

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 997**

51 Int. Cl.:

G01C 23/00 (2006.01)

B64D 45/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2008** **E 08004318 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015** **EP 1972896**

54 Título: **Interfaz hombre-máquina para asistir a un piloto en el despegue y en el aterrizaje de un aparato de vuelo en caso de visibilidad reducida**

30 Prioridad:

23.03.2007 DE 102007014015

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

13.08.2015

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE

72 Inventor/es:

WEGNER, MATTHIAS;
HOYER, MICHAEL;
FIEDERLING, ULF y
KIELHORN, PETER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 542 997 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

Interfaz hombre-máquina para asistir a un piloto en el despegue y en el aterrizaje de un aparato de vuelo en caso de visibilidad reducida.

5 La invención se refiere a una interfaz hombre-máquina (IHM) para asistir al piloto durante el despegue y el aterrizaje de un aparato de vuelo, en particular de un helicóptero, en caso de visibilidad exterior reducida o en condiciones de visibilidad limitadas. En las zonas secas desérticas (como por ejemplo Afganistán) en casi todos los aterrizajes fuera de pista de helicópteros se produce un fuerte remolino de arena y polvo. Este es causado por el flujo turbulento descendente (el llamado "down-wash") del rotor principal. El remolino de arena o polvo a menudo hace que el piloto pierda total o parcialmente la visión exterior de la cabina – el llamado brown-out. Debido a la pérdida de la visión exterior existe para el piloto el riesgo de pérdida de la orientación espacial y esto especialmente en cuanto al ángulo de cabeceo y/o balanceo, así como la deriva lateral no deseada de vehículo aéreo.

El núcleo de un asistente de aterrizaje para helicópteros adecuado para brown-out (sistema de salvamento para brown-out) es su IHM como interfaz entre el hombre y la máquina. La idoneidad operacional depende en este caso de forma determinante de la utilidad de un visualizador de pantalla correspondiente. Las razones para esto son:

- 15 a) la inestabilidad aerodinámica de un helicóptero (especialmente durante el llamado vuelo estacionario o estático)
- b) la influencia a menudo incalculable de las ráfagas de viento, las turbulencias y los vientos de cizalladura en el vuelo de aproximación final para el aterrizaje (o durante el despegue)
- 20 c) el terreno a menudo totalmente desconocido en los aterrizajes fuera de pista, así como la situación de obstáculos en el lugar de aterrizaje, en particular en cuanto a cables de tensión y conducciones eléctricas,
- d) la situación en el lugar de aterrizaje que posiblemente varíe de forma muy rápida en caso de misiones militares y de servicio aéreo de rescate (SAR),
- e) la exactitud de la medición instantánea de los sistemas de referencia de la posición de vuelo y los sistemas de medida de la distancia apropiados para el uso,
- 25 f) la posibilidad de reacción flexible y las eventuales correcciones necesarias por parte del piloto y
- g) la cuestión de la autorización de navegación aérea.

Estas razones hacen que de corto a medio plazo parezca improbable que un aterrizaje fuera de pista en condiciones de brown-out sea posible de forma completamente autónoma en base a un sistema de aterrizaje totalmente automatizado. Por el contrario, se tiene que partir de que, como antes, será el piloto quien en caso de brown-out aterrice el helicóptero. Por tanto, solo una pantalla de presentación visual parece lo adecuado para asistir al piloto de forma efectiva e inmediata durante un aterrizaje con brown-out.

35 En el documento DE 10 2004 051 625 A1 se describe un asistente de aterrizaje para helicópteros especial para condiciones de brown-out, en el que durante el brown-out es representada sobre una pantalla una vista 3D virtual del entorno desde la perspectiva del piloto, siendo generada la vista virtual en base a los datos 3D que fueron generados en un vuelo de aproximación antes del inicio del brown-out.

En el documento WO 2005/015333 A2 está descrito también un asistente para el aterrizaje de helicópteros en condiciones de brown-out, que para la asistencia al piloto combina informaciones del entorno generadas mediante diferentes sensores y datos de estado de vuelo que son actualizados continuamente mediante un bus de datos del helicóptero. Para ello, por un lado, las informaciones del entorno y, por otro lado, los datos de estado de vuelo, tales como la velocidad, la dirección de movimiento y de deriva y la altura sobre el suelo, son representados en una pantalla común.

45 El documento US 2005/0237226 A1 describe un asistente de aterrizaje de helicópteros, en el que en una pantalla común además de una indicación de la deriva también se incluye una indicación de la altura sobre el suelo. La indicación de la deriva se encuentra en el centro de la pantalla, mientras que la indicación de la altura está realizada en el borde de la pantalla como un diagrama de barras.

El documento EP 1 102 038 A1 describe una pantalla de guía de vuelo en la que el terreno está diseñado con un motivo de tablero de ajedrez. La representación del terreno incluye un horizonte.

El objeto de la invención es proporcionar una interfaz hombre-máquina para posibilitar al piloto durante un aterrizaje con brown-out una asistencia intuitiva optimizada en la orientación espacial.

50 Este objeto se consigue con el contenido de la reivindicación principal. Realizaciones ventajosas de la invención son el contenido de las reivindicaciones subordinadas.

Con la IHM para brown-out según la invención son combinados gráficamente en una única pantalla los parámetros determinantes para la estimación visual de la posición y el movimiento en el espacio del aparato de vuelo (en lo que sigue, se parte por ejemplo de un helicóptero) para formar una IHM de brown-out:

- 5 1. la vista exterior natural - es decir, la totalidad de todos los obstáculos (cables y conducciones) y todos los objetos tanto naturales como artificiales (edificios, árboles y arbustos ...) y todas las características topográficas, incluyendo el suelo en las proximidades del lugar de aterrizaje,
2. el conocimiento de la posición instantánea de vuelo, la dirección de movimiento y la velocidad del vehículo aéreo sobre el suelo, así como su variación y en realizaciones ventajosas su velocidad de variación,
- 10 3. el conocimiento de la altura instantánea de vuelo sobre el suelo (AGL), así como en realizaciones ventajosas su tendencia de cambio.

De esta forma son representadas visualmente al piloto todas las informaciones necesarias para un aterrizaje con brown-out concentradas en un único aparato de visualización, por lo que es posible, únicamente en base a la IHM para brown-out según la invención, aterrizar el helicóptero de una forma intuitiva.

- 15 La IHM para brown-out según la invención se compone de varias capas gráficas representadas superpuestas para tener en cuenta los criterios para el control de la posición y el movimiento de una manera apropiada. Cada una de estas capas contiene, respectivamente, ciertas primitivas gráficas y simbología que definen en conjunto la IHM para brown-out completa.

