



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 316 670**

51 Int. Cl.:
G01C 5/00 (2006.01)
G08G 5/04 (2006.01)
G05D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03012350 .9**
96 Fecha de presentación : **30.05.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1369665**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.12.2003**

54

Título: **Procedimiento para evitar las colisiones de las aeronaves con el terreno.**

30

Prioridad: **07.06.2002 DE 102 25 252**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2009

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2009

73

Titular/es: **EADS Deutschland GmbH**
Willy-Messerschmitt-Strasse
85521 Ottobrunn, DE

72

Inventor/es: **Romahn, Stephan;**
Walsdorf, Anton y
Wischmann, Erik

74

Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 316 670 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).

ES 2 316 670 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para evitar las colisiones de las aeronaves con el terreno.

5 La invención se refiere a un procedimiento para evitar colisiones de las aeronaves con el terreno.

Estado de la técnica

10 El sistema estándar actual en el campo de los sistemas de alerta de aproximación a tierra para la aeronáutica es el TAWS (Terrain Awareness and Warning System - FAA TSO C151 A), conocido anteriormente también bajo la denominación Ground Proximity Warning System - GPWS. El E-GPWS tiene la tarea de proteger a la tripulación de una aeronave civil contra los accidentes que pueden ser ocasionados por el avión controlado en tierra. Además de las funciones centrales de alerta para la aproximación a tierra, el sistema también comprende alertas referidas a las alturas críticas del avión, las situaciones críticas del avión, y la representación del terreno con indicación de colores en la cabina del avión. El procedimiento utilizado busca por debajo y por delante del avión las elevaciones críticas del terreno.

20 Además de la función fundamental de alerta de aproximaciones amenazantes al terreno son tenidos en cuenta datos climáticos como la situación en los aeropuertos y sus alrededores y son generadas alertas adaptadas a la situación, las cuales tienen en cuenta el perfil de vuelo de aproximación y de despegue del avión sobre la base de un perfil del terreno en forma de cono subdividido.

25 La capacidad de ese sistema de reconocer colisiones con el terreno, se basa en un modelo del terreno, que es almacenado en un banco de datos del terreno. La valoración con respecto a un conflicto del terreno amenazante tiene lugar sobre la base de la futura trayectoria emitida. El futuro transcurso del vuelo es calculado mediante una predicción de la trayectoria de vuelo. La misma es analizada teniendo en cuenta la proximidad a un aeropuerto y dado el caso será tenida en cuenta mediante la confirmación, de si existe el conflicto con el terreno.

30 Las maniobras potenciales para evitarlo son determinadas teniendo en cuenta el rendimiento predominante del avión. Debido a que para las maniobras potenciales para evitarlo no puede considerarse ningún cambio de recorrido, pueden tener lugar alertas referidas a la colisión con el terreno mediante maniobras de vuelo curvo seguro y planificado, aun cuando no esté presente ninguna situación crítica.

35 El conocido sistema TAWS ofrece suficiente capacidad para las trayectorias rectas, tal y como es típico para los vuelos de aproximación civiles. Sin embargo, la restricción desde el punto de vista de la predicción de las trayectorias laterales y las maniobras evasivas laterales limita el sistema en su espectro de utilización para aplicaciones muy dinámicas, por ejemplo, el vuelo rasante táctico, lo que a continuación es expuesto de manera aún más detallada.

40 La US 2001/0023390 describe un procedimiento para evitar las colisiones de las aeronaves con el terreno, en la que es evaluada una buena cantidad de trayectorias potenciales con el fin de determinar las posibles colisiones con el terreno. Las trayectorias potenciales están en forma de árbol.

Déficit del estado de la técnica

45 1. Consideración sobre el procedimiento de vuelos rasantes

50 Para los vuelos militares bajo amenaza del enemigo son muy convenientes las trayectorias con riesgos mínimos. La minimización de riesgos es lograda mediante diferentes formas de actuar. Las líneas de comunicación (calles, líneas ferroviarias, etc.) son evitadas o son pasadas solo en ángulos inclinados, el vuelo sobre grandes superficies de agua o sobre grandes planicies es evitado a causa de la sombra proyectada en el terreno y es minimizada la detección por el radar. El vuelo es realizado preferiblemente cerca de la tierra aprovechando las características del terreno. Para ello pueden ser utilizados eficientemente efectos de desvanecimiento a través de colinas, cordilleras montañosas y valles y ser evadidas la detección por las instalaciones de cohetes tierra-aire del enemigo y sus sistemas de radar.

