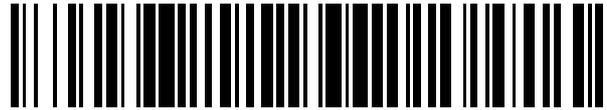


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 949**

51 Int. Cl.:

F02D 41/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2007 E 07425782 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 2071168**

54 Título: **Método para optimizar mapas de calibrado para un algoritmo de estimación de una cantidad de control de un motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.09.2013

73 Titular/es:

**FIAT GROUP AUTOMOBILES S.P.A. (100.0%)
CORSO GIOVANNI AGNELLI, 200
10135 TORINO (TO), IT**

72 Inventor/es:

**RIEGEL, ALESSANDRO;
SACCO, DARIO y
GAROFALO FABIO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 423 949 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

Método para optimizar mapas de calibrado para un algoritmo de estimación de una cantidad de control de un motor de combustión interna

5 La presente invención se refiere a un método para optimizar mapas de calibrado para un algoritmo de estimación de una cantidad de control de un motor de combustión interna.

Como se sabe, las unidades de control de un motor de vehículo electrónico moderno implementan una pluralidad de algoritmos que, cuando el motor está en funcionamiento, estiman las cantidades del motor basándose en que la unidad de control electrónica controla el funcionamiento del motor.

10 Estos algoritmos generalmente funcionan usando cantidades de entrada, del tipo de motor por ejemplo, medidas generalmente por sensores cuando el motor está en funcionamiento, y determinan experimentalmente mapas de calibrado que describen la tendencia de la cantidad estimada por el algoritmo, como una función de las cantidades de las que depende.

Como norma, antes de almacenarlos en la unidad de control electrónica, los algoritmos se calibran usando los mapas mencionados anteriormente.

15 Por ejemplo, el algoritmo para estimar el par de torsión instantáneo suministrado por el motor, normalmente usa el número de revoluciones del motor RPM y/o la posición del pedal acelerador como cantidades de entrada, ambas de estas detectadas por los sensores adecuados, y uno o más mapas de calibrado de algoritmo que describe la tendencia del par de torsión suministrado como una función del número de revoluciones del motor *RPM* y/o la posición del pedal acelerador, valores con los que el algoritmo calcula cada valor del par de torsión estimado.

20 En particular, los mapas de calibrado del algoritmo se definen midiendo experimentalmente, en un banco de pruebas del motor o por rodadura en carretera para vehículos, las cantidades de motor que serán estimadas por el algoritmo, como una función de las variables de las que este depende, por ejemplo el par de torsión suministrado por el motor puede medirse como una función del número de revoluciones *RPM*.

25 Realizando las mediciones de las cantidades especificadas en los mapas de calibrado y el calibrado de los algoritmos de la unidad de control son operaciones que requieren tiempos bastante largos, son particularmente onerosas y tienen una proporción significativa sobre los costes de desarrollo de las unidades de control de vehículo. Adicionalmente, la necesidad de implementar algoritmos cada vez más complejos en las unidades de control para realizar los cálculos en base a las cantidades suministradas por una pluralidad de mapas hace que el proceso de calibrar los algoritmos, que consiste en la definición de valores del mapa, sea aún más largo y complicado.

30 Para simplificar el procedimiento de calibrado de los algoritmos, se conoce por ejemplo lo siguiente: el uso de fórmulas de aproximación que describen la física del fenómeno a representar, el uso de lenguajes de programación específicos necesarios para poder usar fórmulas algebraicas mediante las cuales pueden calcularse los valores de parámetro óptimos o la descomposición de los algoritmos en algoritmos más sencillos y el calibrado de cada uno de ellos usando los datos adquiridos específicamente. Por ejemplo, si el par de torsión suministrado por el motor
35 depende del producto de la salida de dos mapas de calibrado, normalmente se miden las cantidades físicas representativas de cada uno de los dos mapas y después cada mapa se calibra independientemente.

Sin embargo, estas soluciones tienen diversos inconvenientes incluyendo:

- la necesidad de realizar mediciones específicas para el calibrado del algoritmo,
- la necesidad de realizar las mediciones en condiciones ambientales y/o del motor especiales,
- 40 - el uso de sensores adicionales para la adquisición de todas las cantidades de entrada y salida de los mapas,
- la propagación de los errores de medición en el procedimiento de calibrado,
- la mala precisión de las fórmulas simplificadas utilizadas para describir el fenómeno físico,
- la imprecisión y dificultad de los lenguajes de programación específicos usadas para implementar el algoritmo.

45 El documento WO2005/103472 desvela un aparato de gestión de motor para un motor de combustión interna de un vehículo incluyendo un microprocesador que funciona sobre los mecanismos de ajuste del vehículo. El vehículo tiene

un sensor de par de torsión para detectar el par de torsión generado por el motor y los mecanismos de ajuste ajustan valores paramétricos relacionados con el par de torsión. El circuito de memoria es accesible por el microprocesador. El circuito de memoria almacena datos que representan al menos un conjunto de valores paramétricos y un intervalo de valores de par de torsión correspondiente a los valores paramétricos respectivos en el conjunto. Un conjunto de instrucciones son ejecutables por el microprocesador de manera que el microprocesador recupera cíclicamente un valor de par de torsión en tiempo real desde el sensor de par de torsión y actualiza la memoria si el valor de par de torsión recuperado es mayor que un valor de par de torsión almacenado correspondiente a un valor paramétrico actual. El microprocesador ajusta el valor paramétrico actual si el valor de par de torsión recuperado es menor que el valor de par de torsión almacenado.

