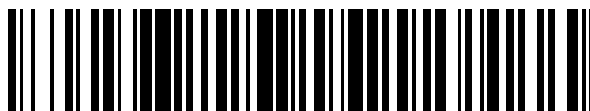


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 226**

51 Int. Cl.:

F41G 3/22 (2006.01)

G01C 23/00 (2006.01)

F41G 7/00 (2006.01)

F41G 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.11.2014 PCT/EP2014/074615**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015 WO15074967**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2014 E 14799147 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3074713**

54 Título: **Integración de sistemas**

30 Prioridad:

25.11.2013 GB 201320764
25.11.2013 EP 13275288

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.08.2020

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

RANAT, BHADRAYU MANHERLAL y
AL-AMERI, MONADL ABD AL-ABBAS MANSOUR

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 777 226 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Integración de sistemas

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la integración de sistemas y, más en concreto, a la integración de armas en aeronaves complejas y sumamente integradas.

10 Antecedentes

La integración de un sistema de armas con los otros sistemas en una aeronave es una tarea compleja y prolongada, debido a esta afecta a todos los sistemas principales de aeronave. Por consiguiente, existe un requisito de mejora de la asequibilidad y el tiempo de integración de armas.

15 Uno de los requisitos de la integración de armas es habilitar la visualización de información al piloto de aeronave en lo que respecta a si un arma es capaz, o no, de acometer con éxito a un objetivo particular. Para este fin, las armas se agrupan habitualmente en dos categorías, armas diseñadas para acometer a objetivos en tierra (armas aire - tierra) y armas diseñadas para acometer a objetivos en el aire (armas aire - aire). En el caso de las armas aire - tierra, se calcula una Región de Aceptabilidad de Lanzamiento (LAR), que es la región en la que la probabilidad de acometer a o alcanzar con éxito un objetivo seleccionado está por encima de un cierto valor umbral. La LAR se calcula con el fin de proporcionar visualizaciones de cabina en la aeronave lanzadora que indican la factibilidad de acometer con éxito al objetivo, y es una función de las características de desempeño de arma, los movimientos y posiciones relativas de la aeronave y el objetivo y, a menudo, condiciones ambientales tales como velocidad y dirección del viento.

25 Para un arma aire - aire, se calcula una Zona de Éxito de Lanzamiento (LSZ), indicativa de la probabilidad de acometer con éxito a un objetivo aéreo seleccionado que está por encima de un cierto valor umbral. De nuevo, se usa la LSZ para proporcionar una visualización de cabina que indica si el arma es capaz de acometer con éxito al objetivo. Sin embargo, el cálculo de una LSZ es más complicado que el cálculo de una LAR debido a que las direcciones de desplazamiento y velocidades escalares relativas de la aeronave lanzadora y el objetivo son mucho mayores, los efectos de las condiciones ambientales son mayores, y también las propiedades físicas de las armas en vuelo son más significativas en el cálculo.

35 El enfoque convencional ha sido la creación de un modelo simple y abstracto del arma, que se modifica de acuerdo con las condiciones de lanzamiento (teniendo en cuenta las condiciones de aeronave y de objetivo (por ejemplo, alcance, dirección y velocidad escalar de desplazamiento, etc.) y las condiciones ambientales). El modelo se usa a bordo de la aeronave para generar la LAR o LSZ para su visualización al piloto. Una desventaja del enfoque convencional es que cada modelo es diferente para cada diferente tipo de arma. Almacenar los datos en relación con varios modelos implícitos diferentes consume una capacidad de almacenamiento significativa, y cada modelo se ha de integrar completamente para asegurar que no existe efecto adverso alguno sobre ninguno de los sistemas de aeronave. Además, si en un arma se realiza cualquier cambio o modificación (tal como una mejora en el desempeño) o si es necesario montar en la aeronave un arma completamente nueva, se ha de llevar a cabo un proceso de integración prolongado y costoso debido a que el modelo de arma es sustancialmente diferente de todo lo integrado previamente con los sistemas de aeronave.

45 La solicitud de patente internacional WO 2011/018656 A2 divulga sistemas y métodos conocidos de integración de sistemas de armas con los sistemas de aeronave de una aeronave que porta el arma, con el fin de generar, en la aeronave en vuelo, una visualización indicativa de que el arma acomete con éxito a un objetivo.

50 Sumario de la invención

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para generar, en una aeronave en vuelo, una visualización indicativa de la factibilidad de que un arma portada en la aeronave acometa con éxito a un objetivo determinado y/o la factibilidad de que un arma portada en el objetivo acometa con éxito a la aeronave. El método comprende: adquirir, por uno o más procesadores, una envolvente de desempeño respectiva para una pluralidad de diferentes tipos de aeronave, siendo remotos los uno o más procesadores con respecto a la aeronave; usando la pluralidad de envolventes de desempeño de aeronave, determinar, por los uno o más procesadores, una (única) envolvente de desempeño que define el desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave; adquirir, por los uno o más procesadores, una envolvente de desempeño para el arma; usando la envolvente de desempeño que es representativa del desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave y la envolvente de desempeño de arma, determinar, por los uno o más procesadores, una (única) envolvente de desempeño adicional, definiendo la envolvente de desempeño adicional el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave, siendo la envolvente de desempeño adicional la envolvente mínima que define el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave; determinar, por los uno o más procesadores, coeficientes para un polinomio genérico que ajustan el polinomio genérico a la envolvente de desempeño adicional; subir, a la aeronave, los coeficientes generados; reconstruir, en la aeronave, la envolvente de

desempeño adicional usando el mismo polinomio genérico; y, usando condiciones de aeronave y de objetivo y la envolvente de desempeño adicional reconstruida, generar, en la aeronave, la visualización de factibilidad.

El polinomio genérico puede ser de la forma:

5

$$y_n = \sum_{m=1}^{M_n} \alpha_{mn} x_1^{P_{1mn}} x_2^{P_{2mn}} \dots$$

en donde:

10

a_{mn} representan los m coeficientes requeridos para computar la salida n ;
 $\{x_1 \dots x_{Nj}\}$ representan las entradas normalizadas; y
 $\{y_1 \dots y_{Nj}\}$ representan las salidas.

15

El orden del polinomio genérico puede ser tres o más. El orden del polinomio genérico puede ser de entre 10 y 25. El orden del polinomio genérico puede ser 20.

20

La etapa de generar los coeficientes puede comprender: a) generar una población inicial de polinomios candidatos; b) para cada polinomio candidato, computar un conjunto de coeficientes que ajustan ese polinomio a la envolvente de desempeño adicional de acuerdo con uno o más criterios; y c) para cada polinomio candidato y conjunto respectivo de coeficientes, computar una función de puntuación indicativa de la calidad del ajuste de ese polinomio candidato y ese conjunto de coeficientes a la envolvente de desempeño adicional; y d) aplicar, de forma recursiva, un algoritmo genético al conjunto de polinomios candidatos hasta que se cumplen uno o más criterios, incluyendo conservar al menos el polinomio de mejor puntuación y descartar el otro u otros polinomios. Las salidas del polinomio o polinomios conservados pueden ser una capa de una Red Neuronal Polinómica con Auto-Organización y se usan para proporcionar entradas para crear polinomios candidatos de orden superior. Estas etapas se pueden iterar en los polinomios candidatos de orden superior. Se puede obtener un resultado final a partir de la trayectoria que termina con la mejor puntuación candidata.