55 A partir de esto modos de actuar presentados a manera de ejemplo para el vuelo militar rasante resulta una trayectoria con riesgo mínimo que sigue a través de un valle todo el tiempo que sea posible. El vuelo a través del borde de la pendiente de un valle teniendo en cuenta la libertad del terreno y una posible velocidad crucero ordenada requiere gran pericia del piloto.

60 Los sistemas de alerta de aproximación a tierra para estas operaciones militares tienen que tener en cuenta tales estrategias en sus formas de trabajar, de manera que permitan evaluar la situación con el reconocimiento asociado de posibles peligros en correspondencia con el procedimiento táctico-militar.

65 2. Exclusión de alertas perdidas

El objetivo de los sistemas de alerta de aproximación a tierra es, proteger a los pilotos ante los llamados vuelos controlados de aproximación a tierra. Los sistemas de alerta de aproximación a tierra representan las últimas reservas de seguridad, que aún pudieran impedir la colisión contra el terreno mediante alertas y recomendación de maniobras

ES 2 316 670 T3

evasivas seguras. Por esta razón resulta indispensable, que se tenga que reducir casi a cero la posibilidad de perder la alerta de un sistema de alerta de aproximación a tierra.

Los sistemas de alerta de aproximación a tierra disponen por lo general de dos (en raras ocasiones también de tres) tipos de alarma: alerta previa, alerta e indicación (opcional). A partir del hecho, de no obedecer una alerta previa no sería exactamente tan crítico como no obedecer una alerta, en las especificaciones para los sistemas de alerta de aproximación a tierra normalmente se encuentra la exigencia de reducir al mínimo las alertas previas no obedecidas, sin embargo están excluidas totalmente las alertas no obedecidas.

3. Evitación de alarmas falsas

Los sistemas de alerta, que tienden demasiado a menudo a emitir alertas sobre situaciones que por sí mismas no representan en realidad ningún peligro, pierden a la corta o a la larga la aceptación de los pilotos. Esto puede dar lugar incluso al peligro de que los pilotos se acostumbren a estas alertas y reaccionen solo con lentitud o sencillamente no reaccionen ante esas alertas, lo cual entonces en una situación con una alerta bien justificada puede llevar a un vuelo controlado contra el terreno (colisión con el terreno). Por esta razón es necesario, reducir tanto como sea posible la existencia de alarmas falsas.

Los sistemas de alerta de aproximación a tierra son típicamente muy susceptibles de emitir alarmas falsas debido al hecho, de que hacen suposiciones sobre el resto de la trayectoria de vuelo, que se basan en trayectorias de vuelo evasivo analizadas a partir de análisis con respecto a la peor situación a adoptar y tienen en cuenta numerosos límites de seguridad. Por ejemplo, un sistema de alerta de aproximación a tierra clásico basado en un altímetro de radar genera una alerta, cuando el avión se acerca a la cima de una montaña y solo asciende un poco sobre la cima de la montaña, o se encuentra en un vuelo de aproximación a una montaña, incluso cuando la tripulación se refiere a torcer el curso de control poco antes de alcanzar la montaña. En ambos casos son generadas alarmas falsas porque el sistema no dispone de ningún conocimiento sobre a) el terreno en el plan de vuelo previsto y b) las intenciones del piloto. Con frecuencia las especificaciones de los sistemas de alerta de aproximación a tierra demandan igual nivel de probabilidad de una falsa alarma para la alerta previa que para la alerta.

