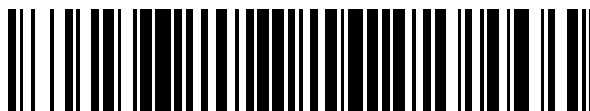


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 145**

51 Int. Cl.:

F41G 7/00 (2006.01)

F41G 9/00 (2006.01)

G06N 3/02 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2012 E 12007982 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2600096**

54 Título: **Determinación de indicadores para la probabilidad de impacto de un sistema de armas**

30 Prioridad:

02.12.2011 DE 102011119978

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.12.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BÜTTNER, STEFFEN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 648 145 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

Determinación de indicadores para la probabilidad de impacto de un sistema de armas

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento, a un programa informático y a un medio legible por ordenador para determinar un indicador para la probabilidad de impacto de un sistema de armas y para determinar una representación de un sistema de armas, así como a un sistema de armas.

10

Antecedentes de la invención

Con la finalidad de una aplicación optimizada, según la situación, de efectores, por regla general armas, que están integradas en un sistema de armas, como por ejemplo un avión de combate, resulta ventajoso que el sistema de armas tenga conocimiento de su capacidad. De este modo, el sistema de armas puede derivar indicaciones u órdenes para el uso óptimo de los efectores. Por ejemplo, al piloto de un avión de combate, con ayuda de determinados indicadores se puede visualizar en qué posición y/o ubicación es mejor disparar un arma, para impactar en un blanco seleccionado con alta probabilidad.

15

Para el sistema de armas esto puede suponer, en base a una representación del rendimiento, es decir, de un modelo de la capacidad integrada en una parametrización del escenario habitualmente de grandes dimensiones, llevar a cabo una optimización correspondiente y derivar indicadores en tiempo real.

20

A este respecto, un enfoque actual puede ser la representación independiente entre sí de indicadores individuales mediante funciones de representación independientes entre sí, por ejemplo polinomios. Para ello por ejemplo se determinan parámetros de escenario, como por ejemplo la altura de vuelo, la actitud de vuelo y la distancia con respecto al blanco, se insertan en funciones independientes entre sí y a partir de aquí se calculan los indicadores. Este modo de proceder, sobre todo en el caso de tener unos recursos en tiempo real limitados en el sistema de armas y con ello con una precisión de aproximación finita, puede llevar a faltas de consistencia entre los indicadores representados y con ello a indicaciones contradictorias.

25

30

Además, en este caso los datos de rendimiento, que se refieren al efector, y con ello las funciones de representación, están acoplados normalmente de manera rígida a los indicadores correspondientes. Por regla general, esto lleva a una dependencia mutua de la visualización de los indicadores y de los medios específicos del efector, que pueden reducir la flexibilidad del sistema de armas con respecto a su desarrollo y mantenimiento.

35

Por el documento US 2010/0094789 A1 se conoce un procedimiento en el que se calcula un área de impacto para un sistema de armas basándose en una pluralidad de redes neuronales.

40

Sumario de la invención

El objetivo de la invención es proporcionar un sistema de armas que sea sencillo de modificar y sencillo de mantener que, de manera eficaz, pueda procesar datos de rendimiento de su efector.

45

Este objetivo se alcanza mediante el objeto de las reivindicaciones independientes. A partir de las reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción se obtienen formas de realización adicionales de la invención.

50

Un aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para determinar un indicador para la probabilidad de impacto de un sistema de armas. El sistema de armas puede ser por ejemplo una aeronave, vehículo terrestre o acuático, como por ejemplo un avión de combate, un helicóptero de combate, un dron, un tanque o un barco. Según una forma de realización de la invención, el procedimiento comprende las etapas de: determinar parámetros de escenario (actuales) del sistema de armas; reducir una representación global del sistema de armas a una representación adaptada a un indicador basándose en los parámetros de escenario determinados; determinar el indicador (o valores para el indicador) basándose en la representación reducida.

55

A este respecto, la determinación de parámetros de escenario, la reducción de la representación global y la determinación del indicador pueden producirse en tiempo real en una unidad de evaluación (por ejemplo un ordenador programable) en el sistema de armas.