25

30

El objetivo puede ser una aeronave adicional. La visualización de factibilidad puede ser indicativa de una Zona de Éxito de Lanzamiento de la aeronave y/o el objetivo.

El objetivo puede ser un objetivo terrestre. La visualización de factibilidad puede ser indicativa de una Región de Aceptabilidad de Lanzamiento de la aeronave y/o una Zona de Acometimiento con Misiles del objetivo.

35

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un sistema para generar, en una aeronave en vuelo, una visualización indicativa de la factibilidad de que un arma portada en la aeronave acometa con éxito a un objetivo determinado y/o la factibilidad de que un arma portada en el objetivo acometa con éxito a la aeronave. El sistema comprende: uno o más procesadores remotos con respecto a la aeronave y configurados para: adquirir una envolvente de desempeño respectiva para una pluralidad de diferentes tipos de aeronave; usando la pluralidad de envolventes de desempeño de aeronave, determinar una envolvente de desempeño que define el desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave; adquirir una envolvente de desempeño para el arma; usando la envolvente de desempeño que es representativa del desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave y la envolvente de desempeño de arma, determinar una envolvente de desempeño adicional, definiendo la envolvente de desempeño adicional el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave, siendo la envolvente de desempeño adicional la envolvente mínima que define el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave; y determinar coeficientes para un polinomio genérico que ajustan el polinomio genérico a la envolvente de desempeño adicional; una unidad de subida acoplada operativamente a los uno o más procesadores y configurada para subir, a la aeronave, los coeficientes generados; y un reconstructor a bordo de la aeronave y configurado para: reconstruir la envolvente de desempeño adicional usando el mismo polinomio genérico; y, usando condiciones de aeronave y de objetivo y la envolvente de desempeño adicional reconstruida, generar, en la aeronave, la visualización de factibilidad.

40

45

50

55

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona una aeronave que comprende un sistema de acuerdo con el aspecto precedente.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un programa o una pluralidad de programas dispuesto(s) de tal modo que, cuando es/son ejecutado(s) por un sistema informático o uno o más procesadores, da(n) lugar a que el sistema informático o los uno o más procesadores opere(n) de acuerdo con el método de cualquiera de los aspectos anteriores.

60

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un medio de almacenamiento legible por máquina que almacena un programa o una pluralidad de programas de acuerdo con el aspecto precedente.

Los métodos y sistemas proporcionados tienden a mejorar de forma significativa el coste y el tiempo de integración de

armas.

Se puede usar un número mínimo de algoritmos de puntería de armas genéricos con el fin de tener en cuenta todos los tipos de arma.

5 El método se puede usar para diferentes tipos de arma, y un conjunto respectivo de coeficientes se pueden determinar fácilmente para cada tipo de arma, por ejemplo, para cada una de una pluralidad de diferentes condiciones de disparo (es decir, condiciones de aeronave y de objetivo). Estas condiciones de aeronave y de objetivo pueden incluir, pero no se limitan a, una o más de sus condiciones atmosféricas ambientales, velocidades escalares, direcciones de movimiento, distancias y posiciones relativas.

15 En algunos aspectos, se genera una base de datos al: definir la gama de condiciones para las cuales se puede requerir que se dispare el arma, la gama de condiciones de aeronave para las cuales es factible que la aeronave dispare el arma y la gama de condiciones de arma para las cuales es factible disparar el arma; generar datos indicativos del desempeño de arma para cada posibilidad de disparo de arma de entre los alcances definidos; y crear una base de datos que define la envolvente de desempeño global del arma. Los coeficientes se pueden determinar entonces a partir de esta base de datos y el polinomio genérico. De esta forma, se puede generar la base de datos en un sistema terrestre, de tal modo que el sistema de aeronave necesita la capacidad de únicamente almacenar el polinomio genérico y procesar los coeficientes con las condiciones de aeronave y de objetivo con el fin de generar la visualización de factibilidad. Por lo tanto, tiende a reducirse la cantidad de capacidad de almacenamiento / procesamiento de datos requerida en la aeronave.

20 Los coeficientes se pueden implementar como datos cargables con el fin de permitir que se implemente un comportamiento de armas exacto y preciso dentro del sistema de armas. Asimismo, el uso de uno o solo unos pocos algoritmos genéricos permitiría que se autorizara o certificara / cualificara el uso de diferentes sistemas de armas con la aeronave con un esfuerzo reducido y más rápidamente que con las pruebas exhaustivas que se requieren con los enfoques convencionales.

25 El uso de algoritmos genéricos para la puntería de armas también habilita aumentos, o cambios significativos, en la capacidad de un sistema de armas para integrarse con los sistemas de aeronave con un esfuerzo significativamente menor que hasta la fecha.

30 Al determinar una factibilidad de que un arma portada en el objetivo acometa con éxito a la aeronave, se visualiza si la aeronave está en peligro, o no, o en qué medida, de ser acometida con éxito por un arma portada por un objetivo hostil. Este cálculo de LSZ / MEZ opuestas permite una evaluación mejor de los acometimientos. Esto podría, a su vez, conducir a predicciones certeras de ventaja y resultado probable de los acometimientos.

35 Ventajosamente, los aspectos anteriores proporcionan un algoritmo / polinomio genérico que puede ser usado (por ejemplo, de forma simultánea) por múltiples tipos diferentes de aeronave. Diferentes tipos de aeronave pueden usar el mismo algoritmo genérico para calcular LAR / LSZ. Asimismo, se puede usar el mismo algoritmo genérico para calcular LAR / LSZ para diferentes tipos de arma. Por lo tanto, se produce solo una vez un software de aeronave que comprende el polinomio genérico y medios para permitir la carga de coeficientes para cada arma montada en una aeronave. El algoritmo de software y coeficientes, para cualquier arma dada, son los mismos para cualquier tipo de aeronave. Esto tiende a ser diferente de las metodologías convencionales en las cuales, aunque se pueden usar herramientas comunes para la generación de polinomios y de coeficientes, se generan tanto el software (incluyendo un algoritmo / polinomio) como coeficientes para cada tipo de arma y cada vez que se cambia el desempeño de arma. Esta necesidad de reescribir el software y la certificación del mismo tiende a ser particularmente costosa. El método y sistema anteriormente descrito tienden ventajosamente a prever que el software de aeronave no se haya de reescribir y, por lo tanto, no se requiere certificación nueva alguna.