4. Comunicaciones en el momento preciso

En las investigaciones de accidentes ha sido constatado, que los TAWS (Terrain Awareness and Warning System) no estaban en condiciones, de transmitir alertas a tiempo a la tripulación y de esa forma alertarla de una amenaza de colisión con el terreno. Esto se debía, a que los TAWS clásicos se apoyaban solo en el sensor "altímetro del radar", que fallaba en los vuelos de aproximación abruptos y elevadas tasas de descenso respecto a un terreno. Por tanto una alerta solo sirve de ayuda para la tripulación, cuando esta es emitida tan en el momento preciso, que pueda ser iniciada una maniobra evasiva.

5. Idoneidad de las trayectorias de vuelo evasivo para la dirección del vuelo

Dirección de vuelo significa seguir la trayectoria deseada. En los aviones civiles la "Primary Flight Display" (PFD) entrega al piloto la información correspondiente en relación con el estado actual del vuelo. Sin embargo, con el creciente grado de automatización aparecen cada vez más sistemas de apoyo al piloto para mantener estos parámetros en la cabina. Las directivas de permisibilidad (véase FAA "TSO C151A: Minimum operational performance standards of a Terrain Awareness and Warning System TAWS") exigen, que las informaciones sobre la dirección del vuelo tienen que ser entregadas a la tripulación de la cabina con el fin de mantener una trayectoria de vuelo evasivo propuesta. De ahí surge la exigencia, de que una trayectoria de vuelo evasivo emitida deba ser creada de manera que, satisfaga una presentación en el sentido de las informaciones de dirección de vuelo.

Por consiguiente es objetivo de la invención, crear un procedimiento para evitar colisiones de las aeronaves con el terreno, con el cual puedan ser erradicadas las deficiencias del actual estado de la técnica. Especialmente con el procedimiento debe ser garantizados un vuelo lo más rasante y efectivo posible para fines militares, dentro de la colisa para obstáculos del terreno.

Este objetivo será logrado con el objeto de la reivindicación de patente 1. Realizaciones ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención así como un dispositivo para llevar a cabo el procedimiento son el objeto de otras reivindicaciones.

A continuación la invención será explicada más detalladamente a partir de un ejemplo concreto de realización y haciendo referencia a las figuras. Se muestran:

Fig. 1 diversas trayectorias en forma de una estructura jerárquica, tipo árbol (Fan-Tree) para elaborar trayectorias de vuelo evasivo potenciales según el procedimiento de acuerdo con la invención;

Fig. 2 un ejemplo para un segmento Fan-Tree único a partir de cinco trayectorias según el procedimiento de acuerdo con la invención;

Fig. 3 un diagrama de flujo para generar un Fan-Tree según el procedimiento de acuerdo con la invención;

ES 2 316 670 T3

Fig. 4 una representación para visualizar la prueba de colisión para una trayectoria de vuelo única con el terreno debajo según el procedimiento de acuerdo con la invención;

Fig. 5 un diagrama para visualizar la búsqueda de una trayectoria de vuelo evasivo segura según el procedimiento de acuerdo con la invención;

Fig. 6 un diagrama de flujo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

El elemento principal del procedimiento de acuerdo con la invención es la capacidad, de comprobar durante el vuelo la trayectoria actual desde el punto de vista de las posibles colisiones con el terreno teniendo en cuenta las trayectorias características para el vuelo rasante, sobre todo con muchas curvas.

El procedimiento de acuerdo con la invención analiza para ello una serie de trayectorias de vuelo B características (Fig. 1), para lo cual la totalidad de estas trayectorias forman una estructura jerárquica, tipo árbol, dentro de la cual están unidas las trayectorias a través de nudos de ramificaciones K, por lo que una secuencia de trayectorias B unidas mediante nudos de ramificaciones K en niveles jerárquicos sucesivos forman una trayectoria de vuelo evasivo potencial. El nivel jerárquico de una trayectoria de vuelo dentro del Fan-Tree es determinado por el número de nudos de ramificaciones, que hay que pasar desde el inicio del Fan-Tree, hasta que se llega a esta trayectoria de vuelo. La estructura jerárquica, tipo árbol es denominada aquí Fan-Tree FT. Las trayectorias de vuelo y el Fan-Tree formado por ellas son adaptados a la capacidad de vuelo momentánea de la aeronave y a sus autómatas de dirección de vuelo.