De esta manera, hay una necesidad de reducir el número de mediciones experimentales necesarias para obtener los mapas al mínimo imprescindible y de implementar un método de optimización para los mapas de calibrado de los algoritmos que al menos supere parcialmente los inconvenientes de los métodos conocidos.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para optimizar mapas de calibrado para un algoritmo de estimación de una cantidad de control de un motor de combustión interna, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Para una mejor comprensión de la presente invención, se describirá ahora una realización preferida, meramente a modo de ejemplo no limitante y con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- La Figura 1 muestra un diagrama de bloques del principio del método de optimización del mapa de calibrado de la invención,
- La Figura 2 muestra un diagrama de flujo del método de optimización del mapa de calibrado de la invención,
- Las Figuras 3 y 5 muestran diagramas de flujo más detallados del método de optimización del mapa de calibrado de la invención, y
- La Figura 4 muestra un ejemplo de la estructura del mapa de calibrado obtenido de acuerdo con el método de la invención.

En la Figura 1, el número de referencia 1 indica, en su totalidad, una unidad electrónica de procesamiento de datos, por ejemplo un ordenador, configurado para implementar el método de optimización del mapa de calibrado de la invención.

A grandes rasgos, como se muestra en el diagrama de bloques del principio en la Figura 1, el método de la invención incluye:

- almacenar los mapas de calibrado de al menos un algoritmo de estimación 2 para una cantidad de control P_{ctr} del tipo de motor, tal como el par de torsión suministrado por el motor, por ejemplo, en la unidad de procesamiento 1,
- estimar la cantidad de control P_{ctr} mediante el algoritmo 2, en base a los mapas de calibrado y las cantidades de entrada detectadas por los sensores y de los cuales depende la cantidad de control P_{ctr} a estimar,
- medir experimentalmente la cantidad de control P_{ctm} e
- implementar un algoritmo de calibrado 3 para el algoritmo 2 mediante la optimización de los mapas de calibrado del algoritmo 2, tal como para hacer que la cantidad P_{ctr} estimada por el algoritmo 2 sea tan aproximada a la cantidad P_{ctm} medida como sea posible.

Por ejemplo, siempre con referencia a la Figura 1, el método de la invención puede usarse para calibrar el algoritmo de estimación para el par de torsión suministrado por el motor, implementado por la unidad de control electrónico para el control del motor mediante la optimización de los mapas de calibrado para el par de torsión estimado por dicho algoritmo, estando estos almacenados también en la unidad de control electrónica y siendo usados por el algoritmo para realizar la estimación del par de torsión.

En particular, como se muestra en el diagrama de flujo en la Figura 2, en una fase inicial del método, bloque 4, se adquieren los parámetros característicos de cada mapa de calibrado almacenado, más específicamente:

- los valores de las cantidades de entrada P_i del mapa y los valores de calibrado correspondientes P_{clb} asociados con ellos y, en el caso de los mapas multidimensionales, en los que la cantidad de calibrado P_{clb} representada en el mapa depende de más de una cantidad de entrada P_i ,
- los valores de calibrado P_{clb} en función de todas las cantidades de entrada y los valores correspondientes de las cantidades de entrada P_i asociados con los mismos.

Por ejemplo, si se desea optimizar el mapa M_1 que representa la tendencia del par de torsión C_e suministrado por el motor como una función del número de revoluciones del motor RPM , el mapa M_2 que representa la tendencia del par de torsión C_e suministrado por el motor como una función de la posición del pedal del acelerador η y el mapa M_3 que representa la tendencia del par de torsión C_e suministrada por el motor, como una función del número de revoluciones del motor RPM y la posición del pedal del acelerador η , se adquirirá y almacenará en esta fase del método:

- a partir del mapa M_1 , los valores de par de torsión de calibrado C_{e-RPM} y los valores de RPM correspondientes asociados con ellos,
- a partir del mapa M_2 , los valores de par de torsión de calibrado $C_{e-\eta}$ y los valores de η correspondientes asociados con ellos, y
- a partir del mapa M_3 , los valores de par de torsión de calibrado $C_{e-RPM-\eta}$ y los valores de RPM y η correspondientes asociados con ellos.

Para cada mapa, siempre en dicha fase inicial del método, los parámetros de delimitación del mapa se definen también, o no obstante, más específicamente:

- una variación mínima De permitida para cada valor de cada cantidad de entrada y para cada valor de calibrado P_{clb} especificado en el mapa, por ejemplo 0,1 o 0,05,
- un valor mínimo Min permitido para cada cantidad de entrada P_i y para el valor de calibrado P_{clb} , por ejemplo $RPM = 1000$ rpm en el mapa M_1 , o $C = 0$ Nm en los mapas M_1 , M_2 y M_3 y
- un valor máximo Max permitido para cada cantidad de entrada P_i y para el valor de calibrado P_{clb} , por ejemplo $RPM = 8000$ rpm en el mapa M_1 , o $C = 200$ Nm en los mapas M_1 , M_2 y M_3 .

Una vez completada la fase de inicialización descrita en el bloque 4, en el bloque 5 de la Figura 2 la unidad de procesamiento 1 realiza un procedimiento de optimización sobre cada mapa. En particular, los mapas de calibrado se optimizan individualmente, uno por uno, empezando a partir del mapa M_1 por ejemplo y avanzando, como se muestra en el bloque 6 de la Figura 2, con el mapa M_2 y así sucesivamente hasta que se hayan optimizado todos los mapas de calibrado. El procedimiento mostrado en la Figura 2 se repetirá, partiendo del primer mapa M_1 hasta que sea interrumpido por un operario.