60

Un indicador puede comprender uno o varios valores numéricos, que (directa o indirectamente) dan información sobre la probabilidad de impacto del sistema de armas, por ejemplo, si el blanco se encuentra en el alcance del sistema de armas, en qué dirección y/o a qué ubicación debe moverse el sistema de armas, para aumentar la probabilidad de impacto, o también la probabilidad de impacto para el efector en la situación actual o el escenario actual, que se describe por los parámetros de escenario.

65

5 La probabilidad de impacto puede comprender un valor numérico, que da información sobre si el sistema de armas impacta o no, por ejemplo los valores 0 y 1. La probabilidad de impacto no tiene que indicarse obligatoriamente como porcentaje. El valor "0" puede interpretarse por ejemplo de tal modo que el sistema de armas probablemente no impacte. El valor "1" puede interpretarse de tal modo que el sistema de armas probablemente impacte. De este modo puede indicarse la probabilidad de impacto sólo con los valores 0 y 1.

10 Según una forma de realización de la invención los parámetros de escenario comprenden una posición y/o una ubicación del sistema de armas con respecto a un blanco sobre el que debe impactarse. Un parámetro de escenario puede comprender en general una información relevante para el impacto del sistema de armas, como por ejemplo la ubicación relativa del sistema de armas con respecto al blanco, la distancia relativa del sistema de armas con respecto al blanco, la altura de vuelo del sistema de armas (en caso de que se trate por ejemplo de una aeronave). También es posible que un parámetro de escenario no se refiera al comportamiento de movimiento del sistema de armas, sino también a otros parámetros del entorno, que pueden influir en el sistema de armas, como por ejemplo la temperatura del entorno, la presión del entorno, etc. Los parámetros de escenario pueden determinarse por ejemplo 15 a partir de información de sensor.

20 Los parámetros de escenario del sistema de armas forman un espacio de parámetros (habitualmente de grandes dimensiones). A un punto que representa un escenario determinado en este espacio de parámetros puede asociarse si el sistema de armas impacta o no en este escenario. La cantidad de puntos, en los que impacta el sistema de armas, forma a este respecto por regla general un campo parcial (eventualmente tampoco relacionado) de este espacio de parámetros.

25 Ahora, una representación del sistema de armas puede aproximarse a este campo parcial o bien para todo el espacio de parámetros o bien para un subespacio, que puede estar definido por determinados parámetros de escenario seleccionados. Así, la representación global puede ser una función basada en el espacio de parámetros de parámetros de escenario, que reproduce esencialmente este campo parcial.

30 Según una forma de realización de la invención la representación global se aproxima a un campo parcial de un espacio de parámetros de parámetros de escenario, estando formado el campo parcial por parámetros de escenario, con los que impacta el sistema de armas.

35 De este modo la representación global, basándose en los parámetros de escenario actuales como valores de entrada, puede generar un valor de salida (como valor de impacto), que da información sobre si el sistema de armas impacta o no. De este modo puede separarse una representación del sistema de armas de un modelo de simulación del sistema de armas, en el que la probabilidad de impacto se determina de manera iterativa.

40 En particular una representación puede comprender una función o rutina de software, que calcula el valor de salida basándose en parámetros de escenario de manera no iterativa. Esta función puede comprender por ejemplo una función de polinomios. Sin embargo, se ha encontrado que sobre todo las redes neuronales artificiales son especialmente adecuadas como representaciones de sistemas de armas.

45 Según una forma de realización de la invención la representación global se basa en una red neuronal artificial. Una red neuronal artificial puede comprender una pluralidad de neuronas, en particular varias neuronas de entrada, que en cada caso están asociadas a un parámetro de escenario, y una neurona de salida, que proporciona el valor de salida, que están conectadas entre sí. Los valores que se introducen en una neurona o un nodo a través de las conexiones pueden valorarse con pesos, para calcular un valor nuevo, que a través de una conexión que sale de la neurona puede transmitirse a una neurona adicional.