Con ello será garantizado, que en cada situación sea posible volar la trayectoria de vuelo evasivo recomendada ya sea por el operador, por un autómata o de manera semiautomática por el operador con ayuda de un autómata.

El procedimiento comienza con una predicción de la trayectoria de vuelo, para cual la predicción puede hacerse tanto exclusivamente respecto al estado de vuelo momentáneo como con ayuda del plan de vuelo activo. La trayectoria de vuelo pronosticada es denominada en la figura 1 con el símbolo de referencia PF.

Generación del Fan-Tree

El Fan-Tree está compuesto por una serie de trayectorias B uniformes, características para el vuelo rasante (Fig. 1), que pueden ser voladas manualmente o por un autómata. Las trayectorias del mismo nivel jerárquico, que se originan en el mismo nudo de ramificaciones K, son integradas en un segmento de Fan-Tree S. La cantidad de trayectorias contenidas por segmento se ajusta según la capacidad de vuelo de la aeronave y las exigencias de la cantidad de trayectorias evasivas.

En la Fig. 2 es representado un segmento Fan-Tree S de este tipo, que consta en este ejemplo de una trayectoria recta y cuatro trayectorias curvas. Ella muestra las cinco trayectorias en una vista desde arriba, así como adicionalmente una de las trayectorias en una vista lateral. Las trayectorias de un segmento Fan-Tree S son hechas sobre la base de la capacidad de vuelo momentánea de la aeronave. La capacidad de vuelo de una aeronave durante un empleo usualmente no es constante, por ejemplo, debido al consumo de combustible, el disparo de misiles, etc.

Las trayectorias curvas corresponden a las secciones de vuelo de los actuales autómatas de dirección de vuelo. De esta forma es garantizado que estas trayectorias puedan ser voladas por un operador, un autómata o un operador con ayuda de un autómata. Las trayectorias de vuelo curvas son descritas por un radio de curva R y un cambio de rumbo resultante $\gamma = -90^\circ, -45^\circ, +45^\circ, +90^\circ$. Las dos trayectorias exteriores, que en el ejemplo mostrado resultan respectivamente en un cambio de curso de 90° , corresponden a un vuelo en curva que utiliza la capacidad máxima de vuelo en curva con radio de curva mínimo en el estado actual de vuelo. Tanto las trayectorias exteriores como las interiores tienen el mismo tiempo de vuelo t , de modo que con una velocidad constante el segmento dejada atrás sobre cada trayectoria del segmento Fan-Tree es constante. Para cada trayectoria hay que definir límites de seguridad tanto lateral como verticalmente. Si la distancia de seguridad lateral es W , la distancia de seguridad vertical es H . Cada trayectoria de vuelo evasivo de un segmento Fan-Tree conduce a una ganancia de altura a de la aeronave, que resulta de las capacidades de vuelo de la aeronave para una maniobra de ese tipo, por lo que la ganancia de altura de las trayectorias curvas debido a la reducida capacidad de de ascenso de la aeronave es menor que en el caso de la maniobra recta de ascenso.

Una trayectoria de vuelo evasivo potencial se compone de varias trayectorias recorridas sucesivamente. Bajo la condición, de que al recorrer una trayectoria de vuelo evasivo potencial tiene que ser alcanzada al menos la altura mínima de seguridad MSA, surge la profundidad k del Fan-Tree (cantidad de niveles jerárquicos o equivalente: cantidad de segmentos Fan-Tree recorridos) a partir de la siguiente ecuación;

$$\sum_{i=1}^k a_i = MSA - A$$

donde A es la altura de vuelo actual y a_i es la ganancia de altura al recorrer una sola trayectoria.

