamente predisposte per il calcolo delle coordinate di detto punto centrale dell'area di impatto e di detto numero predeterminato di vertici dell'area.

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui dette prime reti neurali sono predisposte per il calcolo dei raggi emergenti da detto punto centrale dell'area di impatto, atti a definire detto numero

predeterminato di vertici.

3. Sistema secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detti mezzi di elaborazione includono una pluralità di seconde reti neurali, predisposte per il calcolo del tempo di volo ai vertici dell'area di impatto.

4. Sistema secondo la rivendicazione 1, 2 o 3, in cui detta area d'impatto presenta una forma di poligono ad otto vertici.

5. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti mezzi di elaborazione per la determinazione di un'area di impatto includono una pluralità di terze reti neurali, predisposte per stimare l'esistenza dell'area di impatto in funzione di detti primi e secondi dati o segnali indicativi delle condizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e delle condizioni predeterminate di impatto sul bersaglio.

6. Sistema secondo la rivendicazione 5, in cui dette prime, seconde e terze reti neurali sono reti neurali retropropagative con un numero di strati compreso tra 3 e 5.

7. Sistema secondo la rivendicazione 6, in cui dette reti neurali comprendono funzioni di trasferimento tra gli strati selezionate nell'insieme

comprendente funzioni di trasferimento lineari, di tipo seno, di tipo tangente iperbolica, di tipo gaussiano o di tipo gaussiano complementare.

8. Sistema secondo la rivendicazione 7, in cui dette prime, seconde e terze reti neurali comprendono reti neurali retropropagative a 5 strati con 3 strati nascosti, aventi rispettivamente una funzione di trasferimento del primo strato nascosto a tangente iperbolica, una funzione di trasferimento del secondo strato nascosto gaussiana, una funzione di trasferimento del terzo strato nascosto gaussiana complementare ed una funzione di trasferimento di uscita lineare.

9. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detti mezzi di elaborazione sono predisposti per la riduzione del valore dei raggi dell'area di impatto, per il calcolo delle coordinate di detto numero predeterminato di vertici di un'area di impatto ridotta e per il calcolo dei tempi di volo del carico ai vertici dell'area di impatto ridotta.

10. Sistema secondo la rivendicazione 9, in cui detti mezzi di elaborazione sono predisposti per l'applicazione di un primo fattore di riduzione dei raggi anteriori dell'area di impatto rispetto alla

direzione di avanzamento del velivolo, e l'applicazione di un secondo fattore di riduzione dei raggi posteriori dell'area di impatto.

11. Procedimento per la stima dell'area di impatto di un carico balistico o intelligente lanciabile da un velivolo, atto ad essere attuato per mezzo di un complesso elettronico di elaborazione, comprendente mezzi per la determinazione di un'area di impatto poligonale definita dalle coordinate di un punto centrale e di un numero predeterminato di vertici in funzione di detti primi e secondi dati o segnali,

detti mezzi includendo una pluralità di prime reti neurali, rispettivamente predisposte per il calcolo delle coordinate di detto punto centrale dell'area di impatto e di detto numero predeterminato di vertici dell'area,

il procedimento comprendendo:

una fase di apprendimento, in cui detto complesso di elaborazione riceve primi dati o segnali di addestramento di ingresso indicativi delle condizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e secondi dati o segnali di addestramento di ingresso indicativi delle condizioni di impatto sul bersaglio predeterminate, nonché associati dati di

addestramento di uscita indicativi delle coordinate di un punto centrale e di un numero predeterminato di vertici di un'area di impatto, e determina le funzioni di trasferimento tra gli strati di dette prime reti neurali in funzione di detti dati di addestramento di ingresso e di uscita; e

una fase di esecuzione, in cui detto complesso di elaborazione riceve in ingresso primi e secondi dati o segnali di misura e calcola una stima di area di impatto per effetto dell'applicazione di dette funzioni di trasferimento.

12. Procedimento secondo la rivendicazione 11, in cui dette prime reti neurali sono predisposte per il calcolo dei raggi emergenti da detto punto centrale dell'area di impatto, atti a definire detto numero predeterminato di vertici.