Las siguientes capas gráficas están representadas superpuestas en la IHM para brown-out según la invención:

- 20 a) Una capa base en forma de una superficie base plana. Esta superficie base simboliza una superficie del suelo idealizada, calculada solo basándose en el valor instantáneo de la altura sobre el suelo y los datos de posición de vuelo instantáneos (ángulo de balanceo, ángulo de cabeceo, ángulo de vuelo). La topología tridimensional real del suelo no se incluye aquí. Esta es incluida, sin embargo, por la capa de escenas 3D. La superficie base está limitada por un horizonte artificial y es actualizada continuamente con los datos de estado de vuelo instantáneos y la altura instantánea sobre el suelo. En conjunto, la capa base ilustra cualitativamente de una manera muy fácilmente comprensible para el piloto la posición de vuelo y la altura de vuelo del aparato de vuelo en el espacio. Le sirve al piloto para mejorar la orientación espacial en la fase crítica del brown-out, mientras que las frecuentes partículas de arena y polvo con turbulencia caótica fluyen de forma oblicua por las ventanas de la cabina y dificultan la orientación espacial.
- 25 b) Una capa de escenas 3D que representa una imagen tridimensional con exactitud de posición, así como temporalmente correcta, del escenario real en la dirección de la trayectoria de vuelo del helicóptero, y que es actualizada continuamente con los datos de estado de vuelo instantáneos y la altura instantánea sobre el suelo. La capa de escenas 3D sirve en particular para la orientación espacial del piloto en caso de ausencia completa o parcial de la vista exterior de la cabina. La representación de la capa de escenas 3D se compone de datos 3D del entorno del lugar de aterrizaje, es decir, a diferencia de una imagen por proyección bidimensional convencional del entorno, son conocidas las coordenadas en 3 dimensiones espaciales para cada píxel de la capa de escenas 3D. La representación de la escena 3D puede realizarse, por ejemplo, de modo que la distancia de objetos u obstáculos respecto al aparato de vuelo sea codificada por diferentes colores o valores de gris. Otra posibilidad es la codificación basada en la altura sobre el suelo del píxel en cuestión o de una combinación de la distancia y la altura del objeto.
- 30 c) Una capa de vuelo estacionario para la representación combinada de la velocidad sobre el suelo, la dirección de movimiento instantánea o la dirección de la deriva en relación con el eje longitudinal del helicóptero, así como la altura de vuelo sobre el suelo. La capa de vuelo estacionario puede contener en otras realizaciones informaciones adicionales como apoyo al piloto para la estimación del estado de vuelo, por ejemplo, la indicación numérica del ángulo de vuelo o la altura instantánea sobre el suelo, así como una indicación del ángulo de cabeceo (gráfica o alfanumérica).
- 35 40 45

Es esencial para la invención que todas las capas de la IHM para brown-out según la invención con sus informaciones respectivas se apoyen y complementen entre sí. Una única capa por sí sola no puede proporcionar al piloto una IHM para brown-out operativa. Solo la combinación de todos los componentes de la IHM descritos anteriormente posibilita el uso operacional y esta puede así ser una ayuda sustancial y un apoyo en caso de brown-out.

50

Además de las capas gráficas mencionadas, en la IHM según la invención pueden ser representados símbolos gráficos o alfanuméricos que señalen la presencia de un estado de brown-out. La totalidad de tales símbolos se denominará en lo sucesivo capa BOUT. Esta capa indica a los pilotos en particular el funcionamiento del sistema de salvamento de brown-out superior a IHM en caso de una pérdida parcial o total de visión exterior de la cabina.

55

En el estado de brown-out la vista exterior de la cabina está parcial o totalmente cubierta por arena y polvo arremolinados. Cómo un sistema de salvamento para brown-out superior a la IHM para brown-out reconoce tal

estado (manualmente por una acción del piloto o automáticamente) y cómo son gestionados los datos de las escenas 3D durante el brown-out (representación de una historia/banco de datos previamente acumulados, filtrado automático, algorítmico de los datos de polvo o "visión a través" de las nubes por medio de sensores) es irrelevante para la IHM según la invención, es decir la IHM para brown-out funciona en todas estas situaciones de la misma manera.

La IHM según la invención puede ser utilizada universalmente en condiciones operacionales. Posibilita una asistencia intuitiva al piloto en la orientación espacial durante el aterrizaje, especialmente en condiciones de brown-out. Para la IHM para brown-out según la invención solo se necesita en la cabina una única pantalla (por ejemplo una pantalla multifunción (MFD), una pantalla de visualización frontal (HUD), una pantalla montada en el casco (HMD). Por lo tanto, la presente invención se puede utilizar en cualquier sistema de salvamento de brown-out que se base en el principio de una asistencia de orientación visual.

Otra ventaja de la presente invención es que la IHM según la invención puede ser aplicada también para asistencia al piloto en las condiciones de niebla blanca (white-out) mencionadas, en las que por arremolinamiento de cristales de hielo y nieve caídos se tiene una situación crítica semejante al brown-out.

A continuación se describen en detalle realizaciones concretas de la capa gráfica con referencia a las figuras. Muestran:

- Fig. 1, una realización de la capa base (diagrama esquemático)
- Fig. 2, una realización gráfica concreta de la capa base; además está representada debajo a la derecha la posición de vuelo actual correspondiente para comparación,
- Fig. 3, una realización de la superficie del suelo 3D como componente de la capa de escenas 3D (diagrama esquemático),
- Fig. 4, una realización de la capa de escenas 3D con la superficie del suelo 3D y sobre ella objetos que no se encuentran en el suelo (diagrama esquemático)
- Fig. 5, una realización gráfica concreta de la capa de escenas 3D con la capa base dispuesta por debajo,
- Fig. 6, una realización de la capa de vuelo estacionario (diagrama esquemático), en la que el indicador de altura se ha omitido por razones de claridad,
- Fig. 7, una realización de la capa de vuelo estacionario (diagrama esquemático)
- Fig. 8, una realización gráfica concreta de la capa de escenas 3D con la capa de vuelo estacionario superpuesta,
- Fig. 9, otra realización de la capa de vuelo estacionario con la indicación de informaciones adicionales, tales como la representación numérica del ángulo de vuelo, así como de la altura sobre el suelo (diagrama esquemático),
- Fig. 10, una realización gráfica concreta de la superposición de la capa base, la capa de escenas 3D y la capa de vuelo estacionario,
- Fig. 11, una realización de la capa de vuelo estacionario con la capa Bout adicional que indica la presencia de un estado de brown-out (diagrama esquemático)
- Fig. 12, una realización gráfica concreta de la superposición de la capa base, la capa de escenas 3D, la capa de vuelo estacionario y la capa Bout.