ES 2 316 670 T3

Al elaborar un Fan-Tree son añadidos por tanto en los extremos de aquellas trayectorias, que terminan por debajo de la MSA, nuevos segmentos Fan-Tree, hasta tanto es alcanzada la MSA. Se trata siempre del mismo segmento Fan-Tree, es decir, compuesto por el mismo grupo de trayectorias. Dicho de otra manera: de cada nudo de ramificaciones dentro del Fan-Tree hecho actualmente sale el mismo grupo de trayectorias. El procedimiento de elaboración del Fan-Tree es representado en la Fig. 3 en un diagrama de flujo.

Prueba de las trayectorias en aproximaciones al terreno críticas

El procedimiento de acuerdo con la invención investiga las trayectorias dentro del marco del reconocimiento del conflicto con respecto a, si están en conflicto con el terreno que se encuentra debajo, es decir, si existe una aproximación a tierra peligrosa. La trayectoria probada es mezclada con un modelo del terreno (véase Fig. 4). Una situación de la aproximación a tierra resulta de una distancia crítica h sobre un ancho W entre la aeronave y el terreno.

La lógica del reconocimiento del conflicto se basa en las siguientes reglas:

SI $h \leq H(W)$ ENTONCES estado trayectoria == FIN inseguro

SI $h > H(W)$ ENTONCES estado trayectoria == FIN seguro

Prueba de las trayectorias de vuelo evasivo potenciales en aproximaciones al terreno críticas

El procedimiento extendido para reconocer el conflicto es representado en la Fig. 6 en forma de un diagrama de flujo y será explicado a continuación haciendo referencia a la Fig. 5.

El análisis del Fan-Tree comienza sobre la base de la trayectoria de vuelo PF pronosticada. La trayectoria de vuelo pronosticada puede basarse en un pronóstico del desarrollo del vuelo sobre la base de la situación de vuelo momentánea o corresponderse con el plan de vuelo activo momentáneo.

Primero son determinados aquellos nudos de ramificaciones de aquellos segmentos Fan-Tree, que están más próximos a la trayectoria de vuelo pronosticada. De aquí surge una secuencia de trayectorias dentro de diferentes segmentos Fan-Tree, que representan una trayectoria de vuelo evasivo completa, que termina posteriormente después de alcanzada la profundidad Fan-Tree k . Esta secuencia de trayectorias será analizada ahora teniendo en cuenta posibles aproximaciones a tierra (pasos 1-3 en la Fig. 5). Si es alcanzado el final de esta secuencia, sin que fuera constatado un conflicto con el terreno, entonces la situación de vuelo es clasificada como segura. En caso de que la trayectoria sea determinada como insegura, entonces hay que encontrar una trayectoria segura para una maniobra evasiva mediante la búsqueda de una solución apropiada.

El proceso parcial para la búsqueda de la solución (pasos 4-7 en la Fig. 5) analiza primero aquellas trayectorias, que están más próximas a una trayectoria en conflicto con el terreno, en una sucesión de “primero la más próxima”. Si todas las demás trayectorias del segmento analizado también estuvieran en conflicto con el terreno, entonces la búsqueda de la solución es continuada en el segmento Fan-Tree del nivel jerárquico inmediato superior, desde donde también puede ser realizada una búsqueda en los segmentos jerárquicamente inferiores (pasos 2, 8-16). Esto ocurre hasta que sea determinada una trayectoria de vuelo evasivo libre de conflicto (mostrada en la Fig. 5 como trayectoria ancha y denominada “maniobra evasiva”).

En la Fig. 5 las líneas continuas representan trayectorias seguras, las líneas punteadas indican trayectorias inseguras. Las trayectorias no probadas son representadas con líneas discontinuas.

La alerta basada en una solución encontrada se descompone en dos procesos parciales: “alerta previa” y “alerta”. La “alerta previa” y la “alerta” se diferencian según el tiempo crítico restante para iniciar una maniobra evasiva. Las “alertas previas” resultan de un reconocido conflicto con el terreno de las trayectorias determinadas a través de la trayectoria pronosticada en el Fan-Tree en un momento relativamente temprano. Los “alertas” se producen en un momento caracterizado por un tiempo de reacción relativamente breve para el inicio de una maniobra evasiva. Las “alertas” están unidas a una orden de trayectoria de vuelo evasivo, que se corresponde con la primera trayectoria segura determinada en el Fan-Tree.