13. Procedimento secondo la rivendicazione 11 o 12, in cui detti mezzi includono una pluralità di seconde reti neurali, rispettivamente predisposte per il calcolo del tempo di volo ai vertici dell'area di impatto,

il procedimento comprendendo:

una fase di apprendimento, in cui detto complesso di elaborazione riceve primi dati o segnali di addestramento di ingresso indicativi delle con-

dizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e secondi dati o segnali di addestramento di ingresso indicativi delle condizioni di impatto sul bersaglio predeterminate, nonché associati dati di addestramento di uscita indicativi del tempo di volo ai vertici dell'area di impatto, e determina le funzioni di trasferimento tra gli strati di dette seconde reti neurali in funzione di detti dati di addestramento di ingresso e di uscita; e

una fase di esecuzione, in cui detto complesso di elaborazione riceve in ingresso primi e secondi dati o segnali di misura e calcola una stima di tempo di volo ai vertici dell'area di impatto, per effetto dell'applicazione di dette funzioni di trasferimento.

14. Procedimento secondo la rivendicazione 11, 12 o 13, in cui detta area d'impatto presenta una forma di poligono ad otto vertici.

15. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 11 a 14, in cui detti mezzi includono una pluralità di terze reti neurali, rispettivamente predisposte per stimare l'esistenza dell'area di impatto,

il procedimento comprendendo:

una fase di apprendimento, in cui detto com-

plesso di elaborazione riceve primi dati o segnali di addestramento di ingresso indicativi delle condizioni di volo del velivolo al rilascio del carico e secondi dati o segnali di addestramento di ingresso indicativi delle condizioni di impatto sul bersaglio predeterminate, nonché associati dati di addestramento di uscita indicativi dell'esistenza di un'area di impatto, e determina le funzioni di trasferimento tra gli strati di dette terze reti neurali in funzione di detti dati di addestramento di ingresso e di uscita; e

una fase di esecuzione, in cui detto complesso di elaborazione riceve in ingresso primi e secondi dati o segnali di misura e determina la presenza o assenza di un'area d'impatto per effetto dell'applicazione di dette funzioni di trasferimento.

16. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 11 a 15, in cui dette prime, seconde e terze reti neurali sono reti neurali retropropagative con un numero di strati compreso tra 3 e 5.

17. Procedimento secondo la rivendicazione 16, in cui dette reti neurali comprendono funzioni di trasferimento tra gli strati selezionate nell'insieme comprendente funzioni di trasferimento lineari, di tipo seno, di tipo tangente iperbolica, di tipo

gaussiano o di tipo gaussiano complementare.