40 En un aspecto adicional, la presente invención proporciona una flota de aeronaves que comprende una pluralidad de diferentes aeronaves. Cada aeronave dentro de la flota comprende el mismo polinomio genérico común. Cuando se monta un arma en una aeronave en la flota, también se pueden cargar en esa aeronave los coeficientes específicos que se corresponden con esa arma. Esto tiende a contrastar con los sistemas convencionales en los que, cuando se carga un arma en una aeronave, se generan tanto un polinomio / algoritmo como coeficientes correspondientes para generar LAR / LSZ para esa aeronave y configuración de armamento.

Breve descripción de los dibujos

60 A continuación se describirá una realización de la invención, a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1a y 1b ilustran la Región de Aceptabilidad de Lanzamiento (LAR) para un arma aire - superficie;

65 la figura 2 ilustra la Zona de Éxito de Lanzamiento (LSZ) para un arma aire - aire;

la figura 3 es una ilustración esquemática de una realización de la presente invención, y

la figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra una realización de la técnica de generador de coeficientes de acuerdo con la invención.

5

Descripción detallada

La figura 1a muestra la LAR en el plano de vuelo de una aeronave lanzadora 1 que vuela a lo largo de una trayectoria de vuelo 3 con respecto a un objetivo 5 para un arma aire - superficie (no mostrada) montada en la aeronave. La LAR se calcula para proporcionar visualizaciones de cabina en la aeronave lanzadora 1 concernientes a la factibilidad y a las oportunidades de disparo para la situación. La figura 1b muestra la visualización generada para la LAR de la figura 1a, que está en forma de visualización de alcance horizontal y desvío lateral (el área sombreada), en donde la trayectoria de vuelo de arma 7 coincide con la trayectoria de vuelo de aeronave 3; para acometer con éxito al objetivo 5 como se muestra en la visualización, el objetivo ha de caer dentro de la LAR sombreada. A medida que la aeronave 1 se mueve en la dirección de alcance horizontal, la LAR visualizada está acotada por los alcances mínimo y máximo, R_{\min} y R_{\max} .

10

15

Además de la LAR para la aeronave lanzadora 1, se puede determinar una Zona de Acometimiento con Misiles (MEZ) para el objetivo 5 y visualizarse al piloto de la aeronave 1. Esta MEZ puede indicar una región en la cual la verosimilitud de que un arma aire - tierra (por ejemplo, un misil) portada por el objetivo 5 intercepte con éxito la aeronave 1 está por encima de un valor umbral.

20

La LSZ mostrada en la figura 2 es la región en la que la probabilidad de que un arma aire - aire alcance un objetivo T aerotransportado está por encima de un nivel umbral. El cálculo de la LSZ es más complicado que para la LAR, debido a que están involucrados un número mayor de factores, tal como las direcciones de desplazamiento y velocidades relativas de la aeronave lanzadora y el objetivo, y las del arma en relación con el objetivo. Asimismo, la forma de la LSZ es más compleja que la de la LAR; como con la LAR, existen unos alcances máximo y mínimo, R_{\max} y R_{\min} , entre los cuales el objetivo T puede ser acometido con éxito, pero existe una zona acotada por R_{\min} dentro de la cual el Objetivo T no puede ser acometido con éxito debido a que queda fuera de la capacidad del arma maniobrar y alcanzar el objetivo cuando la aeronave lanzadora está tan próxima al objetivo, dadas las velocidades escalares y direcciones de desplazamiento de la aeronave lanzadora y el objetivo T.

25

30

En la presente realización, la LSZ incluye adicionalmente un así denominado "alcance de no escape" R_{Ne} . La zona acotada por R_{Ne} y R_{\min} es una zona en la cual la verosimilitud de que el Objetivo T evada con éxito el arma está por debajo de una verosimilitud umbral. Este alcance se puede determinar usando parámetros de desempeño del arma, la aeronave lanzadora 1 y el objetivo T.

35

Como es sabido en la técnica, existen dos LSZ, una para que la aeronave lanzadora acometa al objetivo 7 y la otra para que el objetivo acometa a la aeronave lanzadora.

40

A menudo, un requisito es calcular la LAR o LSZ para un acometimiento, para visualizar a la tripulación la información de la aeronave lanzadora con respecto a la factibilidad, o verosimilitud de éxito, del acometimiento, y asistir en las decisiones de dirección y control de fuego. El enfoque tradicional ha sido crear un modelo simple y abstracto del arma que tiene parámetros definidos por las condiciones de lanzamiento; este modelo se usa entonces a bordo de la aeronave lanzadora para generar la LAR, LSZ o MEZ y la visualización apropiada.

45

La figura 3 muestra el sistema de la presente invención de forma esquemática, y se divide entre aquellos procesos 11 que se llevan a cabo en tierra y los procesos 13 que se llevan a cabo en la aeronave lanzadora 1.

50

Los procesos comienzan con la generación del espacio de datos, que es la gama de condiciones a lo largo de las cuales se va a definir la envolvente de desempeño de arma; esto es efectuado por un generador de espacio de datos 15, y depende de las gamas de condiciones: para cuáles se requiere disparar el arma (lo que es definido por el usuario / operador del arma); para cuáles es factible disparar de acuerdo con la capacidad de la aeronave lanzadora, y para cuáles es factible disparar de acuerdo con la capacidad / desempeño del arma.

55

En la presente realización, el generador de espacio de datos 15 comprende datos que describen parámetros de desempeño para cada uno de una pluralidad de diferentes tipos de aeronave. Diferentes tipos de aeronave pueden tener capacidades diferentes entre sí, por lo tanto, por ejemplo, se puede considerar que unas aeronaves que tienen las mismas o similares capacidades son el mismo "tipo de aeronave". Diferentes tipos de aeronave pueden ser diferentes modelos o marcas de aeronave y/o pueden tener diferentes fabricantes. Diferentes tipos de aeronave pueden tener diferentes parámetros operativos (velocidad escalar máxima, altitud máxima, límite g, etc.). Diferentes tipos de aeronave se pueden configurar para diferentes fines o funciones (por ejemplo, bombarderos, cazas, reabastecimiento de combustible, etc.). Estas envolventes de desempeño de aeronave pueden ser suministradas por los fabricantes de aeronaves o a través de pruebas. La pluralidad de diferentes tipos de aeronave incluye el tipo de la aeronave lanzadora 1 y, preferiblemente, la aeronave objetivo T. Los parámetros de desempeño para cada uno de los tipos de aeronave pueden incluir, pero no se limitan a, una altitud máxima alcanzable, una fuerza g máxima alcanzable

60

65

y un ángulo de ascensión máximo alcanzable. Los valores de los parámetros de desempeño para diferentes tipos de aeronave pueden ser diferentes entre sí. Por ejemplo, un primer tipo de aeronave puede tener una altitud máxima de 13.716 m (45.000 pies), mientras que un segundo tipo de aeronave puede tener una altitud máxima de 16.764 m (55.000 pies), y así sucesivamente.