Ventajas de la solución de acuerdo con la invención

- La gran cantidad de posibles trayectorias de vuelo evasivo probadas teniendo en cuenta una amenaza de conflicto con el terreno dentro del marco del procedimiento de acuerdo con la invención asegura, que un alerta/alerta previa solo se produzca en aquellas situaciones, en las que el avión prácticamente no tiene ninguna otra posibilidad que la ordenada para evitar la colisión con el terreno.
- La combinación de trayectorias rectas y curvas respecto a un segmento Fan-Tree concede al sistema la capacidad de analizar trayectorias con muchas curvas. Con ello son eliminadas todas aquellas falsas alarmas, que serían producidas por todo sistema clásico como el GPWS durante el vuelo rasante dinámico en un valle con muchas curvas.

ES 2 316 670 T3

- El procedimiento de acuerdo con la invención cuenta con un vuelo muy dinámico, es decir con muchas curvas. Esto significa, que con el procedimiento son tenidas en cuenta las estrategias del vuelo rasante militar y la cantidad de falsas alarmas es reducida considerablemente en estos segmentos de vuelo.
- 5 - Con la elaboración adecuada de los segmentos Fan-Tree es garantizado, que todas las trayectorias de vuelo evasivo determinadas sean siempre una continuación del vuelo cercano a tierra dentro de la colisa de obstáculos del terreno y tengan en cuenta el recubrimiento del terreno. De esta manera es evitada una maniobra de ascenso desde el recubrimiento del terreno, que estaría en contradicción con las condiciones tácticas límite de un vuelo rasante militar.
- 10 - Con la elaboración de los segmentos Fan-Tree como trayectorias de vuelo que pueden ser recorridas por un autómata es posible volar las trayectorias determinadas con un operador, un autómata o de manera semiautomática con un operador con ayuda de un autómata.
- 15 - La búsqueda de una trayectoria de vuelo evasivo dentro del Fan-Tree en relación con la trayectoria pronosticada o planificada previamente asegura que el desvío respecto de la trayectoria pronosticada o planificada previamente sea mínimo durante la maniobra evasiva.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 316 670 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para evitar las colisiones de las aeronaves con el terreno con los siguientes pasos del procedimiento:

- 10 - generación de varias trayectorias de vuelo (B), que son generadas sobre la base de la capacidad de vuelo momentánea de la aeronave, donde la totalidad de las trayectorias de vuelo (B) forman una estructura jerárquica de tipo árbol (FT), dentro de la cual las trayectorias son unidas por nudos de ramificaciones (K), donde una secuencia de trayectorias de vuelo (B) unidas por nudos de ramificaciones (K) de niveles jerárquicos sucesivos forman una trayectoria de vuelo evasivo potencial y donde de cada nudo sale el mismo grupo (S) de trayectorias de vuelo (B),
- 15 - prueba de las trayectorias de vuelo evasivo potenciales respecto de la aproximación crítica a tierra recurriendo a los datos de un modelo del terreno, hasta encontrar una trayectoria de vuelo evasivo segura,
- después de hallar una trayectoria de vuelo evasivo segura es emitida una alerta con o sin recomendación de una trayectoria de vuelo sobre la base de la última trayectoria de vuelo evasivo segura encontrada.

20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque, la sucesión de las pruebas de las trayectorias de vuelo evasivo potenciales con respecto a la aproximación crítica a tierra se hace empleando los siguientes criterios:

- 25 - las trayectorias de vuelo evasivo, que están más próximas a la trayectoria prevista de la aeronave, son probadas primero,
- si una trayectoria de vuelo evasivo es reconocida como insegura, entonces la prueba continúa con la trayectoria de vuelo evasivo potencial más cercana a ésta.

30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque, las trayectorias de vuelo (B) son generadas de manera que, ellas garantizan un vuelo próximo a tierra lo más efectivo posible para fines militares dentro de la colisa de obstáculos del terreno, teniendo en cuenta el recubrimiento del terreno.