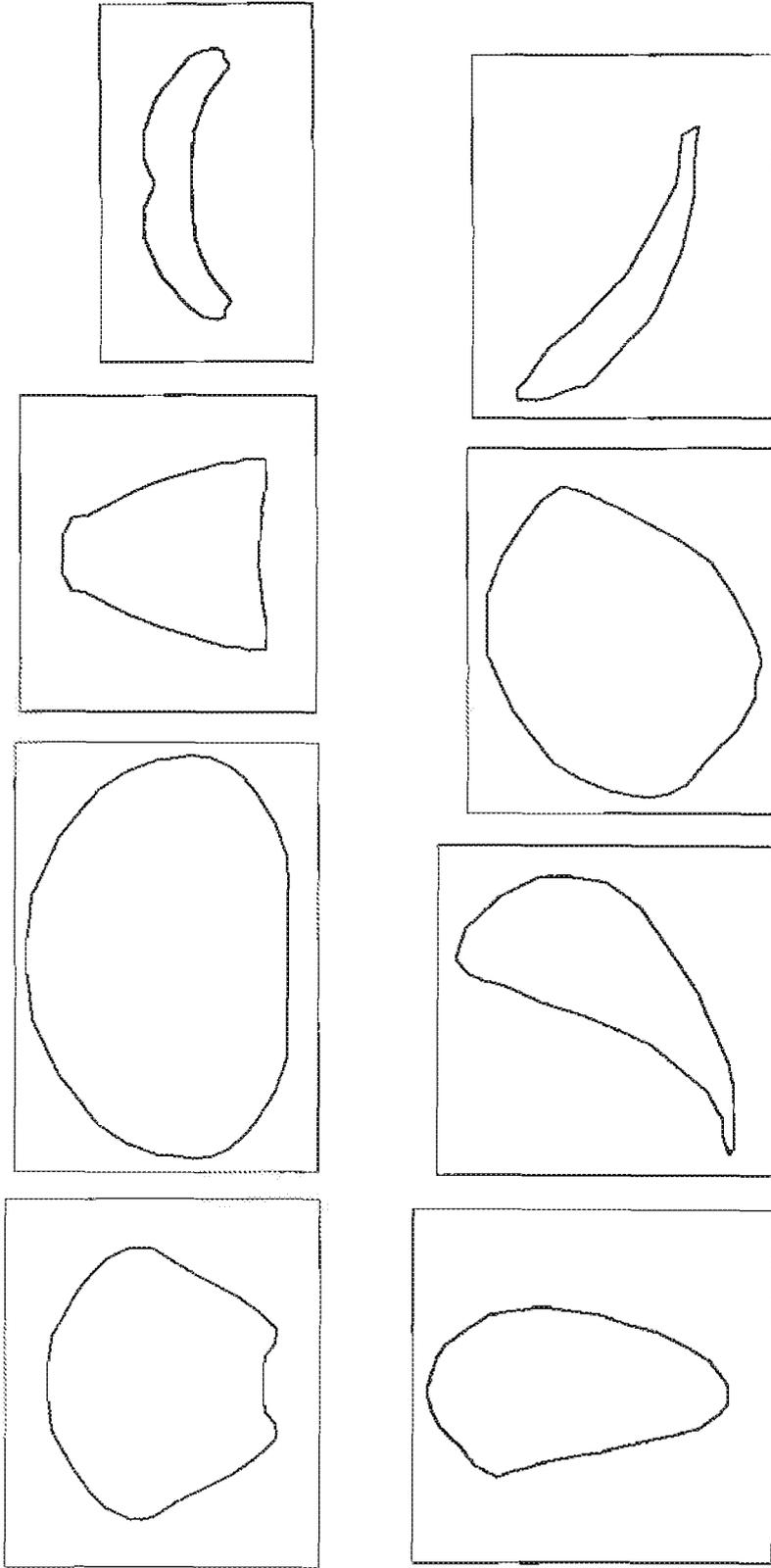
18. Procedimento secondo la rivendicazione 17, in cui dette prime, seconde e terze reti neurali comprendono reti neurali retropropagative a 5 strati con 3 strati nascosti, aventi rispettivamente una funzione di trasferimento del primo strato nascosto a tangente iperbolica, una funzione di trasferimento del secondo strato nascosto gaussiana, una funzione di trasferimento del terzo strato nascosto gaussiana complementare ed una funzione di trasferimento di uscita lineare.

19. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente la riduzione del valore dei raggi dell'area di impatto, il calcolo delle coordinate di detto numero predeterminato di vertici di un'area di impatto ridotta e il calcolo dei tempi di volo del carico ai vertici dell'area di impatto ridotta.

20. Procedimento secondo la rivendicazione 19, comprendente l'applicazione di un primo fattore di riduzione dei raggi anteriori dell'area di impatto rispetto alla direzione di avanzamento del velivolo, e l'applicazione di un secondo fattore di riduzione dei raggi posteriori dell'area di impatto.

21. Programma di elaborazione o gruppo di program-

mi eseguibile/i da un sistema di elaborazione, comprendente/i uno o più moduli di codice per la realizzazione delle reti neurali di un sistema per la stima dell'area di impatto di un carico balistico o intelligente secondo le rivendicazioni 1 a 10.