5 En la presente realización, el generador de espacio de datos 15 comprende datos adicionales que describen parámetros de desempeño para cada uno de una pluralidad de diferentes tipos de arma, por ejemplo, diferentes armas que se pueden montar en la aeronave lanzadora o que se puede esperar que sean portadas por un objetivo hostil. Estas envolventes de desempeño de arma pueden ser suministradas por los fabricantes de armas o a través de pruebas. La pluralidad de diferentes tipos de arma incluye el tipo del arma que es portada por la aeronave lanzadora 10 y, preferiblemente, el objetivo. Los parámetros de desempeño para cada uno de los tipos de arma pueden incluir, pero no se limitan a, una altitud máxima a la que se puede liberar el arma, una fuerza g máxima a la que se puede liberar el arma y un mecanismo de liberación del arma. Los valores de los parámetros de desempeño para diferentes tipos de arma pueden ser diferentes entre sí. Por ejemplo, un primer tipo de arma se puede liberar hasta una altitud de 10.668 m (35.000 pies), mientras que un segundo tipo de arma se puede liberar hasta una altitud de 13.716 m (45.000 pies), y así sucesivamente.

El generador de espacio de datos 15 puede definir las condiciones de liberación, atmosféricas y de impacto ordenado para conjuntos de instrucción y de verificación que son ejecutados por un generador de datos de verdad 17.

20 El generador de datos de verdad 17 determina el desempeño de arma para cada caso de disparo en el espacio de datos; esto depende del modelo de desempeño de arma que habitualmente es proporcionado por el fabricante de armas.

25 En la presente realización, para cada tipo de arma, se determina como sigue una envolvente de desempeño de arma adicional.

30 En primer lugar, se determina una "envolvente de desempeño de aeronave máxima" usando los límites de envolvente de desempeño máxima en todos los tipos de aeronave. Dicho de otra forma, para cada uno de los parámetros de desempeño de aeronave, se determina una envolvente para el parámetro de desempeño que cubre el desempeño, con respecto a ese desempeño, en todos los diferentes tipos de aeronave. Por ejemplo, si, en todos los tipos de aeronave, la altitud máxima alcanzable es de 16.764 m (55.000 pies), entonces la envolvente de desempeño de aeronave máxima tiene, para el parámetro de desempeño de altitud máxima, una envolvente que especifica de 0 m (0 pies) a 16.764 m (55.000 pies) (de forma similar para los otros parámetros de desempeño de aeronave).

35 En la presente realización, la envolvente de desempeño de aeronave máxima se puede expresar como:

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_N)$$

40 en donde

$$A_i = [(a_{ij})_{\min}, (a_{ij})_{\max}]$$

45 en donde: $i = 1, \dots, N$ es un índice para los parámetros de desempeño de aeronave, siendo N el número de parámetros de desempeño de aeronave;

$j = 1, \dots, M$ es un índice para los tipos de aeronave, siendo M el número de diferentes tipos de aeronave; y

50 a_{ij} es la envolvente del i -ésimo parámetro de desempeño de aeronave del j -ésimo tipo de aeronave, siendo $(a_{ij})_{\min}$ la mínima (a lo largo de todos los tipos de aeronave j) de las cotas inferiores de todas las envolventes a_{ij} y siendo $(a_{ij})_{\max}$ la máxima (a lo largo de todos los tipos de aeronave j) de las cotas superiores de todas las envolventes a_{ij} .

La envolvente de desempeño de aeronave A cubre al menos las envolventes de desempeño de cada uno de los diferentes tipos de aeronave.

55 En segundo lugar, para cada tipo de arma, se determina una envolvente de desempeño de arma "actualizada" o "adicional" usando la envolvente de desempeño de arma inicial de ese tipo de arma (proporcionada por el proveedor de armas y almacenada en el generador de espacio de datos 15) y la envolvente de desempeño de aeronave máxima A . En la presente realización, la envolvente de desempeño de arma adicional para un tipo de arma particular es la envolvente de desempeño mínima (es decir, el intervalo más pequeño de valores de parámetro) que especifica el desempeño de un arma del tipo de arma que se lanza desde cada uno de los diferentes tipos de aeronave. En la presente realización, para un parámetro de desempeño particular, la envolvente de ese parámetro de desempeño como se especifica en la envolvente de desempeño de arma adicional para un tipo de arma particular es la envolvente de desempeño mínima del parámetro de desempeño especificado por la envolvente de desempeño de arma inicial de ese tipo de arma y la envolvente de desempeño de aeronave máxima A . Por ejemplo, para un tipo de arma dado, si la altitud máxima alcanzable en todos los tipos de aeronave es de 16.764 m (55.000 pies) pero la altitud máxima desde

la cual se puede liberar esa arma es de solo 13.716 m (45.000 pies), entonces la envolvente de desempeño de arma adicional especifica una envolvente que especifica de 0 m (0 pies) a 13.716 m (45.000 pies) en la que se puede liberar esa arma (de forma similar para los otros parámetros de desempeño de aeronave).

- 5 En la presente realización, la envolvente de desempeño de arma adicional para el k-ésimo tipo de arma se puede expresar como:

$$W_k = (W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{kL})$$

- 10 En donde

$$W_{kl} = [\text{máx}((a_{ij})_{\text{mín}}, W_{kl,\text{inferior}}), \text{mín}((a_{ij})_{\text{máx}}, W_{kl,\text{superior}})]$$

- 15 en donde: $l = 1, \dots, L$ es un índice para los parámetros de desempeño de arma, siendo L el número de parámetros de desempeño de arma;
 $k = 1, \dots, K$ es un índice para los tipos de arma, siendo K el número de diferentes tipos de arma; y
 $W_{kl,\text{inferior}}$ y $W_{kl,\text{superior}}$ son las cotas inferior y superior, respectivamente, de la envolvente del l -ésimo parámetro de desempeño de arma del k -ésimo tipo de arma.

- 20 Por lo tanto, la envolvente de desempeño de arma adicional específica, para un tipo de arma dado, el desempeño de esa arma cuando es portada por cualquiera de los diferentes tipos de aeronave.

- 25 El producto del generador de datos de verdad 17 es la base de datos de verdad 19, que es un conjunto de datos que especifican, para cada tipo de arma, la envolvente de desempeño de arma adicional para cada uno de una pluralidad de disparos de arma ilustrativos. El generador de datos de verdad 17 puede producir los conjuntos de instrucción y de verificación que son usados por un generador de coeficientes 21.

- 30 Convencionalmente, la base de datos de verdad se usa como un modelo que se puede emplear a bordo de la aeronave lanzadora con el fin de generar la factibilidad de las visualizaciones de acometimiento (LAR o LSZ, según sea apropiado).

- 35 En la presente invención, un generador de coeficientes 21 recibe las envolventes de desempeño de arma adicionales almacenadas por la base de datos de verdad 19 y calcula, para cada tipo de arma y para cada disparo de arma ilustrativo, coeficientes de acuerdo con un algoritmo de LAR / LSZ genérico 23 que "ajustan" el algoritmo genérico a la forma de la envolvente de desempeño de arma adicional.