Capa Base

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de la capa base. Se compone de una superficie base que tiene el propósito de mostrar al piloto en general, es decir de forma cualitativa, la altura de vuelo sobre el suelo, así como la posición de vuelo instantánea. La superficie base representa una superficie del suelo idealizada, calculada solo sobre la base del valor instantáneo de la altura sobre el suelo y los datos de estado de vuelo instantáneos, es decir, sin tener en cuenta la topografía real del suelo. La superficie base está limitada en la dirección alejada del piloto por el horizonte artificial, que básicamente tiene la misma funcionalidad que un indicador de posición de vuelo en la cabina. Por el horizonte artificial de la IHM para brown-out el piloto puede detectar fácilmente las variaciones de la posición de vuelo o el ángulo de cabeceo o balanceo. Para mejorar la impresión espacial, mejorar la estimación de la posición de vuelo instantánea, así como la altura de vuelo sobre el suelo están dibujadas en la superficie base de la capa base además líneas de fuga y distancia.

Todos los elementos gráficos de la capa base son actualizados con ayuda de los datos de estado de vuelo (posición de vuelo), así como la altura actual sobre el suelo (AGL). Esto asegura que todas las variaciones de la posición de

vuelo y la altura sobre el suelo supongan inmediatamente una variación correspondiente en la visualización gráfica de la capa base.

La impresión espacial - especialmente con respecto a la estimación de la altura de vuelo sobre el suelo - se puede mejorar de nuevo, si la superficie base es cubierta total o parcialmente con un motivo de tablero de ajedrez o una textura del suelo gráfica o ambos. Un ejemplo de una realización concreta de una capa base de este tipo está representada en la Fig. 2. La posición de vuelo correspondiente también está simbolizada debajo a la derecha en la representación separada.

Capa de escenas 3D

La capa de escenas 3D está situada por encima de la capa base. Representa una imagen con exactitud de la posición del mundo real tridimensional en la dirección de la trayectoria de vuelo del helicóptero. Exactitud de la posición significa que las diferencias locales relativas representadas entre el objeto de vuelo y los objetos del entorno corresponden a la realidad.

La capa de escenas 3D puede ser dividida de forma grosera en dos componentes:

- a) una superficie de suelo 3D como aproximación de la topografía local del suelo, como por ejemplo está representado en la Fig. 3.
- b) la representación de objetos que no se encuentran en el suelo por encima de la superficie del suelo 3D (Fig. 4).

En la superficie del suelo 3D representada de forma aproximada pueden estar presentes líneas de fuga y distancia, como está dibujado en la Fig. 3. También la superficie del suelo 3D representada de forma aproximada puede estar cubierta total o parcialmente con un motivo de tablero de ajedrez o una textura del suelo.

Los objetos que no se encuentran en el suelo pueden ser analizados numéricamente para resaltar gráficamente en la capa de escenas 3D todos o solo determinados tipos de estos objetos que no se encuentran en el suelo (por ejemplo, conducciones, cables de tensión y postes). El análisis numérico se realiza mediante segmentación, es decir, los objetos como tales son separados del suelo y/o clasificación por tipos de objetos o de obstáculos predeterminados. Tal ampliación de la IHM para brown-out mejora además la orientación espacial y, advierte al piloto de obstáculos peligrosos en la trayectoria de vuelo.

En una realización ventajosa, la totalidad o algunos de los objetos que no se encuentran en el suelo segmentados o clasificados son cubiertos total o parcialmente con un motivo gráfico o una textura de objeto.

Además, la superficie del suelo 3D representada de forma aproximada y/o los objetos que no se encuentran en el suelo segmentados o clasificados pueden ser total o parcialmente destacados de forma distintiva por una mejora gráfica de la imagen en forma de sombras proyectadas artificiales o de una autoiluminación.

La Fig. 5 muestra una realización concreta de la capa de escenas 3D con la capa base situada por debajo. Se reconoce en el centro de la imagen un cable de alta tensión, así como árboles/arbustos en el borde del campo a la izquierda y por arriba. La posición de vuelo correspondiente está representada debajo a la derecha en la imagen separada.

Todos los elementos gráficos de la capa de escenas 3D son actualizados con ayuda de los datos de estado de vuelo instantáneos (posición y velocidad de vuelo), así como la altura actual sobre el suelo (AGL). Con ello se asegura que todas las variaciones de la posición de vuelo, la velocidad de vuelo y la altura sobre el suelo suponen, directamente y sin demora de tiempo perceptible, una variación correspondiente en la visualización gráfica de la capa de escenas 3D. Se produce una impresión de tipo "realidad virtual".

Para la orientación espacial del piloto y el control del helicóptero en caso de brown-out la capa de escenas 3D juega un papel muy importante. De hecho, esta capa reemplaza para el piloto a la vista exterior de la cabina que falta. Con ello se tienen tres cosas importantes:

- (1) una aproximación exacta de la superficie del suelo por la superficie del suelo 3D,
- (2) la integración máxima posible o la representación de todos los objetos que no se encuentran en el suelo necesarios para una orientación espacial sin problemas,
- (3) la tridimensionalidad tanto de la superficie del suelo como de todos los objetos que no se encuentran en el suelo representados.

El significado de la tridimensionalidad de la superficie base y de los objetos que no se encuentran en el suelo se basa en el hecho de que el piloto en caso de brown-out debe volar hasta 30 s o más a través del escenario virtual de la capa de escenas 3D, antes de que el helicóptero aterrice en el suelo. Además, variaciones peligrosas de la posición de vuelo, así como de la posición durante el aterrizaje con brown-out solo pueden ser reconocidas rápida y correctamente cuando la altura, extensión, posición y orientación de todos los objetos u obstáculos son mostradas

correctamente en relación con el helicóptero en cada instante, incluyendo la altura instantánea sobre el suelo. El seguimiento geométrica y temporalmente correcto (traslación y rotación) de los objetos 3D sobre el plano de proyección de la capa de escenas 3D es realizado durante un aterrizaje con brown-out con ayuda de los datos de estado de vuelo instantáneos (posición y velocidad de vuelo) de los que pueden ser derivadas todas las variaciones relativas de lugar y orientación.