**FIG. 1**

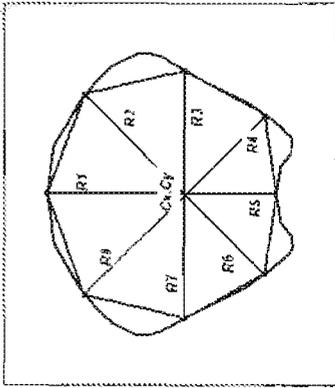


FIG. 2

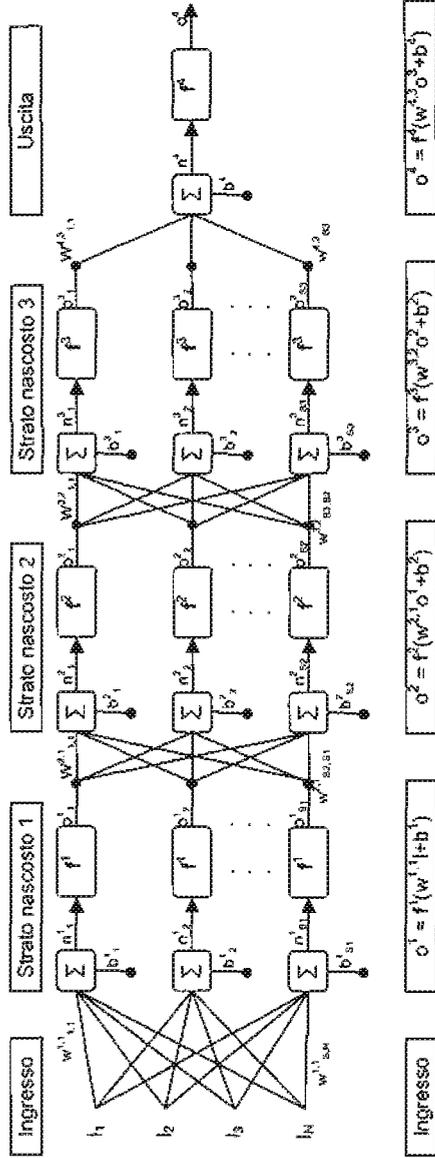


FIG. 5

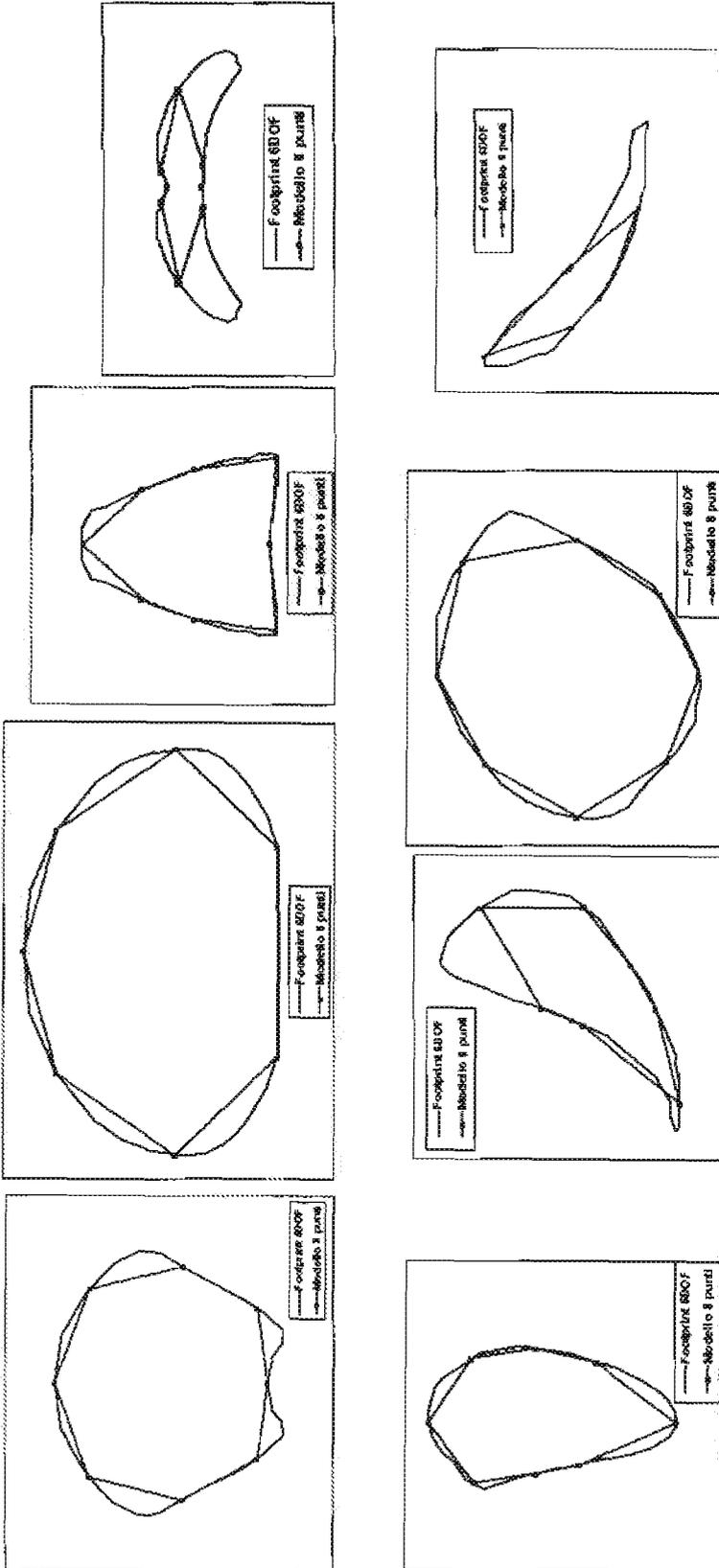