35 4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, las trayectorias de vuelo (B) son generadas de forma que, pueden ser recorridas por un operador, por un autómata o de manera semiautomática por un operador con ayuda de un autómata.

40 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, las trayectorias de vuelo (B) son generadas de forma que, ellas muestran la misma duración de vuelo.

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque, las trayectorias de vuelo (B) que salen del mismo nudo de ramificaciones del mismo nivel jerárquico son generadas de forma que tienen diferentes cambios de dirección entre -90 y +90 grados.

45 7. Instrumento para realizar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes para evitar colisiones de las aeronaves con el terreno con la siguiente estructura:

- 50 - una unidad para generar varias trayectorias de vuelo (B), que son generadas sobre la base de la capacidad de vuelo momentánea de la aeronave, donde la totalidad de las trayectorias forman una estructura jerárquica tipo árbol (FT), dentro de la cual trayectorias de vuelo (B) son unidas por nudos de ramificaciones, donde una secuencia de trayectorias de vuelo (B) unidas por nudos de ramificaciones de niveles jerárquicos sucesivos forman una trayectoria de vuelo evasivo potencial y donde de cada nudo sale del mismo grupo (S) de trayectorias de vuelo (B).
- 55 - una unidad de memoria, que contiene los datos de un modelo de terreno de la zona sobrevolada,
- una unidad para probar las trayectorias de vuelo evasivo potenciales con respecto a la aproximación crítica a tierra recurriendo a los datos del modelo del terreno contenidos en la unidad de memoria, hasta encontrar una trayectoria segura,
- 60 - una unidad de alerta, con la que después de hallar una trayectoria segura puede ser emitida un alerta con o sin recomendación de una trayectoria de vuelo sobre la base de la última trayectoria de vuelo evasivo segura determinada.