Las informaciones 3D para la superficie del suelo y para los objetos que no se encuentran en el suelo pueden proceder de un RADAR, de un sistema de ultrasonidos, de un LADAR basado en láser o de otros sistemas de medición activa adecuados o ser calculados mediante estereoscopia (cálculo numérico de la profundidad a partir de dos o más imágenes).

Como sensor 3D es empleado preferiblemente un sensor generador de imágenes a distancia, en particular un radar láser que tome imágenes, como por ejemplo está descrito en los documentos DE 39 42 770 C2 o DE 43 20 485 A1. Especialmente adecuado es, por ejemplo, el radar laser de helicóptero HELLAS® de EADS Deutschland GmbH, Ottobrunn, que proporciona 40.000 pixel/s con un alcance de hasta 1,2 km. Los ejemplos concretos de realización gráfica representados en la figura de la IHM para brown-out se basan en los datos 3D de este sensor.

Para la determinación de los datos de estado de vuelo (posición y velocidad de vuelo) antes y durante una situación de brown-out existen una gran cantidad de dispositivos de referencia de la posición y navegación adecuados (por ejemplo de las empresas Aerodata Flugmesstechnik GmbH o Honeywell International Inc.). Dependiendo de la precisión de medición de tales sistemas de referencia de la posición y navegación, puede ser calculada numéricamente la altura sobre el suelo, ya sea a partir de las componentes de un vector de velocidad medido, o bien la altura AGL es medida igualmente mediante RADAR, LADAR, ultrasonido, etc. Para la determinación del estado de vuelo instantáneo y/o la altura sobre el suelo pueden ser empleados también procedimientos adecuados de tratamiento de la imagen digital con cuya ayuda es calculada la posición y el movimiento del helicóptero por medio del llamado flujo óptico basado en un análisis de la secuencia de imágenes.

Las informaciones 3D de la capa de escenas 3D para la superficie del suelo y para los objetos que no se encuentran en el suelo pueden: (a) ser acumuladas inmediatamente antes del estado de brown-out y almacenadas de forma intermedia en un sistema de salvamento para brown-out superior antes de sean visualizadas en la capas de escenas 3D durante el brown-out o (b) detectados por un sistema de sensores que entra por completo o parcialmente a través del llamado cilindro de de arena o polvo de brown-out.

Puesto que las informaciones 3D sobre objetos que no se encuentran en el suelo sirven en principio para la orientación espacial, así como para la estimación de la posición de vuelo y la altura sobre el suelo, no es estrictamente necesario que las caras traseras no visibles de estos objetos sean reconstruidas completa y correctamente. Es decir, en cuanto a las caras traseras son admisibles suposiciones simplificadas sobre la geometría real de estos objetos. Estas simplificaciones de las caras traseras de los objetos no conllevan una pérdida de orientación, ya que en primer lugar la elevación de los objetos sobre la superficie del suelo, su forma geométrica básica, así como en particular su posición correcta en relación con el helicóptero son representadas por los parámetros decisivos.

Igualmente, la geometría de los objetos que no se encuentran en el suelo también por sus caras delanteras visibles debe ser reconstruida solo con un cierto grado de detalle. Es totalmente suficiente tener en cuenta solo la estructura geométrica general y las dimensiones espaciales importantes de los objetos que no se encuentran en el suelo en la representación de la capa de escenas 3D. Esto no afecta a la posición y capacidad de orientación del observador. Sin embargo, ponderando el gasto necesario de software y el tiempo necesario para el procesamiento debería buscarse, sin embargo, una reconstrucción lo más fina y exacta posible de la geometría del objeto en la representación de la capa de escenas 3D para posibilitar al observador una estimación intuitiva y al mismo tiempo relativamente exacta de la posición y altura de vuelo.

Capa de vuelo estacionario

La capa base y la capa de escenas 3D posibilitan una orientación espacial y el control de la posición de vuelo, así como una estimación de la altura sobre el suelo en caso de brown-out. La capa de vuelo estacionario superpuesta muestra mediante una simbología específica la velocidad sobre el suelo así la dirección del movimiento o deriva instantáneos en relación con el eje longitudinal del helicóptero.

La capa de vuelo estacionario (Fig. 6) consiste esencialmente en dos círculos concéntricos y el llamado indicador de deriva, que está unido con una cinta elástica virtual al centro de la simbología de la capa de vuelo estacionario. En el centro de la simbología de la capa de vuelo estacionario se encuentra la marca de cero. La marca de cero designa el lugar en la pantalla en el que se encuentra el indicador de deriva cuando el helicóptero no hace ningún trayecto sobre el suelo ($v_G = 0$) – por ejemplo sobre el suelo o en un vuelo estacionario constante. El círculo concéntrico interior marca en todas las direcciones una velocidad de movimiento o deriva sobre el suelo mayor de cero (por ejemplo, $v_G = 5$ nudos). Lo mismo se aplica al círculo concéntrico exterior de la capa de vuelo estacionario con la diferencia de que aquí la velocidad de deriva sobre el suelo es el doble de grande (por ejemplo $v_G = 10$ nudos).

En la posición denominada de las “12 horas” del círculo exterior se encuentra una marca de raya adicional. Esta marca designa la dirección previa del eje longitudinal del helicóptero. Diametralmente opuesta a la posición de las “6 horas” se encuentra una marca correspondiente que referida al eje longitudinal del helicóptero designa la dirección de popa. Análogamente, esto es válido para las marcas correspondientes en la posición de las “3 horas” o las “9 horas” para la designación de la dirección a estribor o a babor del helicóptero.

El indicador de deriva es móvil y "se desplaza" a través de la pantalla de la capa de vuelo estacionario. La posición instantánea del indicador de deriva indica en cualquier momento la velocidad instantánea del helicóptero sobre el suelo, así como la dirección de deriva instantánea en relación con el eje longitudinal del helicóptero. La velocidad instantánea sobre el suelo es una medida de la distancia euclídea del indicador de deriva desde la marca de cero descrita anteriormente en el centro de la capa de vuelo estacionario. La dirección de deriva instantánea en relación con el eje longitudinal del helicóptero es indicada por la cinta elástica virtual entre la marca de cero y el indicador de deriva. Si el helicóptero deriva, por ejemplo exactamente a estribor con una velocidad sobre el suelo de 10 nudos, entonces el indicador de deriva se situaría exactamente en el círculo de velocidad exterior en la marca de las “3 horas”.