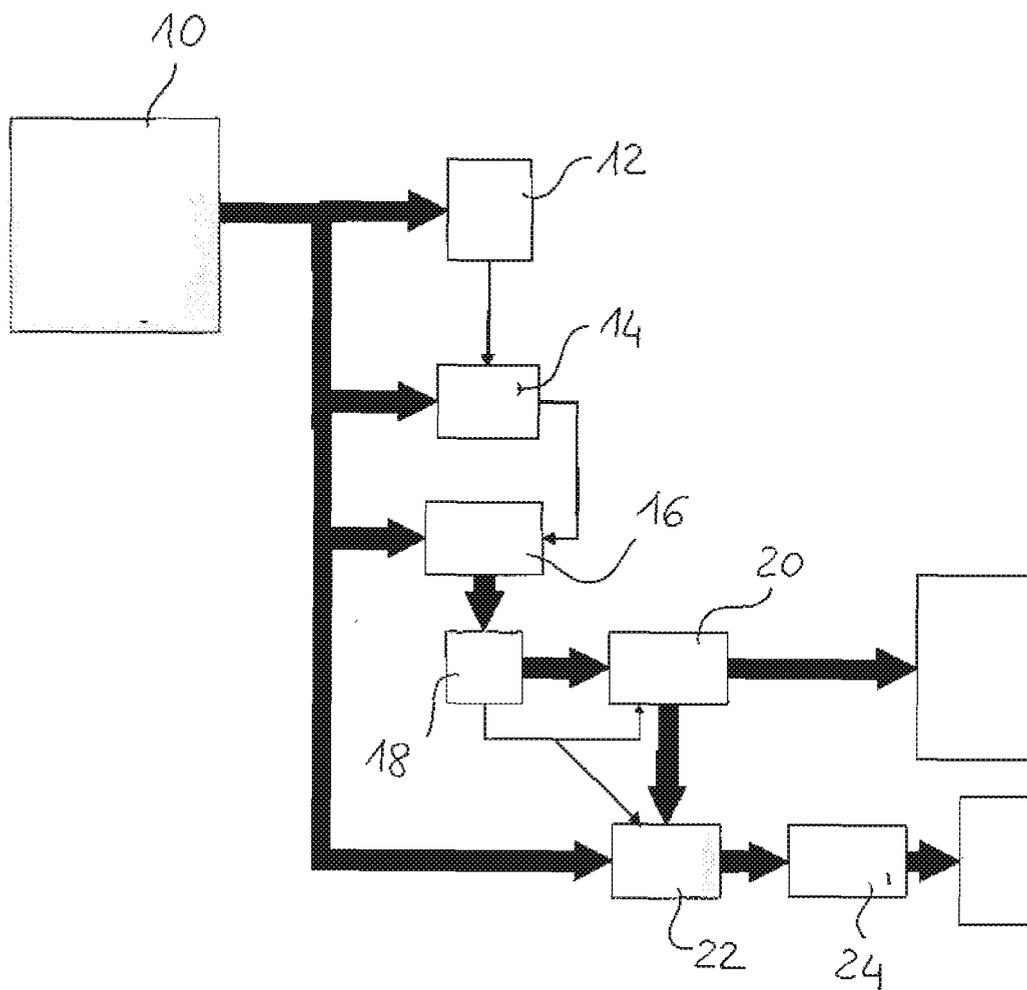
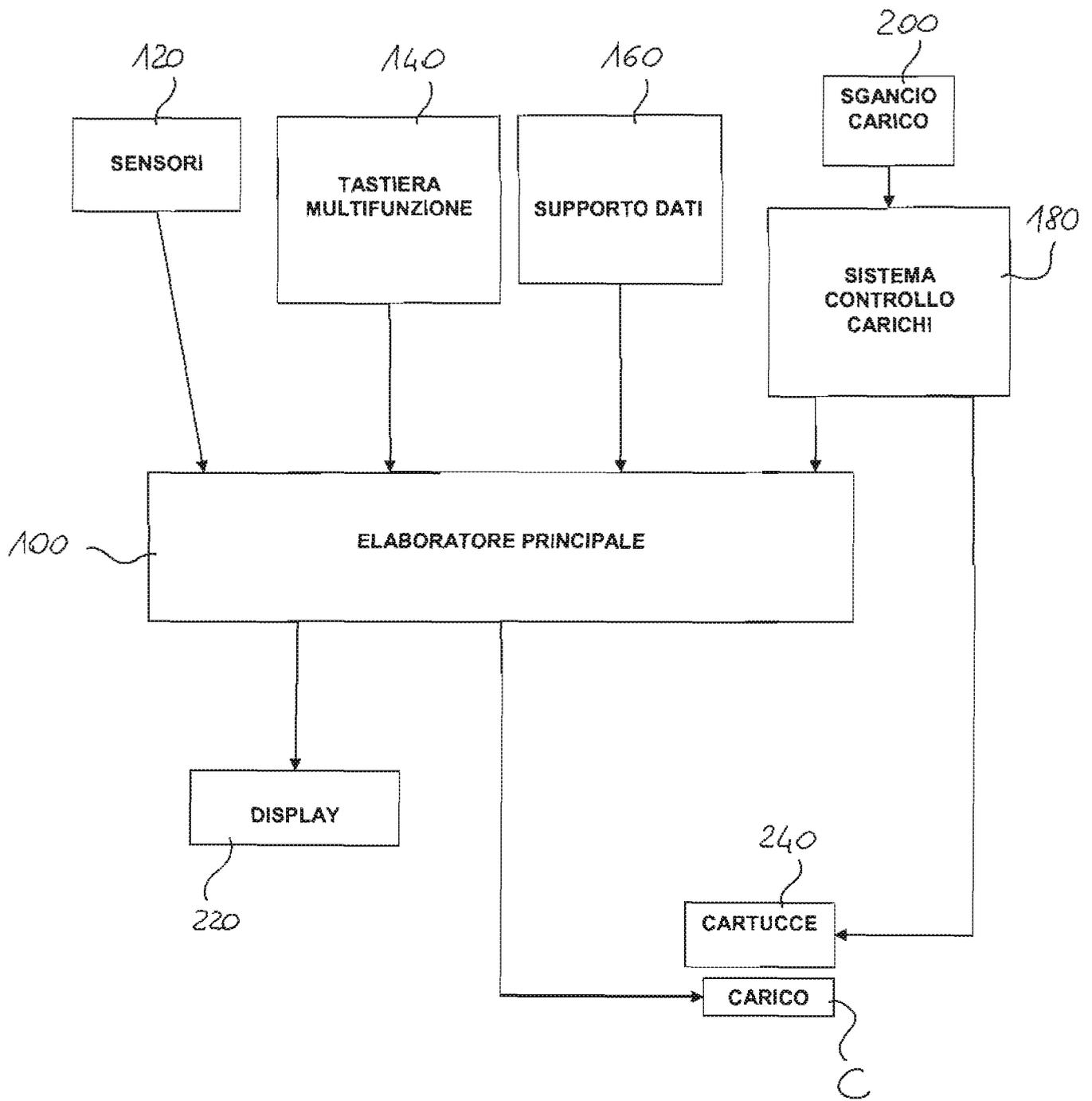