65

Fig. 1

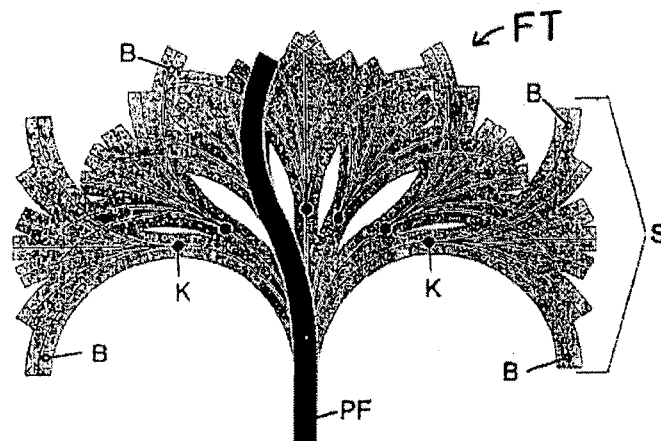


Fig. 2

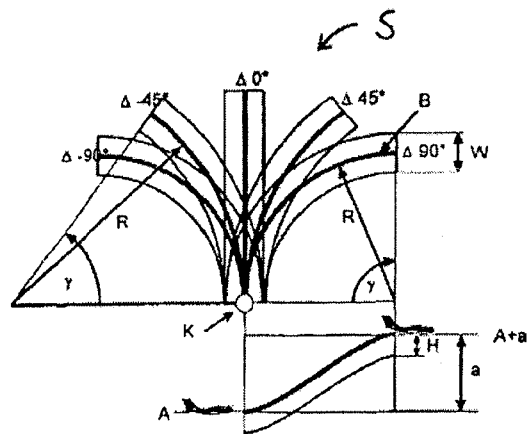


Fig. 3

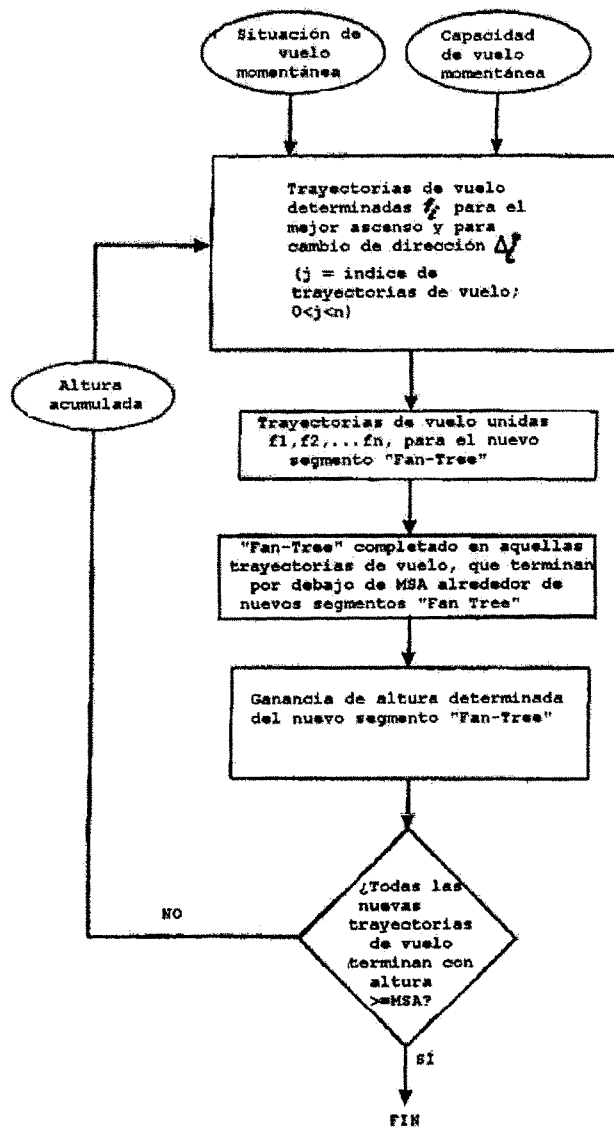


Fig. 4

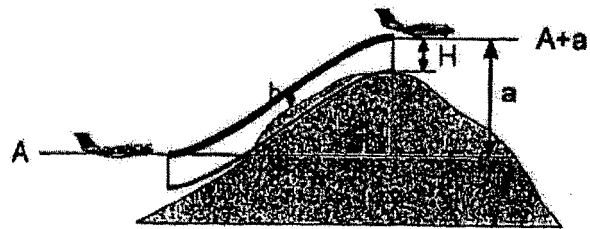


Fig. 5

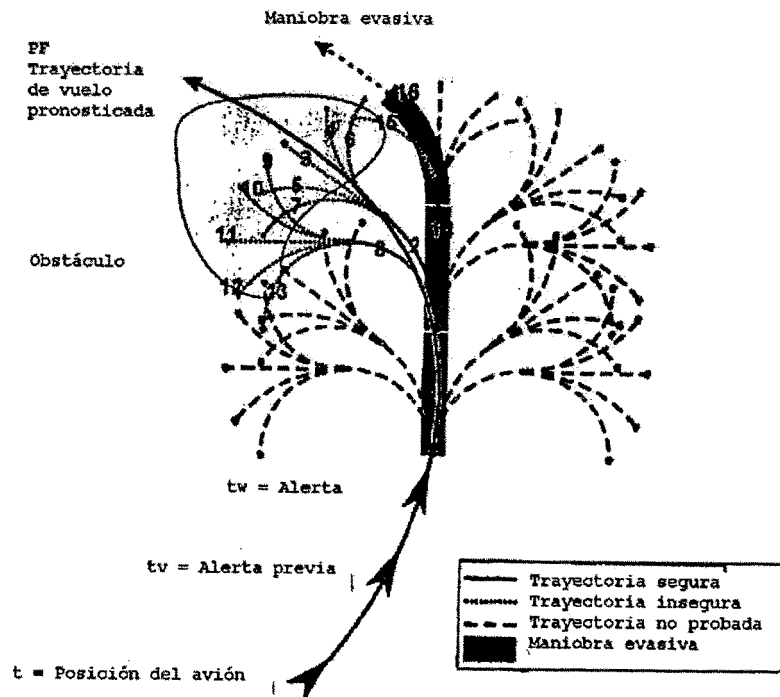


Fig. 6