El procedimiento de optimización para cada mapa se describirá ahora con referencia al diagrama de flujo en la Figura 3 y al diagrama en la Figura 4.

En particular, como se muestra en el bloque 10 en la Figura 3, la unidad de procesamiento 1 en primer lugar comprueba si las cantidades de entrada P_i del mapa M_n a optimizar dependen de los valores de una cantidad de calibrado P_{clb} de un mapa M_{n-1} calibrado previamente. Si no es este el caso, se toma la salida NO desde el bloque 10 y, con referencia a la Figura 4, la unidad de procesamiento 1 distribuye los valores de calibrado P_{clb} del mapa M_n (por ejemplo, los valores de calibrado del par de torsión suministrados por el motor) al interior de un sistema de ejes cartesianos y asocia ciertos índices de competencia I_c respectivos con cada valor de la cantidad de calibrado P_{clb} , tal como para crear una estructura del mapa M_n , definida por las áreas A_n de competencia (bloque 12), cada una delimitada por una pluralidad de índices de competencia I_c .

La Figura 4 muestra un ejemplo simplificado de una estructura del mapa M_n a optimizar.

En particular, como se muestra en la Figura 4, las coordenadas de las variables de entrada $I_{C1}:[1,1]$, $I_{C2}:[1,2]$, $I_{C3}:[2,2]$ e $I_{C4}:[2,1]$ están asociadas con los valores de calibrado P_1 , P_2 , P_3 y P_4 del mapa M_n ; las coordenadas $I_{C5}[2,3]$, $I_{C6}:[3,3]$, e $I_{C7}:[3,2]$ están asociadas con los valores P_5 , P_6 y P_7 ; y las coordenadas $I_{C8}:[3,4]$, $I_{C9}:[4,4]$ e $I_{C10}:[4,3]$ están asociadas con los valores de calibrado P_8 , P_9 y P_{10} .

Después de haber definido la estructura del mapa M_n , siempre con referencia a la Figura 4, la unidad de procesamiento 1 copia los valores experimentales medidos para la cantidad P_{ctrm} adquirida por la unidad de procesamiento 1 en el bloque 4, en la estructura del mapa M_n y calcula los índices de competencia I_c de cada valor experimental medido P_{ctrm} .

- 5 Por ejemplo, aún con referencia a la Figura 4, los valores experimentales medidos P_{ctrm1} y P_{ctrm2} contribuyen a los puntos del mapa P_1 , P_2 y P_4 , mientras que los valores experimentales medidos P_{ctrm3} , P_{ctrm4} y P_{ctrm5} contribuyen al punto del mapa P_6 y análogamente, los valores experimentales medidos P_{ctrm3} y P_{ctrm4} contribuyen a los puntos P_8 , P_9 y P_{10} . Esto significa que un cambio en el valor de cada punto de mapa solo influirá en el valor estimado en relación a los índices de competencia; por ejemplo, el valor del mapa en el punto P_1 solo afectará al valor estimado en correspondencia con los puntos P_{ctrm1} y P_{ctrm2} y no a otros puntos.

De nuevo, con referencia a la Figura 3, en el caso de que el mapa M_n dependa de un mapa M_{n-1} ya optimizado por el algoritmo 3 y para el cual la estructura ya ha sido definida, se toma la salida Sí del bloque 10 y la unidad de procesamiento 1 no recalcula la estructura del mapa M_n al comienzo de cada optimización, sino que usa los mismos índices de competencia I_c y la misma estructura definida previamente para el mismo mapa M_n , bloque 11.

- 15 Después, la unidad de procesamiento 1 identifica los valores medidos P_{ctrm} especificados en la estructura del mapa M_n que contribuyen al punto único del mapa a optimizar, bloque 14, e implementa un procedimiento de optimización sobre cada valor de calibrado P_{clb} , de acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 5.

En particular, como se muestra en el bloque 20 de la Figura 5, la unidad de procesamiento 1 corrige la cantidad medida P_{ctrm} con el valor de calibrado P_{clb} respectivo al que está asociado el índice de competencia I_c de la cantidad medida P_{ctrm} , determinando de esta manera la cantidad estimada P_{ctrs} , y calcula la desviación típica SQM_1 entre la cantidad medida P_{ctrm} y la cantidad estimada P_{ctrs} por el algoritmo 2 con los valores actuales del mapa.

Después, en el bloque 21, la unidad de procesamiento 1:

- añade un factor F igual al producto $K * De$ para el valor de calibrado P_{clb} , donde:
 - K es un número entero elegido aleatoriamente por ejemplo, a partir de un intervalo preestablecido de número enteros, de 1 a 16 por ejemplo, y
 - De es una variación mínima permitida para la cantidad de calibrado P_{clb} , para obtener un nuevo valor de calibrado P_{clb+F} ,
- corrige la cantidad medida P_{ctrm} con el nuevo valor de calibrado P_{clb+F} determinando de esta manera un nuevo valor P_{ctrs+F} para la cantidad estimada, y
- calcula la desviación típica SQM_2 entre la cantidad medida P_{ctrm} y el nuevo valor estimado P_{ctrs+F} de la cantidad de control.