- 40 En algunas realizaciones, el generador de coeficientes 21 puede generar coeficientes mediante la construcción de zonas de instrucción y de verificación (que representan la envolvente de acometimiento de objetivo) a partir de datos extraídos de la base de datos de verdad, mediante el ajuste de una forma geométrica a la zona de instrucción y mediante la definición de los coeficientes para el algoritmo genérico. El generador de coeficientes puede verificar entonces los coeficientes frente a los conjuntos de verificación mediante la creación de zonas basándose en los coeficientes en las condiciones de conjunto de verificación y mediante la confirmación de que estas zonas de verificación cumplen los criterios para un acometimiento con éxito.

- 45 En otras realizaciones, se usa un método alternativo de generación de coeficientes como se ilustra en la figura 4. El número de entradas 27 y la forma de cada descriptor polinómico, $PD^{\text{Capa, Nodo}}$, son determinados por un método de optimización conocido como Algoritmo Genético.

- 50 Lo que se describirá a continuación es un método de determinación de valores de coeficiente que ajustan un algoritmo genérico a la envolvente de desempeño de arma adicional de un tipo de arma particular y disparo de arma ilustrativo particular. Se apreciará que, en realidad, se determina un conjunto de coeficientes para cada uno de los tipos de arma para cada uno de los disparos de arma ilustrativos.

- 55 En este método, el generador de coeficientes 21 comienza con la creación de un conjunto inicial de polinomios candidatos cuyas variables son algunos o todos los parámetros de condiciones de disparo de aeronave o de arma. Cada uno de los polinomios candidatos es una solución única del problema de ajuste. Algunos o todos los polinomios candidatos pueden tener un orden, o dimensión, diferente del de algunos o todos los otros polinomios candidatos. Para cada polinomio candidato, se computa entonces un conjunto de coeficientes que "ajustan" mejor ese polinomio candidato a la envolvente de desempeño de arma adicional. Esto se puede hacer usando un criterio de error de mínimos cuadrados o cualquier otro método de ajuste. Para cada polinomio candidato, se computa entonces una "puntuación" indicativa de la calidad de este ajuste.

- 65 Se aplica entonces el Algoritmo Genético a los polinomios candidatos y puntuaciones. En la presente realización, se conservan los polinomios de mejor puntuación y se rechazan los otros polinomios (es decir, los de peor puntuación). Se crean entonces nuevos polinomios candidatos que tienen características similares a las de los polinomios candidatos conservados para sustituir los rechazados (por ejemplo, al "reproducir" los polinomios candidatos

conservados). Se calculan entonces un conjunto de coeficientes y valores de puntuación para esta nueva generación de candidatos, y así sucesivamente.

5 El Algoritmo Genético se repite hasta que ha cesado la mejora en las puntuaciones de los mejores candidatos o se satisfacen algunos otros criterios. El resultado es la primera capa, la Capa 1, de una Red Neuronal Polinómica con Auto-Organización (SOPNN).

10 Se repite entonces la totalidad del proceso, con las salidas de la primera capa proporcionando las entradas para crear una segunda capa, la Capa 2, de la SOPNN. La nueva capa tiene el efecto de crear polinomios candidatos de orden superior y coeficientes para su consideración. La selección de polinomios en la nueva capa es dirigida y optimizada de nuevo por el Algoritmo Genético.

15 Se añaden capas a la SOPNN de esta forma hasta que cesa la mejora en las puntuaciones de los mejores candidatos o se satisfacen algunos otros criterios. En la figura 4 se representa una red completada que comprende dos capas. La red final se obtiene, de forma recursiva, a partir de la trayectoria que termina en el nodo de salida con la mejor puntuación en la generación final de candidatos (la "Solución Óptima"). Todo nodo sin conexión alguna con esta trayectoria se descarta como se muestra en la figura 4, en donde los nodos que contribuyen a la solución óptima se somborean ligeramente y los nodos descartados son de color negro.

20 Se identifica y se almacena el mejor conjunto de único polinomio candidato y coeficiente. Este proceso se repite hasta que todas las características requeridas de la LAR / LSZ tienen modelos de polinomio correspondientes. Dicho de otra forma, el proceso se repite hasta que, para cada condición de disparo, y para cada tipo de arma, se ha generado un modelo de polinomio ajustado a la envolvente de desempeño de arma adicional para ese tipo de arma y condición de disparo.

25 El algoritmo de LAR / LSZ genérico está predeterminado, y en la presente invención es una ecuación polinómica de la forma:

$$y_n = \sum_{m=1}^{M_n} \alpha_{mn} x_1^{P_{1mn}} x_2^{P_{2mn}} \dots$$

30 En donde:

a_{mn} representan los m coeficientes requeridos para computar la salida n;

35 $\{x_1 \dots x_{Nj}\}$ representan las entradas normalizadas; y

$\{y_1 \dots y_{Nj}\}$ representan las salidas.

40 Preferiblemente, el orden del algoritmo de LAR / LSZ genérico es tres o más. Más preferiblemente, el orden del algoritmo genérico es de entre 10 y 25. Más preferiblemente, el orden del algoritmo genérico es 20. Sorprendentemente, se ha hallado que el uso de un algoritmo genérico con un orden de aproximadamente 20 describe de forma adecuada la mayoría de acometimientos aire - aire con exactitud en un tiempo de ejecución apropiado para su implementación en una aeronave. No obstante, el algoritmo de LAR / LSZ genérico puede tener un orden mayor que 2.

45 Haciendo de nuevo referencia a la figura 3, la salida del generador de coeficientes 21 es el conjunto de coeficientes que es cargado en la aeronave lanzadora por una unidad de subida de datos. Siguiendo esta etapa, los procesos de a bordo 13 comprenden un reconstructor 25, que aúna el algoritmo de LAR / LSZ genérico 23 (que se mantiene en los sistemas de aeronave) y los coeficientes subidos, con el fin de reconstruir la LAR, LSZ o MEZ para un acometimiento particular mediante la selección del algoritmo y coeficientes apropiados para las condiciones de lanzamiento actuales (es decir, las condiciones de disparo de aeronave o de arma). Los parámetros de condiciones de disparo de aeronave o de arma pueden incluir, pero no se limitan a, parámetros tales como velocidades de aeronave, altura de aeronave, actitud de aeronave, alcance oblicuo al objetivo, velocidades de objetivo, altura de objetivo, azimut de línea de visión, ángulos de aspecto e inclinación longitudinal de objetivo y velocidad del viento. Los parámetros de condiciones de disparo de aeronave o de arma pueden incluir, pero no se limitan a, direcciones de desplazamiento y velocidades relativas de la aeronave lanzadora y el objetivo y las del arma en relación con el objetivo.

55 Una vez que la LAR, LSZ o MEZ ha sido reconstruida para un acometimiento particular por los sistemas a bordo de la aeronave, se visualiza la LAR, LSZ o MEZ por medios convencionales a bordo de la aeronave.