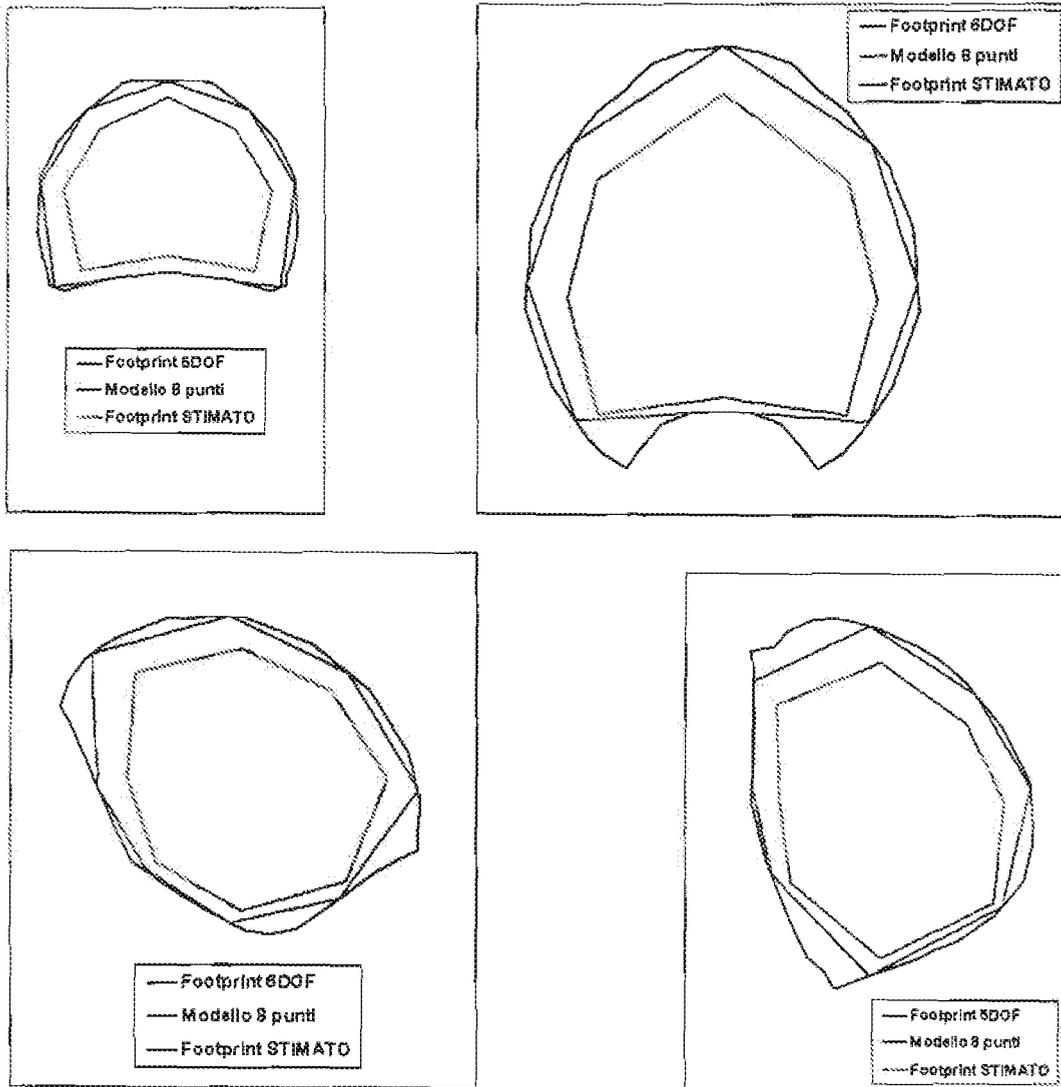
FIG. 3



**FIG. 4**



**FIG. 6**



**FIG. 7**