Sucesivamente, en el bloque 22 la unidad de procesamiento 1:

- resta el factor F , igual al producto $K * De$ del valor de calibrado P_{clb} , obteniendo un nuevo valor de calibrado P_{clb-F} ,
- corrige la cantidad medida P_{ctrm} con el nuevo valor de calibrado P_{clb-F} determinando de esta manera un nuevo valor P_{ctrs-F} para la cantidad estimada, y
- calcula la desviación típica SQM_3 entre la cantidad medida P_{ctrm} y el nuevo valor estimado P_{ctrs-F} de la cantidad de control.

En el bloque 23, la unidad de procesamiento 1 determina la desviación típica mínima SQM_{min} seleccionando la más pequeña de las desviaciones típicas SQM_1 , SQM_2 y SQM_3 , y compara la desviación típica mínima SQM_{min} con un valor umbral preestablecido, por ejemplo 0,1.

En el caso de que la desviación típica mínima SQM_{min} esté por debajo del valor umbral, se toma la salida Sí desde el bloque 24 y la unidad de procesamiento 1 establece uno de los tres valores de calibrado P_{clb} , P_{clb+F} y P_{clb-F} que tiene la desviación típica SQM más cercana a la desviación típica mínima SQM_{min} en el mapa M_n como el valor de calibrado óptimo $P_{clb-ott}$, que será como resultado el valor de calibrado optimizado, bloque 25.

No obstante, en el caso de que la desviación típica mínima SQM_{min} sea mayor que el valor umbral, se toma la salida NO del bloque 24 y, en el bloque 26, la unidad de procesamiento 1 implementa un algoritmo de cálculo para obtener un valor que sea tan cercano como sea posible a la desviación típica mínima SQM_{min} .

5 Para ello, la unidad de procesamiento 1 calcula dos valores de calibrado P_{clb2} y P_{clb3} que tienden hacia un valor de calibrado mínimo esperado $P_{clb-min}$ y determina el mínimo algebraico de una curva que modela la desviación típica SQM_{min} , implementando un modelo parabólico de la desviación de tipo conocido, por ejemplo el algoritmo de "Levenberg Marquardt", bloque 27.

En particular, para ello, la unidad de procesamiento 1 calcula:

- 10 • un valor de calibrado P_{clb2} que está en el mínimo ($x_{min}=-b/2a$) de una ecuación parabólica $SQM=ax^2+bx+c$ que pasa mediante los puntos de la desviación típica SQM_1 , SQM_2 y SQM_3 ,
- un valor de calibrado P_{clb3} que está en el mínimo ($x_{min}=-b/2a$) de una ecuación parabólica $SQM=ax^2+bx+c$ que pasa mediante los puntos definidos por los valores de la desviación típica SQM_1 , SQM_2 y SQM_3 y el punto de calibrado calculado P_{clb2} , y

15 determina el mínimo algebraico de una curva que modela la desviación típica SQM_{min} en base a los puntos definidos por los valores de las desviaciones típicas SQM_1 , SQM_2 , SQM_3 , y por lo puntos P_{clb2} y P_{clb3} .

Después, en el bloque 28, la unidad de procesamiento 1 sustituye, en el mapa M_n , el valor P_{clb} usado para corregir la cantidad medida P_{ctrm} con un valor de calibrado $P_{clb-ott}$ del mapa M_n que está en un punto intermedio entre el valor de calibrado P_{clb} usado para corregir la cantidad medida P_{ctrm} y el mínimo algebraico de la desviación típica SQM_{min} determinado mediante el modelo parabólico de la desviación, que de esta manera constituirá el valor de calibrado optimizado $P_{clb-ott}$, bloque 29.

Después de haber optimizado cada uno de los valores de calibrado P_{clb} del mapa M_n , de nuevo con referencia a la Figura 3, la unidad de procesamiento 1 implementa un procedimiento de cálculo con el fin de mejorar la distribución de los valores de calibrado P_{clb} dentro del mapa M_n , bloque 16.

25 En particular, este procedimiento, que por conveniencia descriptiva de ahora en adelante se denominará "extensión" del mapa M_n , consiste en:

- calcular un vector STR de acuerdo con la fórmula:

$$STR_{(i)} = Y_{(i-1)} + \frac{(X_{(i)} - X_{(i-1)}) * (Y_{(i+1)} - Y_{(i-1)})}{X_{(i+1)} - X_{(i-1)}} - Y_{(i)}$$

donde:

- 30 - X es un vector que contiene los valores de la cantidad de entrada P_i del mapa, por ejemplo $X = [P_1 P_2 P_3 P_4]$,
- Y es un vector que contiene cada valor de la cantidad de calibrado P_{clb} del mapa monodimensional correspondiente al valor de entrada específico P_i , por ejemplo $Y = [P_{clb1} P_{clb2} P_{clb3} P_{clb4}]$, e
- i es el índice que identifica el elemento del vector X o Y , (por ejemplo, $Y(3)$ indica el tercer elemento del vector Y),
- 35 • añadir una cantidad igual a $\eta * STR/2$ al valor P_{clb} del mapa, donde η es un factor de extensión entre un valor mínimo de cero, correspondiente a que no hay extensión, y un valor máximo de 1, correspondiente a la extensión máxima, que puede ser establecida por el usuario, y
- restar una cantidad igual a $\eta * STR/4$ de los valores cercanos P_{clb-1} y P_{clb+1} del valor P_{clb} a calibrar.

40 El procedimiento de extensión aumenta la continuidad del mapa, haciéndolo más fiel a la descripción de un fenómeno físico.