60 En la presente realización, durante el funcionamiento, cuando la aeronave lanzadora 1 entabla combate con una aeronave objetivo hostil T, el reconstructor 25 a bordo de la aeronave lanzadora 1 puede seleccionar, de entre los coeficientes subidos, aquellos coeficientes que se corresponden con el arma que es portada por la aeronave lanzadora 1 y que se corresponden con la condición de disparo relevante (altura, ángulo de ataque, condiciones ambientales,

fuerza g que está siendo experimentada, etc.). Los coeficientes seleccionados se pueden usar entonces para reconstruir la LSZ de la aeronave lanzadora 1 para su visualización al piloto de la aeronave lanzadora 1. La LSZ reconstruida de la aeronave lanzadora 1 también puede ser usada por otros sistemas a bordo de la aeronave lanzadora 1 para recomendar acciones al piloto de la aeronave lanzadora 1 (por ejemplo, una recomendación de que se dispare el arma, etc.).

Asimismo, cuando la aeronave lanzadora 1 entabla combate con una aeronave objetivo hostil T, el tipo de aeronave del objetivo hostil T puede ser determinado por el piloto de la aeronave lanzadora 1 (o por otros medios) e introducirse en el reconstructor 25. El reconstructor 25 a bordo de la aeronave lanzadora 1 puede seleccionar entonces, de entre los coeficientes subidos, aquellos coeficientes que se corresponden con el arma portada más probablemente por el objetivo hostil T y que se corresponden con las condiciones de disparo relevantes. Los coeficientes seleccionados se pueden usar entonces para reconstruir la LSZ del objetivo hostil T para su visualización al piloto de la aeronave lanzadora 1. La LSZ reconstruida del objetivo hostil T también puede ser usada por otros sistemas a bordo de la aeronave lanzadora 1 para recomendar acciones al piloto de la aeronave lanzadora 1 (por ejemplo, una recomendación de que se realicen determinadas maniobras evasivas, etc.).

En la presente realización, durante el funcionamiento, cuando la aeronave lanzadora 1 entabla combate con un objetivo terrestre hostil 5, el reconstructor 25 a bordo de la aeronave lanzadora 1 puede seleccionar, de entre los coeficientes subidos, aquellos coeficientes que se corresponden con el arma que es portada por la aeronave lanzadora 1 y que se corresponden con la condición de disparo relevante (altitud, ángulo de ataque, condiciones ambientales, fuerza g que está siendo experimentada, etc.). Los coeficientes seleccionados se pueden usar entonces para reconstruir la LAR de la aeronave lanzadora 1 para su visualización al piloto de la aeronave lanzadora 1. La LAR reconstruida de la aeronave lanzadora 1 también puede ser usada por otros sistemas a bordo de la aeronave lanzadora 1 para recomendar acciones al piloto de la aeronave lanzadora 1 (por ejemplo, una recomendación de que se dispare el arma, etc.).

Asimismo, cuando la aeronave lanzadora 1 entabla combate con un objetivo terrestre hostil 5, el tipo del objetivo terrestre 5 puede ser determinado por el piloto de la aeronave lanzadora 1 (o por otros medios) e introducirse en el reconstructor 25. El reconstructor 25 a bordo de la aeronave lanzadora 1 puede seleccionar entonces, de entre los coeficientes subidos, aquellos coeficientes que se corresponden con el arma portada más probablemente por el objetivo terrestre 5 y que se corresponden con las condiciones de disparo relevantes. Los coeficientes seleccionados se pueden usar entonces para reconstruir la MEZ del objetivo terrestre 5 para su visualización al piloto de la aeronave lanzadora 1. La MEZ reconstruida del objetivo terrestre 5 también puede ser usada por otros sistemas a bordo de la aeronave lanzadora 1 para recomendar acciones al piloto de la aeronave lanzadora 1 (por ejemplo, una recomendación de que se realicen determinadas maniobras evasivas, etc.).

En la presente invención, un único algoritmo permite el cambio rápido entre diferentes cargas útiles de armas simplemente mediante la subida de un conjunto de datos que representan los coeficientes aplicables a la nueva arma.

Un aparato, incluyendo cualquiera de los procesadores anteriormente mencionados, para implementar la disposición anteriormente descrita, se puede proporcionar al configurar o adaptar cualquier aparato adecuado, por ejemplo, uno o más ordenadores u otros aparatos de procesamiento o procesadores, y/o proporcionar módulos adicionales. El aparato puede comprender un ordenador, una red de ordenadores, o uno o más procesadores, para implementar instrucciones y usar datos, incluyendo instrucciones y datos en forma de programa informático o una pluralidad de programas informáticos almacenados en o sobre un medio de almacenamiento legible por máquina tal como memoria informática, un disco informático, ROM, PROM, etc., o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento.

Ventajosamente, el algoritmo / polinomio genérico anteriormente descrito puede ser usado (por ejemplo, de forma simultánea) por múltiples tipos diferentes de aeronave. Dicho de otra forma, diferentes tipos de aeronave pueden usar el mismo algoritmo genérico para calcular LAR / LSZ. Asimismo, se puede usar el mismo algoritmo genérico para calcular LAR / LSZ para diferentes tipos de arma. Por lo tanto, se produce solo una vez un software de aeronave que comprende el polinomio genérico y medios para permitir la carga de coeficientes para cada arma montada en una aeronave. El algoritmo de software y coeficientes, para cualquier arma dada, son los mismos para cualquier tipo de aeronave. Esto tiende a ser diferente de las metodologías convencionales en las cuales, aunque se pueden usar herramientas comunes para la generación de polinomios y de coeficientes, se generan tanto el software (incluyendo un algoritmo / polinomio) como coeficientes para cada tipo de arma y cada vez que se cambia el desempeño de arma. Esta necesidad de reescribir el software y la certificación del mismo tiende a ser particularmente costosa. El método y sistema anteriormente descrito tienden ventajosamente a prever que el software de aeronave no se haya de reescribir y, por lo tanto, no se requiere certificación nueva alguna.

- 5 En algunas realizaciones, en cada aeronave dentro de una flota que comprende una pluralidad de diferentes aeronaves se carga el mismo polinomio genérico común. Cuando se monta un arma en una aeronave en la flota, también se pueden cargar en esa aeronave los coeficientes específicos que se corresponden con esa arma. Esto tiende a contrastar con los sistemas convencionales en los que, aunque las herramientas para generar LAR / LSZ pueden ser comunes en múltiples aeronaves diferentes, cuando se carga un arma en una aeronave, se generan tanto un polinomio / algoritmo como coeficientes correspondientes para generar LAR / LSZ para esa aeronave y configuración de armamento.