Con ayuda de la capa de vuelo estacionario el piloto dispone de un instrumento visual que le permite controlar con mucha precisión el movimiento propio instantáneo del helicóptero en caso de brown-out en cuanto a la dirección de la velocidad y la deriva. En combinación con la capa base descrita anteriormente y la capa de escenas 3D resulta una IHM compleja pero legible de forma muy intuitiva, que hace posible reconocer tanto la orientación como la posición del vehículo aéreo en el espacio, así como su deriva. La particularidad de ello es que dentro de un único aparato de visualización (pantalla) se combinan la vista espacial (capa de escenas 3D, capa base) con una simbología bidimensional de la capa de vuelo estacionario.

Para una IHM para brown-out que pueda ser usada operacionalmente es muy importante además de los componentes de visualización de la capa de vuelo estacionario descritos la indicación de la altura sobre el suelo (AGL). Para ello no es suficiente un valor de estimación cualitativo aproximado (como resulta para el pilotos de la representación de la capa de escenas 3D), sino que es necesario un valor lo más exacto posible con una alta precisión de 1-2 pies de altura AGL. La información de altura AGL más precisa posible es especialmente importante para helicópteros pesados grandes con tren de aterrizaje con ruedas – precisamente estos tipos de helicóptero tienen los mayores problemas en situaciones de brown-out.

Para proporcionar también la información de la altura sobre el suelo (AGL) de forma fácilmente legible e intuitiva por la presente invención, la simbología de la capa de vuelo estacionario es ampliada exactamente con un elemento gráfico para representar la altura AGL instantánea. La Fig. 7 ilustra el principio de un indicador de altura, en lo que sigue denominado también indicador AGL, para la visualización de la altura instantánea sobre el suelo en combinación con los elementos descritos anteriormente de la capa de vuelo estacionario como simbología de visualización dispuesta en el centro.

En torno al círculo de velocidad concéntrico exterior de la capa de vuelo estacionario es trazado otro círculo más ancho en esta realización. Este anillo funciona como indicador AGL. El indicador AGL comienza y termina en la marca de raya llamada de las “12 horas” de la capa de vuelo estacionario, es decir la marca de raya de las “12 horas” corresponde tanto a la marca de valor máximo como a la marca de valor mínimo del indicador AGL.

El indicador AGL aparece además de la simbología de la capa de vuelo estacionario descrita anteriormente, preferiblemente a partir de una altura mínima adecuada del helicóptero sobre el suelo (por ejemplo, 100 pies AGL). Esta altura mínima corresponde al valor máximo que puede ser mostrado con el indicador de altura. En la altura mínima el indicador AGL tiene la forma de un círculo cerrado.

Cuando el helicóptero desciende y de ese modo disminuye su altura sobre el suelo, se reduce en sincronía la longitud de arco del indicador AGL anular y concretamente gira hacia atrás en sentido contrario a las agujas del reloj. Si el helicóptero asciende de nuevo, entonces aumenta igualmente de forma análoga la longitud de arco del indicador AGL girando hacia la derecha en el sentido de las agujas del reloj. La longitud de arco del indicador AGL anular se reduce a cero exactamente en el momento en el que el helicóptero aterriza en el suelo. Con ello la marca de raya de las “12 horas” en el círculo exterior del indicador de deriva recibe además el significado de 0 pies de la marca de altura. El significado adicional de las otras tres marcas de raya (3 horas, 6 horas, 9 horas) se sigue con facilidad y directamente de la altura máxima visualizada para el indicador AGL, por ejemplo, 3 horas = 25 pies, 6 horas = 50 pies, 9 horas = 75 pies, si la altura máxima visualizada a las 12 horas = 100 pies.

En otra variante del indicador AGL aquí no representada su zona de representación puede ser fijada a menos de 360 grados, por ejemplo en un semicírculo, de manera que las alturas entre la altura mínima y la altura de 0 pies sean representadas en la región angular entre 0 y 180 grados. En tal realización se representaría un semicírculo al alcanzarse la altura mínima.

La gran ventaja del indicador AGL que varía con la altura sobre el suelo consiste esencialmente en que se ajusta estrechamente al círculo de velocidad exterior del indicador de deriva. De esta forma es posible para el piloto tener a la vista al mismo tiempo ambas visualizaciones -el indicador de deriva y el indicador de altura. Esta solución tiene

sobre otros conceptos de visualización - en particular, de gráficos de barras que suben y bajan, como son presentados en el documento WO 2005/015333 A2 antes mencionado - la ventaja de que la vista y la atención del piloto no se desvían del centro de la IHM al borde de pantalla ni se tiene que cambiar de una a otra para poder leer los parámetros esenciales para el control del helicóptero en caso de brown-out. A esto se añade que un vuelo en condiciones de brown-out con la vista exterior de la cabina total o parcialmente limitada requiere una concentración muy alta por parte del piloto. Una concentración muy alta puede llevar a las personas a una llamada "visión de túnel". Por eso, en la IHM para brown-out según la invención los parámetros esenciales están dispuestos en el centro y pueden ser captados de un vistazo.

La Fig. 8 muestra una realización gráfica concreta de la capa de vuelo estacionario con la simbología descrita, que está superpuesta a la capa de escenas 3D.

La capa de vuelo estacionario puede contener una amplia variedad de indicaciones alfanuméricas y/o gráficas adicionales. Las indicaciones adicionales que son incluidas en esta capa pueden adaptarse a la aplicación específica de un modelo de helicóptero determinado.

Hay dos parámetros esenciales que pueden ser preferiblemente parte de esta capa. Estos son en primer lugar la indicación numérica del ángulo de vuelo instantáneo, así como la indicación numérica de la altura instantánea sobre el suelo (altura AGL). Puesto que la altura sobre el suelo en la aeronáutica a menudo es designada por altura de radar, se puede poner delante de la indicación numérica correspondiente por ejemplo una "R" para no dejar que se produzca una confusión con otras indicaciones. Es importante que la indicación numérica de la altura AGL tenga una correspondencia exacta con la longitud de arco del indicador AGL gráfico descrito anteriormente en la forma de un arco de círculo de longitud variable. Tal realización se muestra en una representación esquemática en la Fig. 9.

Otro complemento ventajoso de la IHM para brown-out es, por ejemplo, también la visualización del ángulo de cabeceo instantáneo del helicóptero. Esta puede realizarse (a) numéricamente - como se muestra en la Fig. 10 - y/o (b) gráficamente por visualización de una llamada escala de cabeceo. Sin embargo, hay que señalar que el ángulo de balanceo y el ángulo de balanceo del helicóptero pueden ya ser estimados muy bien por la combinación de la capa base y la capa de escenas 3D, de modo que se puede prescindir de esta indicación adicional en muchos casos, para limitar la visualización a los elementos absolutamente necesarios.