Después de haber realizado el procedimiento de extensión en el mapa M_n , de nuevo con referencia a la Figura 3, en el bloque 17 de la unidad de procesamiento 1 se calcula: un valor saturado mínimo $P_{min-sat}$ en base al valor de calibrado mínimo P_{min} del mapa M_n , y un valor saturado máximo $P_{max-sat}$ en base al valor de calibrado máximo P_{max} en el mapa M_n .

- 5 En particular, el valor saturado mínimo $P_{min-sat}$ de cada valor de calibrado del mapa corresponde al valor máximo entre el valor del mapa y el mínimo permitido P_{min} , mientras que el valor saturado máximo $P_{max-sat}$ de cada punto de mapa corresponde al valor mínimo entre el valor del mapa y el máximo permitido P_{max} .

Las ventajas que pueden conseguirse con la presente invención son evidentes a partir de un examen de sus características.

- 10 En primer lugar, la optimización de solo un mapa cada vez permite que el valor de calibrado optimizado se determine de una manera óptima, reduciendo significativamente los tiempos de cálculo.

Además, la identificación de puntos experimentales de competencia para cada punto de mapa fuera del procedimiento de optimización y uso del algoritmo de Levenberg Marquardt solo en los casos donde el valor de calibrado significativamente diferente de su valor óptimo, permite una reducción significativa en los tiempo de ejecución y complejidad de todo el procedimiento de cálculo, al tiempo que mantiene muy buena precisión para el resultado final.

- 15

La implementación del procedimiento de "extensión" permite un calibrado más "continuo" a identificar a partir de la pluralidad de valores de calibrado que muestran aproximadamente la misma desviación típica.

- 20 Finalmente, está claro que pueden hacerse modificaciones y variantes a las descritas y mostradas en este documento sin alejarse del alcance de protección de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, en lugar de la desviación típica SQM , podría calcularse la desviación típica porcentual $SPQM$, siendo esta más indicada para resolver problemas donde se proporcionan especificaciones de precisión solicitadas en términos porcentuales en lugar de absolutos.

- 25

REIVINDICACIONES

1. Método para optimizar los mapas de calibrado (M_n) usados en un algoritmo para estimar una cantidad de control de un motor de combustión interna (P_{ctr}) indicativa del par de torsión del motor, que comprende:

- 5
- medir la cantidad de control (P_{ctrm});
 - estimar la cantidad de control (P_{ctrs}); y
 - optimizar cada mapa de calibrado (M_n) basándose en la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y la cantidad de control estimada (P_{ctrs});

en el que cada mapa de calibrado (M_n) comprende una pluralidad de valores de calibrado (P_{clb}) de la cantidad de control estimada (P_{ctrs}) y

10 optimizar cada mapa de calibrado (M_n) comprende:

- optimizar al menos uno de dicha pluralidad de valores de calibrado (P_{clb});
- distribuir dichos valores de calibrado optimizados ($P_{clb-ott}$) en dicho mapa de calibrado (M_n) basándose en un criterio preestablecido:

y en el que optimizar un valor de calibrado (P_{clb}) comprende:

- 15
- determinar la cantidad de control estimada (P_{ctrs}) basándose en la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y el valor de calibrado (P_{clb});
 - calcular una primera desviación típica (SQM_1) entre la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y la cantidad de control estimada (P_{ctrs});
 - determinar un primer valor de calibrado corregido (P_{clb+F}) basándose en un factor de corrección (F);

20

 - determinar la cantidad de control estimada (P_{ctrs}) basándose en la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y el primer valor de calibrado corregido (P_{clb+F});
 - calcular una segunda desviación típica (SQM_2) entre la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y la cantidad de control estimada (P_{ctrs}) basándose en la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y el primer valor de calibrado corregido (P_{clb+F});

25

 - determinar un segundo valor de calibrado corregido (P_{clb-F}) basándose en el factor de corrección (F),
 - determinar la cantidad de control estimada (P_{ctrs}) basándose en la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y el segundo valor de calibrado corregido (P_{clb-F});
 - calcular una tercera desviación típica (SQM_3) entre la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y la cantidad de control estimada (P_{ctrs}) basándose en la cantidad de control medida (P_{ctrm}) y el segundo valor de calibrado

30

 - corregido (P_{clb+F});
 - comparar la primera (SQM_1), segunda (SQM_2) y tercera (SQM_3) desviaciones típicas entre sí y con un valor umbral preestablecido; y
 - optimizar el valor de calibrado (P_{clb}) basándose en dicha comparación;

estando dicho método **caracterizado por que:**

- 35
- cuando la desviación típica más pequeña ($SPQM_{min}$) de dichas desviaciones típicas (SQM_1 , SQM_2 , SQM_3) es mayor que un valor umbral preestablecido, optimizar dicho valor calibrado (P_{clb}) basándose en dicha comparación comprende:
- 40
- determinar un primer valor de calibrado mínimo (P_{clb2}), que está definido como el punto más bajo de una función de tipo parabólico que pasa a través de dicha primera, segunda y tercera desviaciones típicas (SQM_1 , SQM_2 , SQM_3);
 - determinar un segundo valor de calibrado mínimo (P_{clb3}), que está definido como el punto más bajo de una función de tipo parabólico que pasa a través de dicha primera (SQM_1) segunda (SQM_2) y tercera (SQM_3) desviaciones típicas y dicho primer valor de calibrado (P_{clb2});

45

 - determinar un valor algebraico mínimo de una función que pasa a través de dicha primera (SQM_1), segunda (SQM_2) y tercera (SQM_3) desviaciones típicas y dicho primer (P_{clb2}) y segundo (P_{clb3}) valores mínimos, y que modela dicha desviación típica más pequeña (SQM_{min}); y
 - sustituir dicho valor de calibrado (P_{clb}) en dicho mapa de calibrado (M_n) con un valor de calibrado óptimo ($P_{clb-ott}$) que está localizado en un punto intermedio entre dicho valor de calibrado (P_{clb}) y dicho valor algebraico

mínimo.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el factor de calibrado (F) se determina basándose en un número entero (K) dentro del intervalo preestablecido de números enteros y una variación mínima preestablecida (D_e) del valor de calibrado (P_{clb}).