REIVINDICACIONES

5 1. Un método para generar, en una aeronave en vuelo (1), una visualización indicativa de la factibilidad de que un arma portada en la aeronave acometa con éxito a un objetivo y/o la factibilidad de que un arma portada en el objetivo acometa con éxito a la aeronave, comprendiendo el método:

adquirir, por uno o más procesadores, una envolvente de desempeño respectiva para una pluralidad de diferentes tipos de aeronave, siendo remotos los uno o más procesadores con respecto a la aeronave;
 10 usando la pluralidad de envolventes de desempeño de aeronave, determinar, por los uno o más procesadores, una envolvente de desempeño que define el desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave;
 adquirir, por los uno o más procesadores, una envolvente de desempeño para el arma;
 usando la envolvente de desempeño de arma y la envolvente de desempeño que define el desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave, determinar, por los uno o más procesadores, una envolvente de desempeño adicional, definiendo la envolvente de desempeño adicional el desempeño del arma cuando se implementa esa
 15 arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave, siendo la envolvente de desempeño adicional la envolvente mínima que define el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave;
 determinar, por los uno o más procesadores, coeficientes para un polinomio genérico que ajustan el polinomio genérico a la envolvente de desempeño adicional;
 20 subir, a la aeronave, los coeficientes generados;
 reconstruir, en la aeronave, la envolvente de desempeño adicional usando el mismo polinomio genérico; y, usando condiciones de aeronave y de objetivo y la envolvente de desempeño adicional reconstruida, generar, en la aeronave, la visualización de factibilidad.

25 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el polinomio genérico es de la forma:

$$y_n = \sum_{m=1}^{M_n} \alpha_{mn} x_1^{P_{1mn}} x_2^{P_{2mn}} \dots$$

en donde:

30 a_{mn} representan los m coeficientes requeridos para computar la salida n ;
 $\{x_1 \dots x_{Nj}\}$ representan las entradas normalizadas; y
 $\{y_1 \dots y_{Nj}\}$ representan las salidas.

35 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el orden del polinomio genérico es tres o más.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el orden del polinomio genérico es de entre 10 y 25.

40 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el orden del polinomio genérico es 20.

6. Un método de acuerdo con cualquiera de las realizaciones 1 a 5, en donde la etapa de generar los coeficientes comprende:

45 generar una población inicial de polinomios candidatos;
 para cada polinomio candidato, computar un conjunto de coeficientes que ajustan ese polinomio a la envolvente de desempeño adicional de acuerdo con uno o más criterios; y
 para cada polinomio candidato y conjunto respectivo de coeficientes, computar una función de puntuación indicativa de la calidad del ajuste de ese polinomio candidato y ese conjunto de coeficientes a la envolvente de
 50 desempeño adicional; y
 aplicar, de forma recursiva, un algoritmo genético al conjunto de polinomios candidatos hasta que se cumplen uno o más criterios, incluyendo conservar al menos el polinomio de mejor puntuación y descartar los otros polinomios.

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde las salidas de los polinomios conservados son una capa de una Red Neuronal Polinómica con Auto-Organización y se usan para proporcionar entradas para crear polinomios candidatos de orden superior.

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende adicionalmente iterar las etapas de las realizaciones 6 y 7 en los polinomios candidatos de orden superior, y obtener un resultado final, de forma recursiva, a partir de la trayectoria que termina con la mejor puntuación candidata.

9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde:

el objetivo es una aeronave (1) adicional y la visualización de factibilidad es indicativa de una Zona de Éxito de

Lanzamiento de la aeronave (1) y/o el objetivo; o el objetivo es un objetivo terrestre y la visualización de factibilidad es indicativa de una Región de Aceptabilidad de Lanzamiento de la aeronave y/o una Zona de Acometimiento con Misiles del objetivo.

5 10. Un sistema para generar, en una aeronave en vuelo (1), una visualización indicativa de la factibilidad de que un arma portada en la aeronave acometa con éxito a un objetivo determinado y/o la factibilidad de que un arma portada en el objetivo acometa con éxito a la aeronave, comprendiendo el sistema:

10 uno o más procesadores (11) remotos con respecto a la aeronave y configurados para:

adquirir una envolvente de desempeño respectiva para una pluralidad de diferentes tipos de aeronave; usando la pluralidad de envolventes de desempeño de aeronave, determinar una envolvente de desempeño que define el desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave; adquirir una envolvente de desempeño para el arma;

15 usando la envolvente de desempeño de arma y la envolvente de desempeño que define el desempeño de todos los diferentes tipos de aeronave, determinar una envolvente de desempeño adicional, definiendo la envolvente de desempeño adicional el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave, siendo la envolvente de desempeño adicional la envolvente mínima que define el desempeño del arma cuando se implementa esa arma en cada uno de los diferentes tipos de aeronave; y
20 determinar coeficientes para un polinomio genérico que ajustan el polinomio genérico a la envolvente de desempeño adicional;

una unidad de subida acoplada operativamente a los uno o más procesadores y configurada para subir, a la aeronave, los coeficientes generados; y

25 un reconstructor (25) a bordo de la aeronave y configurado para:

reconstruir la envolvente de desempeño adicional usando el mismo polinomio genérico; y usando condiciones de aeronave y de objetivo y la envolvente de desempeño adicional reconstruida, generar, en la aeronave, la visualización de factibilidad.

30 11. Una aeronave (1) que comprende un sistema de acuerdo con la reivindicación 10.

12. Un programa o una pluralidad de programas dispuesto(s) de tal modo que, cuando es/son ejecutado(s) por un sistema informático o uno o más procesadores, da(n) lugar a que el sistema informático o los uno o más procesadores opere(n) de acuerdo con el método de cualquiera de las realizaciones 1 a 9.

35 13. Un medio de almacenamiento legible por máquina que almacena el programa o la pluralidad de programas de acuerdo con la reivindicación 12.

Fig.1a.