50 Según una forma de realización de la invención el procedimiento comprende además la etapa de generar la representación global a partir de parámetros, que están almacenados en un conjunto de datos. El conjunto de datos puede determinarse por ejemplo en una fase de configuración del sistema de armas por medio de una simulación del sistema de armas, por ejemplo entrenando una red neuronal artificial, y almacenarse en el sistema de armas. Entonces, durante el uso del sistema de armas puede reconstruirse la representación global en tiempo real a partir del conjunto de datos. Los parámetros pueden comprender por ejemplo información sobre la estructura y/o los pesos para una red neuronal artificial. Sin embargo, también es posible que los parámetros comprendan coeficientes de un polinomio. 55

60 Según una forma de realización de la invención el procedimiento comprende además las etapas de: reducir la representación global a varias representaciones asociadas a diferentes indicadores; determinar una pluralidad de indicadores basándose en las representaciones reducidas y los parámetros de escenario actuales. Así, con una (única) representación global pueden determinarse por ejemplo los campos parciales del espacio de parámetros reducido para varios indicadores diferentes o evaluarse todos los parámetros de escenario, que son relevantes para una pluralidad de indicadores. En particular pueden determinarse todos los indicadores basándose en un único conjunto de datos en sí consistente, de modo que los indicadores no proporcionan informaciones diferentes entre sí. 65

Según una forma de realización de la invención el procedimiento comprende además la etapa de reducir la representación global a la representación asociada a un indicador mediante la fijación de valores de entrada de la representación con determinados parámetros de escenario, que están asociados al indicador. Así, una representación reducida de este modo puede aproximarse a un campo parcial de un subespacio del espacio de parámetros global, que está limitado a los parámetros de escenario restantes, es decir, los parámetros de escenario no fijados. Por ejemplo una representación global (configurada por ejemplo como red neuronal artificial) puede reducirse a los parámetros de escenario de ángulo de elevación y ángulo azimutal, fijándose los valores de entrada (o las neuronas de entrada correspondientes) para otros parámetros de escenario, como por ejemplo la velocidad, mediante el parámetro de escenario correspondiente determinado actualmente.

De este modo se obtiene una representación reducida con la que de manera análoga a la representación global, a partir de los valores de entrada no fijados, es decir, los parámetros de escenario restantes, puede determinarse o calcularse un valor de salida (o un valor de impacto), que puede dar información sobre la probabilidad de impacto del sistema de armas.

Según una forma de realización de la invención la representación global se reduce porque a neuronas de entrada de la red neuronal artificial se asignan previamente parámetros de escenario actuales.

Según una forma de realización de la invención la representación reducida se basa en una red neuronal artificial, que se ha generado haciendo más pequeña una red neuronal artificial de la representación global. Las neuronas de entrada fijadas con determinados valores o sus uniones de entrada pueden retirarse de la red neuronal artificial e incluirse en los pesos de las neuronas restantes. Entonces queda una red neuronal artificial, que ya sólo comprende las neuronas de entrada para parámetros de escenario, no asignados previamente.

Según una forma de realización de la invención el procedimiento comprende además las etapas de: aproximarse a la representación reducida con una función de aproximación y determinar el indicador a partir de parámetros de función de la función de aproximación. Dicho de otro modo es posible reproducir la función en el espacio de parámetros reducido de parámetros de escenario, que está formada por la representación reducida, de manera imprecisa con ayuda de una función adicional (la función de aproximación). Los parámetros o coeficientes de la función de aproximación (que se determinan mediante la aproximación) pueden utilizarse para calcular valores de indicador. Dicho de otro modo el indicador puede basarse en coeficientes o parámetros de la función de aproximación.

Mediante la aproximación a la representación reducida y la determinación de los coeficientes de la función de aproximación es posible invertir la función, que se define por la representación reducida, es decir, la función, con la que a partir de los parámetros de escenario restantes, no fijados puede calcularse un valor de impacto.