La Fig. 10 muestra una realización gráfica concreta de la IHM según la invención por la superposición de la capa base, la capa de escenas 3D y la capa de la vuelo estacionario ampliada. La visualización incluye por debajo del indicador de deriva la representación numérica del ángulo de vuelo instantáneo precedido del indicador de la dirección norte. En el lado derecho se puede reconocer una encima de otra, la representación numérica de la altura de vuelo AGL, así como del ángulo de cabeceo instantáneo (pitch). La gráfica de la derecha muestra además de nuevo la posición de vuelo respectiva.

Para una mayor optimización puede estar presente ventajosamente una capa gráfica adicional en la IHM para brown-out según la invención. Se utiliza para caracterizar un estado de brown-out. Cuando el helicóptero se encuentra en brown-out, esto puede ser indicado (a) mediante una palabra escrita apropiada y/o (b) por un símbolo distintivo. En la realización según la Fig. 11, por ejemplo, la palabra escrita rebordeada BOUT se muestra debajo a la derecha dentro de la pantalla. Alternativa o adicionalmente, pueden emplearse otros elementos gráficos para una mejor caracterización de un estado de brown-out, por ejemplo un marco adicional en el borde de la pantalla, como se muestra igualmente como ejemplo en la Fig. 11. La palabra escrita y el marco también pueden estar diseñados para producir destellos durante su activación.

En la realización concreta según la Fig. 12 este marco está aún más marcado estando relleno en las esquinas.

REIVINDICACIONES

1. Interfaz hombre-máquina para asistencia a pilotos durante el despegue o el aterrizaje de un aparato de vuelo en condiciones de visibilidad reducida, en la que en un dispositivo de visualización único se superponen varias capas gráficas:

- 5 – una capa de vuelo estacionario para la representación combinada de la velocidad sobre el suelo, la dirección de movimiento o la dirección de la deriva instantánea en relación con el eje longitudinal del helicóptero, así como la altura de vuelo sobre el suelo, que contiene como elementos gráficos: un indicador de deriva de tipo haz de dirección y longitud variable, cuya longitud y dirección corresponden al módulo y a la dirección de la velocidad de movimiento o de deriva, así como círculos concéntricos, cuyos diámetros corresponden a módulos fijos de la
- 10 – una capa de escenas 3D, que representa una imagen tridimensional temporalmente correcta y con exactitud de posición del entorno real en la dirección de la trayectoria de vuelo del helicóptero, y que es actualizada continuamente con los datos del estado de vuelo instantáneos y la altura sobre el suelo instantánea,
- 15 caracterizada por que
 - una capa base como capa gráfica adicional está presente en forma de una superficie base plana, la cual simboliza una superficie de suelo idealizada, calculada solo en base al valor instantáneo de la altura de vuelo sobre el suelo y los datos de posición de vuelo instantáneos, en la que la superficie base está limitada por un horizonte artificial y es actualizada continuamente con los datos de estado de vuelo instantáneos y la altura instantánea sobre el suelo,
 - 20 - la capa de vuelo estacionario contiene como otro elemento gráfico un indicador de altura en forma de un arco de círculo de longitud de arco variable que parte de una marca de valor mínimo fija, cuya longitud de arco corresponde a la altura del helicóptero sobre el suelo, en la que el arco de círculo del indicador de altura está dispuesto concéntrico con respecto a los círculos concéntricos para las indicaciones de velocidad de
 - 25 movimiento o deriva

2. Interfaz hombre-máquina según la reivindicación 1, caracterizada por que en la superficie base de la capa base existen líneas de fuga y líneas de distancia.

3. Interfaz hombre-máquina según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que la superficie base de la capa base está cubierta total o parcialmente con un motivo de tablero de ajedrez o una textura de suelo.

30 4. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que la capa de escenas 3D está constituida por los siguientes tipos de elementos gráficos:

- una superficie de suelo 3D como una aproximación de la topografía local del suelo,
- la imagen de objetos que no se encuentran en el suelo por encima de la superficie de suelo 3D.

35 5. Interfaz hombre-máquina según la reivindicación 4, caracterizada por que en la superficie de suelo 3D representada de forma aproximada están presentes líneas de fuga y líneas de distancia.

6. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizada por que la superficie de suelo 3D representada de forma aproximada está cubierta total o parcialmente con un motivo de tablero de ajedrez o una textura de suelo.

40 7. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones 4 a 6, caracterizada por que los objetos que no se encuentran en el suelo son segmentados, es decir separados del suelo, y/o clasificados de acuerdo con los tipos de objetos o de obstáculos predeterminados, y son resaltados gráficamente.

8. Interfaz hombre-máquina según la reivindicación 7, caracterizada por que todos o algunos de los objetos que no se encuentran en el suelo segmentados o clasificados están cubiertos total o parcialmente con un motivo gráfico o una textura de objeto.

45 9. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizada por que la superficie del suelo 3D representada de forma aproximada y/o los objetos que no se encuentran en el suelo segmentados o clasificados son total o parcialmente resaltados de forma distintiva por una mejora gráfica de la imagen en forma de sombras proyectadas artificiales o de una autoiluminación.

50 10. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el indicador de altura es visualizado solamente por debajo de una altura mínima predeterminada.

11. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la marca de valor máximo del indicador de altura corresponde a la altura mínima predeterminada.
12. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la marca de valor mínimo del indicador de altura corresponde a la altura cero.
- 5 13. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el arco de círculo para el indicador de altura se ajusta estrechamente al círculo exterior para la visualización de la velocidad de movimiento y la deriva.
14. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la marca de valor máximo del indicador de altura se sitúa en la marca para la dirección de avance.
- 10 15. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la marca de valor mínimo del indicador de altura se sitúa en la marca para la dirección de avance.
16. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que en el dispositivo de visualización se muestran además la indicación numérica del ángulo de vuelo y/o la altura instantánea sobre el suelo.
- 15 17. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que en el dispositivo de visualización se muestra además la indicación numérica y/o gráfica del ángulo de cabeceo instantáneo.
18. Interfaz hombre-máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el dispositivo de visualización está representada además la presencia de una situación con condiciones de visibilidad limitada por un símbolo gráfico y/o alfanumérico.