5 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el factor de calibrado (F) se determina basándose en el producto de dicho número entero (K) dentro de un intervalo preestablecido de números enteros y dicha variación mínima preestablecida (D_e) de dicho valor de calibrado (P_{clb}).

4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que:

10 - dicho primer valor de calibrado corregido (P_{clb+F}) se determina sumando dicho factor (F) de corrección a dicho valor de calibrado (P_{clb}), y
 - dicho segundo valor de calibrado corregido (P_{clb-F}) se determina restando dicho factor de corrección (F) de dicho valor de calibrado (P_{clb}).

15 5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que cuando dicha desviación típica más pequeña (SPQM_{min}) está por debajo de dicho valor umbral preestablecido, optimizar dicho valor de calibrado (P_{clb}) basándose en dicha comparación comprende:

- establecer en el mapa de calibrado (M_n) un valor de calibrado óptimo (P_{clb-ott}) elegido entre dicho valor de calibrado (P_{clb}), dicho primer valor de calibrado corregido (P_{clb+F}) y dicho segundo valor de calibrado corregido (P_{clb-F}) y para el que la desviación típica (SQM) es más cercana a dicha desviación típica más pequeña (SQM_{min}).

20 6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor algebraico mínimo se determina basándose en un algoritmo de "Levenberg Marquardt".

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que distribuir dicha pluralidad de valores de calibrado optimizados (P_{clb-ott}) en dicho mapa (M_n) comprende:

- calcular un factor de extensión (STR) de acuerdo con la fórmula:

25
$$STR_{(i)} = Y_{(i-1)} + \frac{(X_{(i)} - X_{(i-1)}) * (Y_{(i+1)} - Y_{(i-1)})}{X_{(i+1)} - X_{(i-1)}} - Y_{(i)}$$

donde:

30 - X es un valor de una cantidad de entrada (P_i) de dicho mapa,
 - Y es un valor de calibrado (P_{clb}) correspondiente a dicho valor X de dicha cantidad de entrada (P_i), e
 - i es un índice que asocia un valor X de la cantidad de entrada (P_i) con el valor de calibrado optimizado correspondiente (P_{clb-ott}),

- añadir una cantidad igual a η*STR/2 a cada valor de calibrado optimizado (P_{clb-ott}),

donde: η es un factor de extensión entre un valor mínimo de cero, correspondiente a que no hay extensión, y un valor máximo de 1, correspondiente a la extensión máxima, y

35 - restar una cantidad igual a η*STR/4 de los valores adyacentes (P_{clb-1}, P_{clb+1}) de dicho valor de calibrado optimizado (P_{clb-ott}).

8. Producto de software que puede cargarse en una memoria de un procesador digital, comprendiendo dicho producto de software porciones de código de software capaces de implementar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde dicho producto de software se ejecuta en dicho procesador digital.