Mediante una elección adecuada de la función de aproximación también puede aumentarse la consistencia de indicadores conectados de manera lógica. Esto puede conseguirse porque mediante la formulación matemática de la función de aproximación se introducen criterios de consistencia como condiciones obligatorias implícitas en la función de aproximación. Por ejemplo la función de aproximación puede definir a través de sus parámetros un intervalo, que encaje en el espacio de parámetros reducido durante la aproximación. Como el extremo inferior del intervalo siempre es menor que el extremo superior, por ejemplo para un indicador de zona puede garantizarse que su valor mínimo siempre sea menor que el valor máximo.

Según una forma de realización de la invención la función de aproximación se determina entrenando una red neuronal artificial (pequeña), que después del entrenamiento proporciona una salida analógica como la representación reducida. Esta red neuronal artificial puede comprender solo unas pocas neuronas, es decir, ser pequeña. De este modo, de manera especialmente eficaz, en tiempo real puede reproducirse (de manera imprecisa) la representación reducida con la red neuronal artificial aproximada.

Así, la función de aproximación puede basarse en esta red neuronal artificial (pequeña), que se entrena en tiempo real para, basándose en los mismos valores de entrada que la representación reducida, generar una salida esencialmente igual o salida similar a la representación reducida. La salida de la representación reducida y de la función de aproximación pueden ser similares cuando los campos parciales del espacio de parámetros, definidos por los valores de salida, son similares. Por ejemplo, los dos campos parciales pueden coincidir esencialmente.

Un aspecto adicional de la invención se refiere a un procedimiento para determinar una representación de un sistema de armas. Este procedimiento puede utilizarse por ejemplo para determinar el conjunto de datos, a partir del cual se reconstruye la representación global del sistema de armas en tiempo real.

Según una forma de realización de la invención este procedimiento comprende las etapas de: simular una pluralidad de escenarios con un modelo (de simulación) del sistema de armas, proporcionando la simulación para cada escenario como resultado, si el sistema de armas impacta o no; entrenar una red neuronal artificial de tal modo que la red neuronal artificial al introducir un escenario reproduce esencialmente el resultado determinado mediante simulación para el escenario; y almacenar la estructura de la red neuronal artificial entrenada como representación

global. Por ejemplo la estructura de la red neuronal artificial puede comprender sus pesos, sus neuronas y/o sus conexiones. Estos valores pueden almacenarse como parámetros de una representación global del sistema de armas en el sistema de armas.

5 De este modo la representación global puede obtenerse de manera sencilla mediante reconstrucción de la red neuronal artificial a partir de la estructura almacenada en el sistema de armas en tiempo real.

10 Otros aspectos de la invención se refieren a un programa informático que, cuando se ejecuta en un procesador, hace que el procesador realice las etapas de uno de los procedimientos como se describió anteriormente y se describe más abajo, y a un medio legible por ordenador, en el que está almacenado un programa informático de este tipo. El procesador puede ser por ejemplo un procesador en una unidad de evaluación del sistema de armas. El medio legible por ordenador puede ser una memoria no volátil de la unidad de evaluación, por ejemplo una ROM, una EPROM, una memoria FLASH o un disco duro, integrados en el sistema de armas, y a partir del cual la unidad de evaluación puede cargar el programa para su ejecución en el procesador.

15 Sin embargo es posible que la funcionalidad descrita anteriormente y que se describirá más abajo, en particular las redes neuronales artificiales, también se implementen parcial o completamente como hardware.

20 Un aspecto adicional de la invención se refiere a un sistema de armas. El sistema de armas puede comprender un efector, sensores para determinar parámetros de escenario y una unidad de evaluación, que está configurada para realizar el procedimiento, tal como se describió anteriormente y se describe más abajo.

25 El sistema de armas puede ser un vehículo no tripulado y/o el indicador puede utilizarse por la unidad de evaluación para controlar el vehículo. Dicho de otro modo, la unidad de evaluación también puede ser una unidad de control. Sin embargo, también es posible que el vehículo sea un vehículo tripulado, visualizándose el indicador a un piloto o conductor del vehículo y dándole indicaciones de cómo debe dirigir el vehículo o utilizar el efector.