Fig. 1

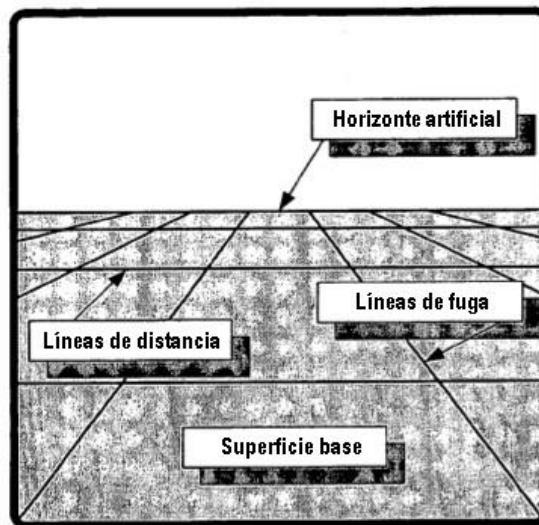


Fig. 2

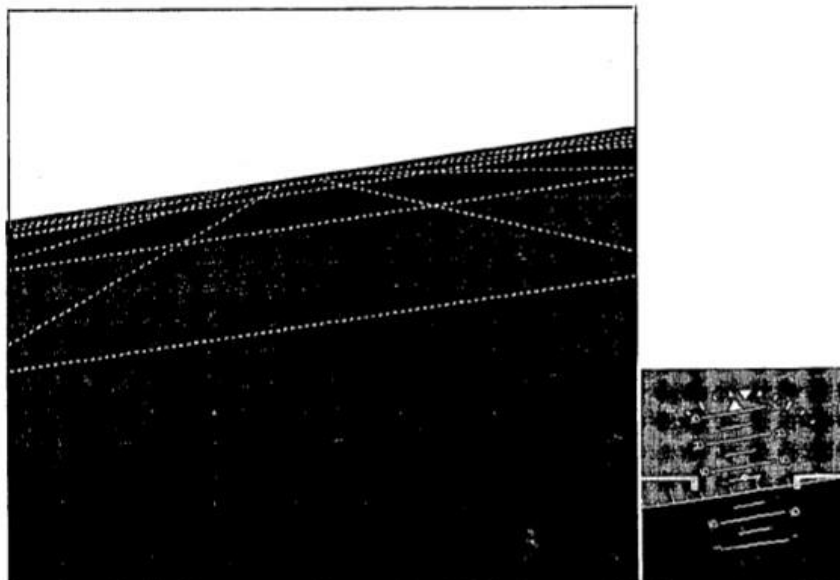


Fig. 3

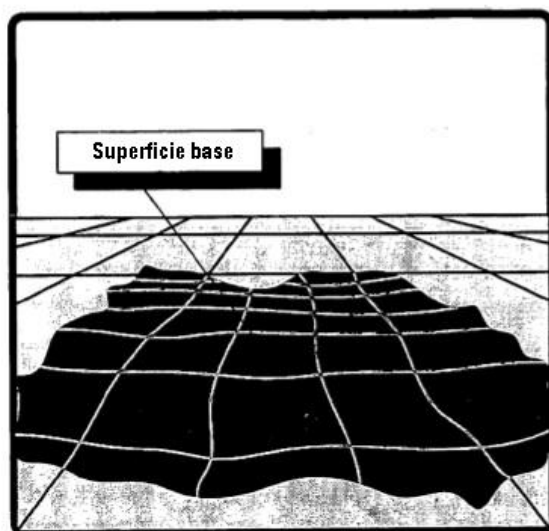


Fig. 4

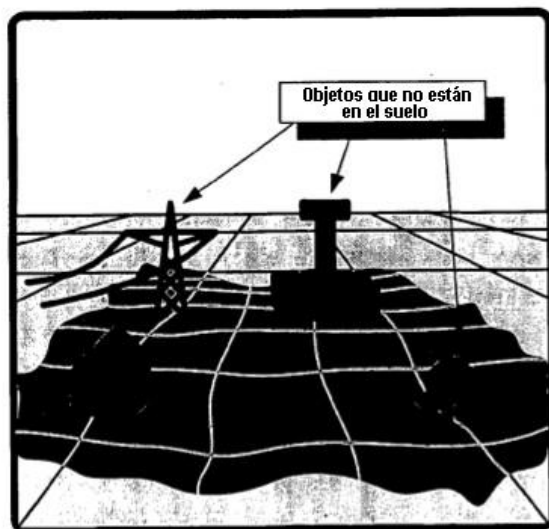


Fig. 5

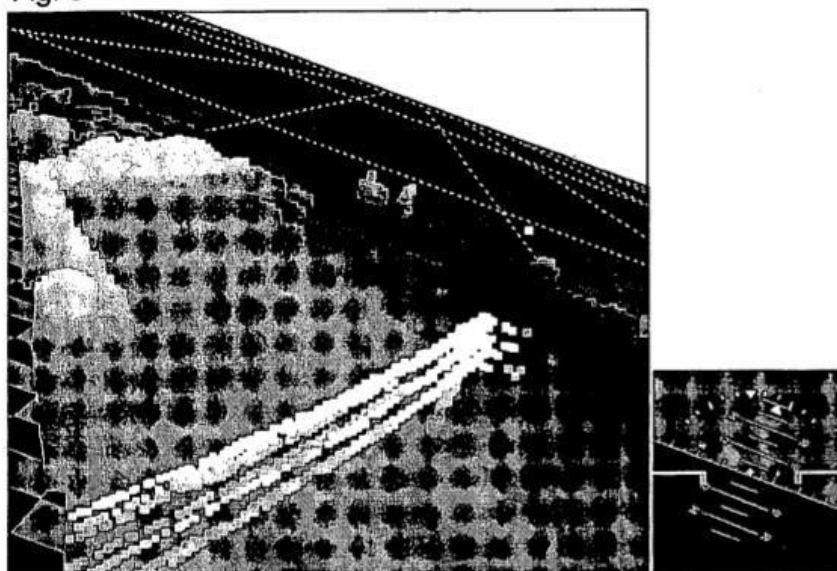


Fig. 6

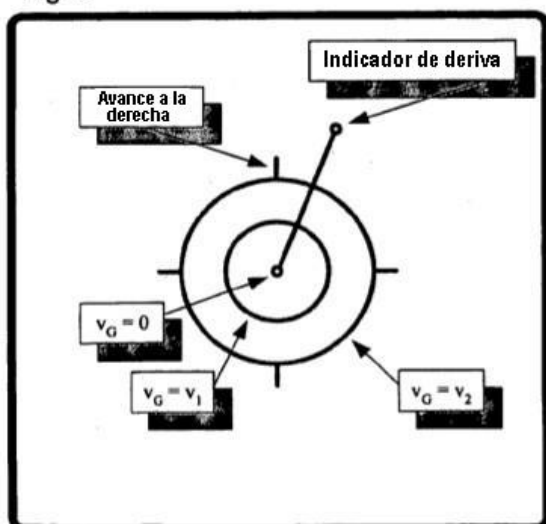