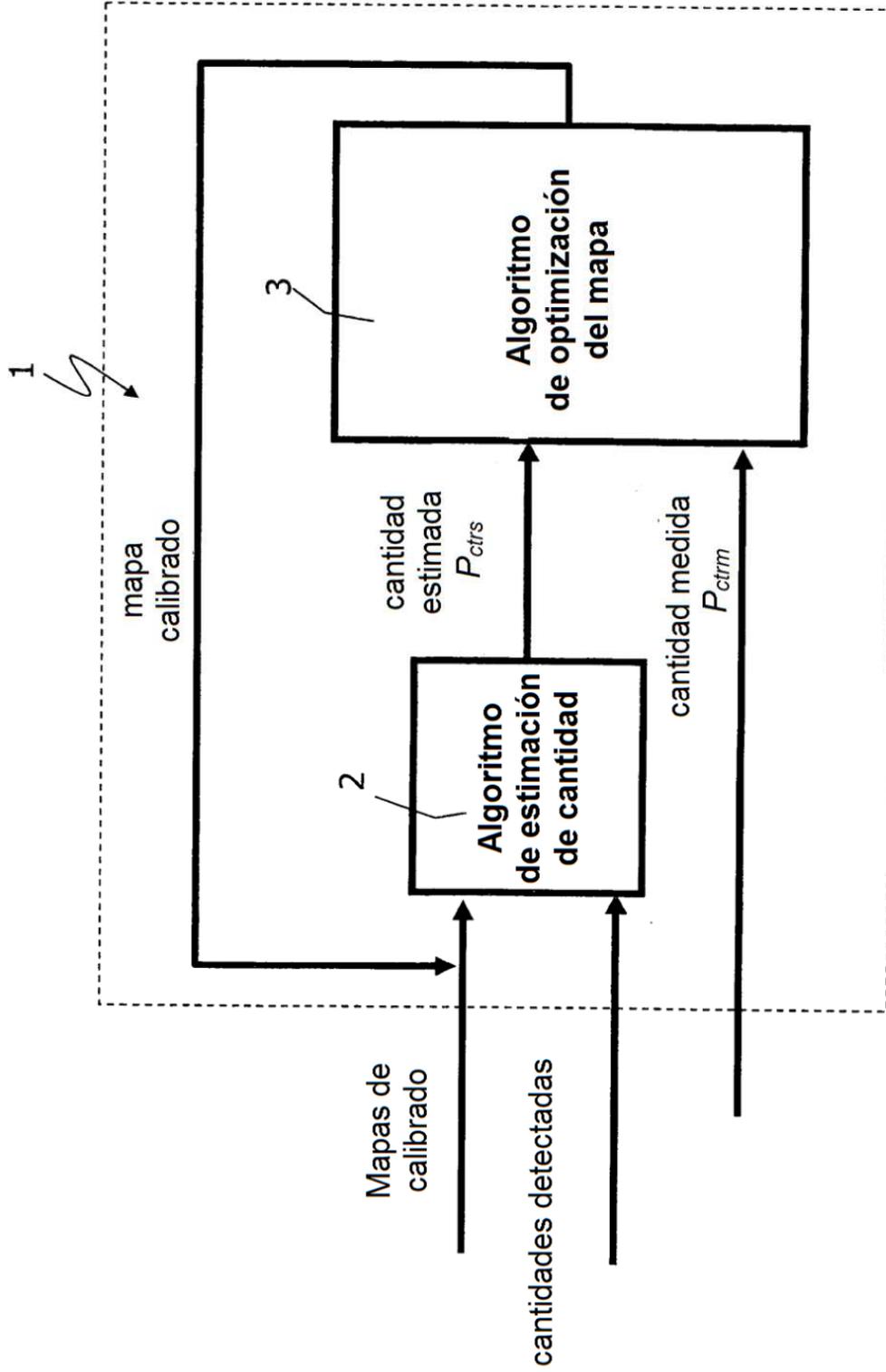


Fig.1

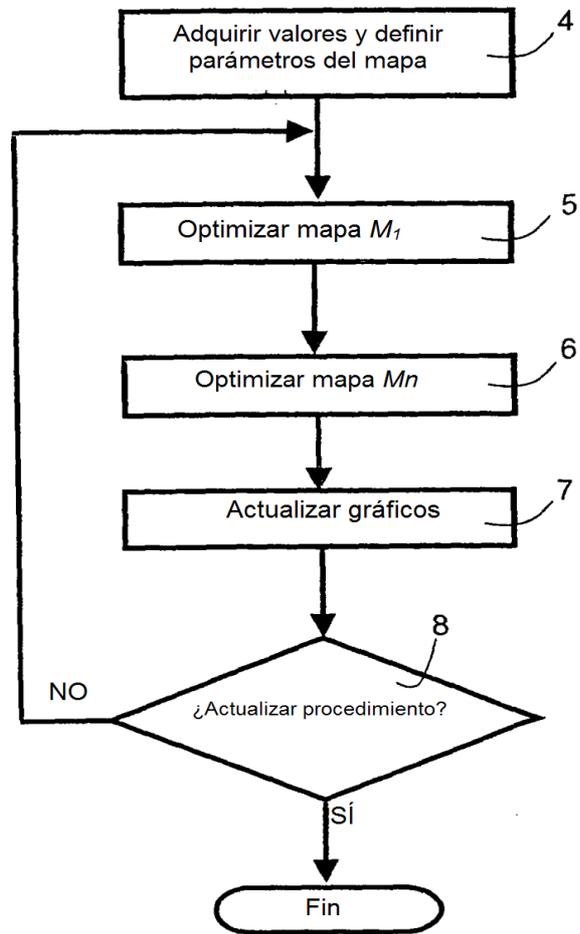


Fig.2

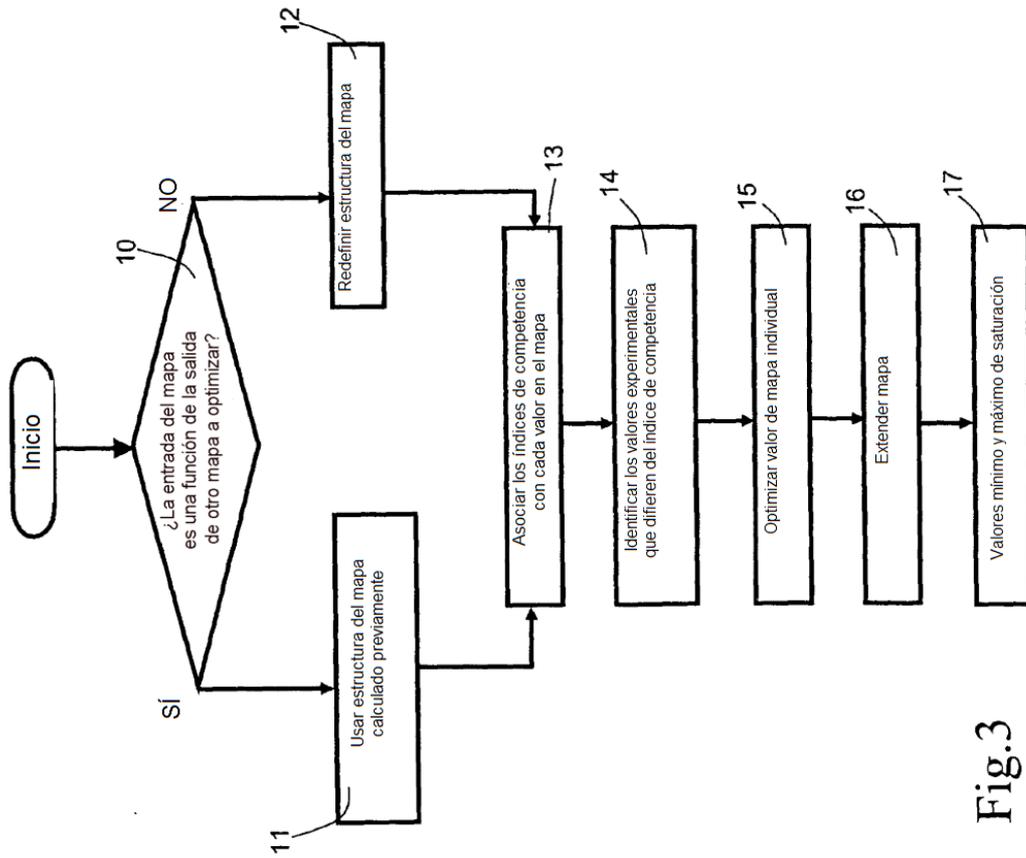