30 Resumiendo, a partir de las etapas de procedimiento descritas puede obtenerse un procedimiento de varias fases para el mantenimiento y funcionamiento de un sistema de armas. En la primera etapa se determina un modelo funcional de la capacidad en el espacio de parámetros de escenario, es decir, una representación del sistema de armas. La representación se integra en el sistema de armas y contiene la información necesaria para las etapas adicionales, por así decirlo en forma de una función implícita. En la segunda etapa se reduce esta información de manera correspondiente al escenario actual, para entonces, en la tercera etapa, someterse a una interpretación. Esta última interpretación determina finalmente los valores de los indicadores para el escenario actual, que entonces por ejemplo pueden visualizarse.

35 Esta primera etapa se produce por regla general durante la adaptación del efector al sistema de armas para determinar una representación de un sistema de armas. Las etapas segunda y tercera se producen por regla general en tiempo real durante el funcionamiento del sistema de armas para determinar el indicador o una pluralidad de indicadores.

40 Mediante este procedimiento de varias fases es posible aislar en su mayor parte magnitudes dependientes del efector de los indicadores calculados. Esto lleva a una flexibilidad particular durante el desarrollo así como el mantenimiento, porque cambios por parte de los indicadores no llevan obligatoriamente a una adaptación de datos específicos del efector y viceversa.

45 Como los datos de la representación integrada en el sistema de armas pueden proceder de una sola fuente y pueden depositarse en un único conjunto de datos, en el caso de un cambio de rendimiento del efector sólo tiene que adaptarse este conjunto de datos. Pueden excluirse faltas de consistencia con otros datos.

50 Los algoritmos de interpretación aplicados en la tercera etapa pueden permitir una extracción relacionada de indicadores conectados de manera lógica, de modo que puede hablarse de una consistencia inherente del procedimiento.

55 A continuación se describirán en detalle ejemplos de realización de la invención con referencia a las figuras adjuntas.

Breve descripción de las figuras

60 La figura 1 muestra esquemáticamente una vista lateral de un sistema de armas según una forma de realización de la invención.

La figura 2 muestra esquemáticamente una visualización con indicadores según una forma de realización de la invención.

65 La figura 3 muestra un modelo funcional de una unidad de evaluación.

La figura 4 muestra un modelo funcional de una unidad de evaluación según una forma de realización de la invención.

5 La figura 5 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento para determinar y visualizar un indicador según una forma de realización de la invención.

La figura 6 muestra un diagrama, que representa la reducción una red neuronal artificial según una forma de realización de la invención.

10 La figura 7 muestra un diagrama, que describe la aproximación de valores de indicador según una forma de realización de la invención.

15 La figura 8 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento para determinar una representación global de un sistema de armas según una forma de realización de la invención.

En principio, las partes idénticas o similares están dotadas de los mismos números de referencia.

Descripción detallada de ejemplos de realización

20 La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema de armas 10, por ejemplo un avión de combate 10. El sistema de armas 10 podría comprender cualquier tipo de vehículo 10 especialmente militar, por ejemplo aeronaves, como por ejemplo aviones y helicópteros, vehículos terrestres, como por ejemplo un tanque, o vehículos acuáticos, como por ejemplo un barco.

25 El sistema de armas 10 comprende además un efector 12, en cuyo caso se trata del arma 12 propiamente dicha del sistema de armas 10. En el caso del efector 12 puede tratarse por ejemplo de un misil guiado 12.

30 El sistema de armas 10 está configurado para dirigir el efector 12 a un blanco 14, por ejemplo disparar un misil guiado 12 contra el blanco 14. Para ayudar en esta función el sistema de armas 10 comprende una unidad de evaluación 16 que, basándose en parámetros de escenario actuales, puede determinar si el sistema de armas 10 y en particular, el efector 12, impacta o no en el blanco 14.

35 Para ello la unidad de evaluación 16 puede recibir datos de sensor de sensores 18 (representados en la figura 1 sólo esquemáticamente) y procesarlos junto con datos adicionales, como por ejemplo la posición del blanco 14, para generar los parámetros de escenario. En el caso de los parámetros de escenario puede tratarse por ejemplo de la posición relativa del sistema de armas 10 con respecto al blanco 14, la ubicación relativa del sistema de armas con respecto al blanco 10, la velocidad relativa y datos adicionales, como por ejemplo la altura de vuelo.