Fig. 7

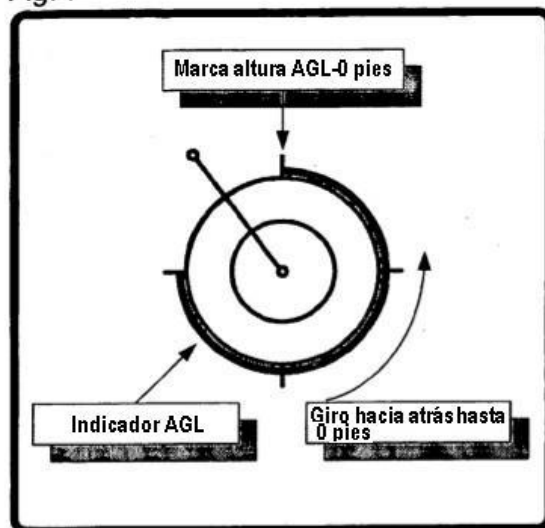


Fig. 8

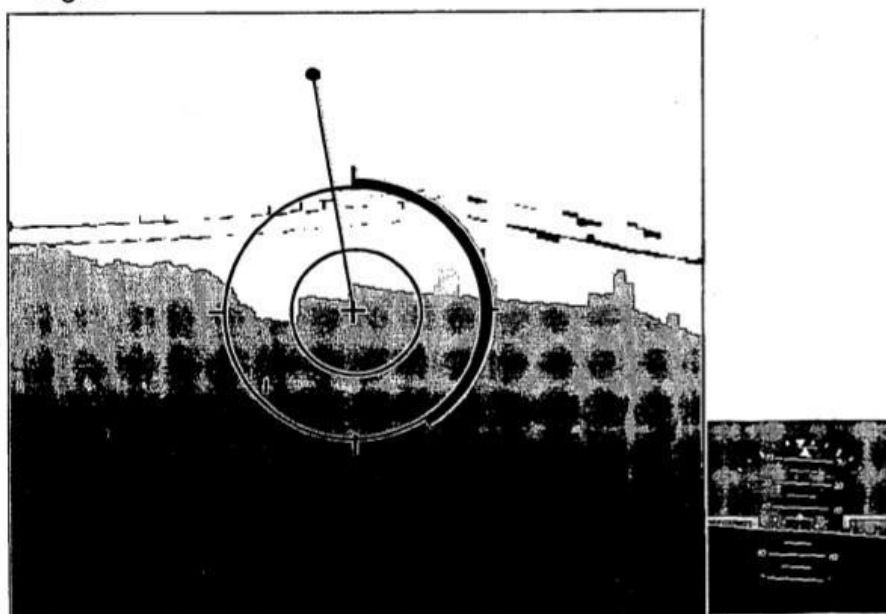


Fig. 9

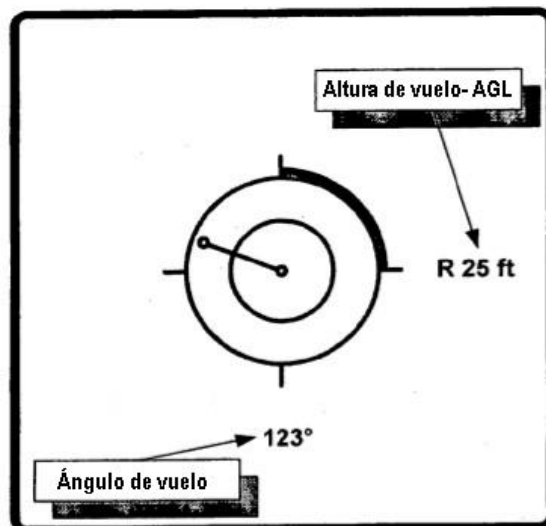


Fig. 10

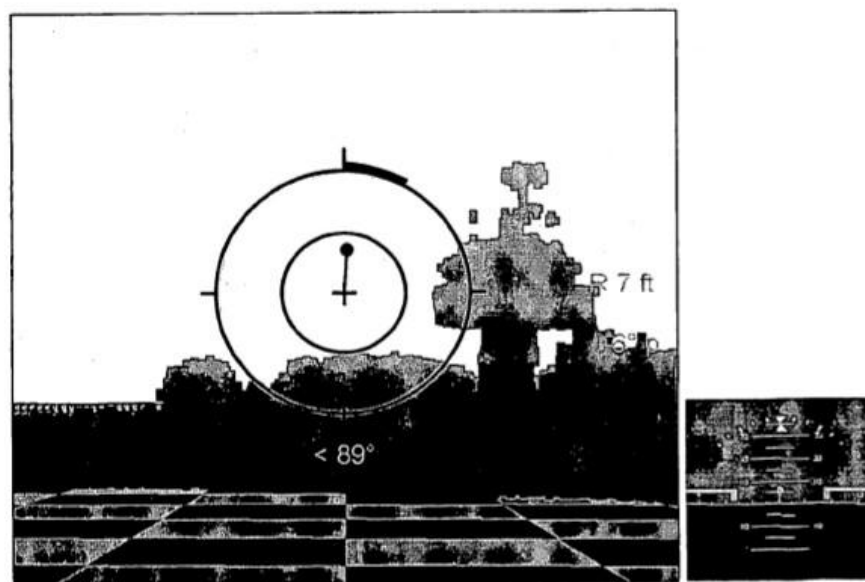


Fig. 11

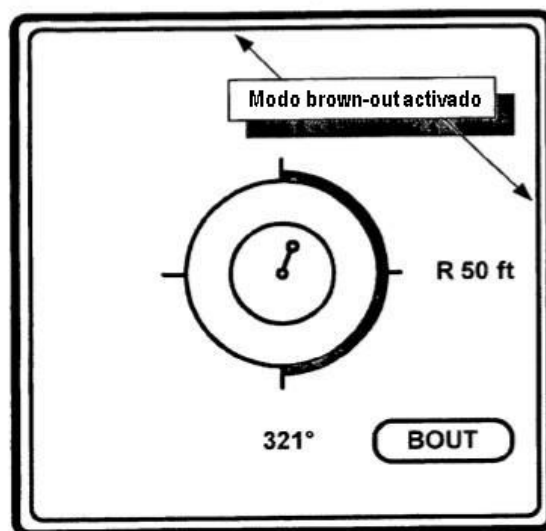


Fig. 12