Fig.3

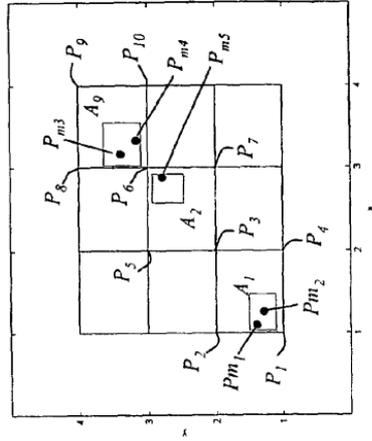


Fig.4

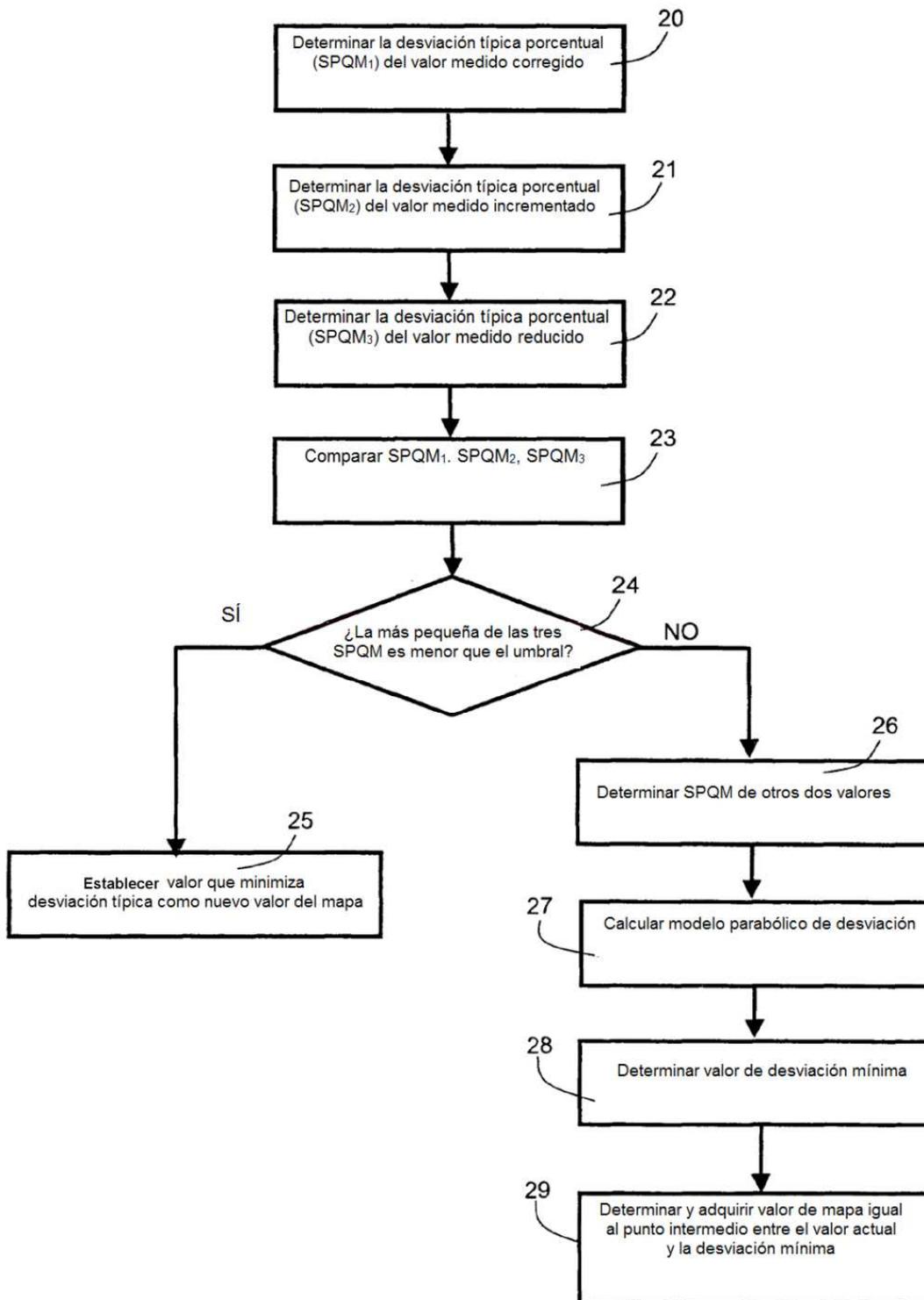


Fig.5