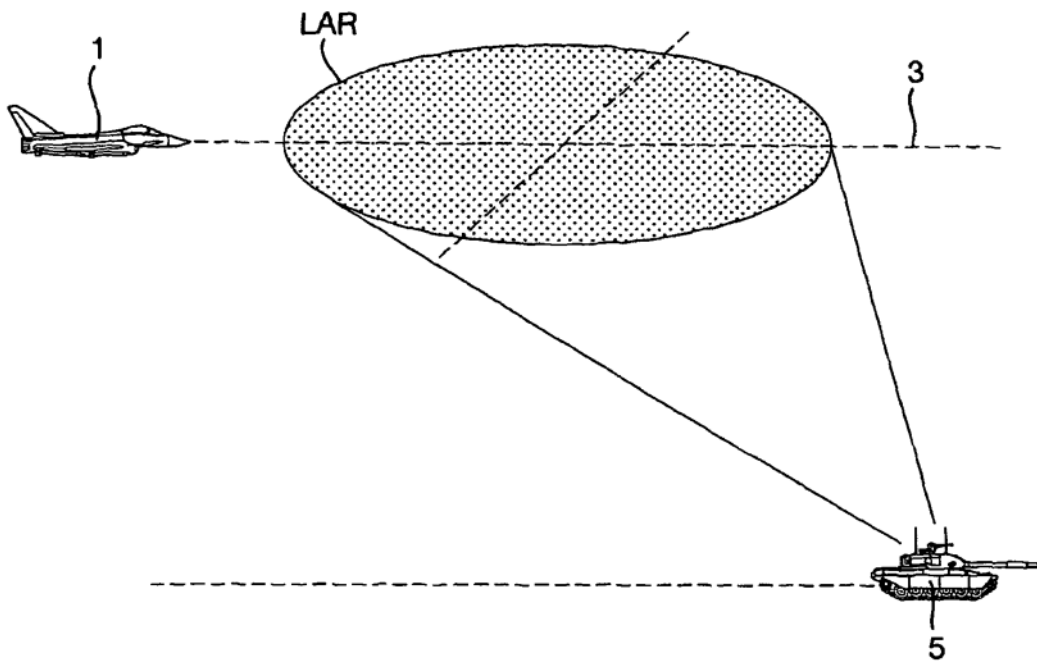
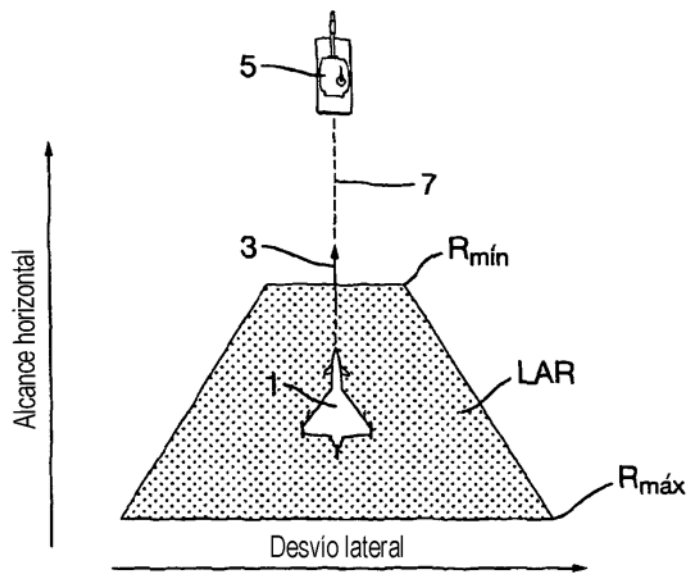


Fig.1b.



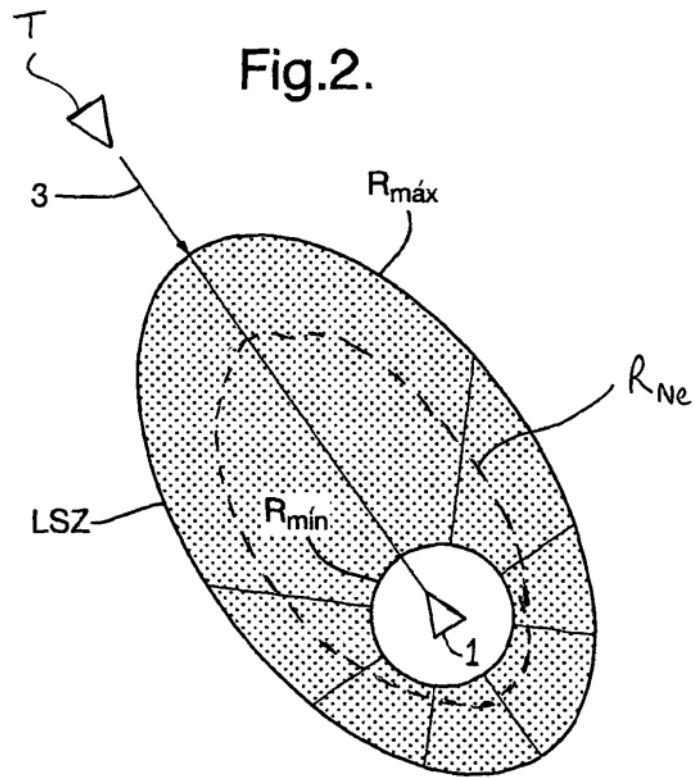


Fig.3.

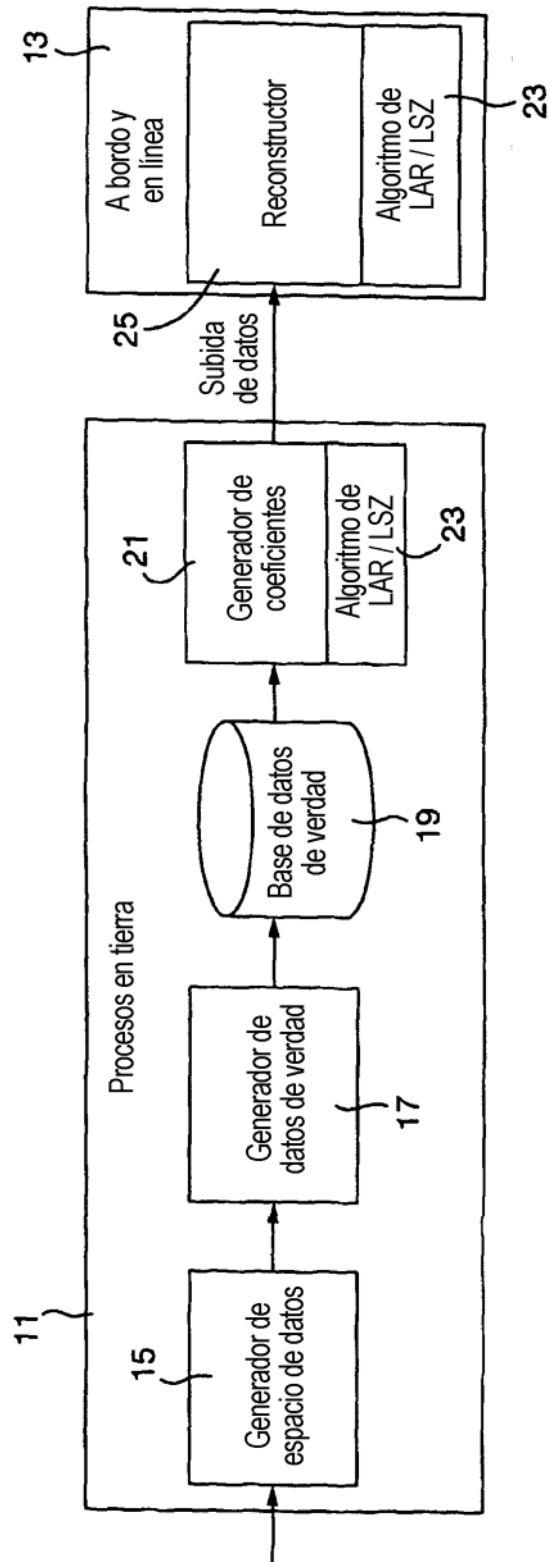


Fig. 4

Entradas normalizadas 27