40 A este respecto, un indicador puede ser una información o comprender valores que indican cómo de alta es la probabilidad de que un efector 12 disparado impacte en el blanco 14. A este respecto, un indicador también puede ayudar a modificar los parámetros de escenario (mediante el control del sistema de armas 10) de tal modo que se aumente esta probabilidad. Los parámetros de escenario pueden modificarse por ejemplo porque el sistema de armas 10 cambie su posición y/o ubicación.

45 Esto puede ocurrir por un lado porque el o los indicadores se visualizan a una persona que lleva el mando. Por ejemplo los indicadores pueden visualizarse a un piloto en la cabina 22 de un avión 10 en una visualización 20. Entonces, la persona al mando o el piloto puede realizar maniobras con el sistema de armas 10 para llegar a una posición y/o ubicación más óptima y tomar la decisión para el disparo del efector 12 basándose en los indicadores modificados.

50 Por otro lado, la unidad de evaluación 16 también puede ser una unidad de control 16, que utiliza los indicadores determinados para dirigir el sistema de armas 10 de manera automática y/o tomar la decisión para el disparo del efector 12 de manera automática.

55 Así, en conjunto, en el caso del sistema de armas 10 puede tratarse de un sistema de armas tripulado 10. Sin embargo, también es posible que el sistema de armas 10 sea no tripulado, como por ejemplo un dron.

60 La figura 2 muestra esquemáticamente una visualización 20, que está configurada para visualizar indicadores 24a, 24b y 24c. La visualización 20 mostrada en la figura 2 puede proyectarse por ejemplo sobre un panel frontal de la cabina 22.

65 Para la orientación del piloto la visualización 20 presenta un símbolo 28 para la proa del avión. Centrado alrededor del símbolo 28 se visualiza un círculo 24a, cuyo radio indica cómo de alta es la probabilidad de impacto actual para el efector 12.

Además la visualización 20 comprende un símbolo de control 24b, que indica al piloto la dirección en la que debe mover la proa del avión 10 para aumentar la probabilidad de impacto.

Una visualización de zona 24c muestra si el sistema de armas 10 se encuentra a una distancia con respecto al blanco 14, en la que existe una alta probabilidad de impacto. Para ello, la visualización de zona 24c comprende un mínimo 26a, un máximo 26b y una visualización real 26c.

Se entiende que los indicadores 24a, 24b, 24c mostrados en la figura 2 se indican al piloto, aunque en general por indicador pueden entenderse sólo los valores o datos en los que se basa la visualización.

Resumiendo el sistema de armas 10 está configurado para, conociendo la capacidad de su efector 12, generar indicadores 24a, 24b, 24c correspondientes u órdenes basadas en los indicadores, que permiten pasar el sistema de armas 10 desde su estado momentáneo a un estado optimizado u óptimo para la aplicación del efector 12. Esto es posible indirectamente porque el sistema de armas 10 visualiza los indicadores 24a, 24b, 24c a un conductor del vehículo o piloto y directamente porque utiliza los indicadores 24a, 24b, 24c para controlar el sistema de armas 10.

La figura 3 muestra un modelo funcional de una unidad de evaluación 16 para el modelado de los respectivos indicadores 24a, 24b, 24c mediante ramas de cálculo independientes, paralelas, que se basan en una aproximación basada en polinomios 34a, 34b, 34c.

En la unidad de evaluación 16 están almacenados conjuntos de datos 30a, 30b, 30c, a partir de los cuales un reconstructor 32 (o una función de reconstructor 32) puede reconstruir en cada caso un polinomio (o función de polinomios) 34a, 34b, 34c. Los datos en los conjuntos de datos 30a, 30b, 30c pueden comprender por ejemplo los coeficientes de los polinomios 34a, 34b, 34c. Entonces, la unidad de evaluación 16 inserta los coeficientes de escenario actuales 36, que por ejemplo se basan en los datos de sensor de los sensores 18, en los polinomios 34a, 34b, 34 y los evalúa, para calcular los valores para el indicador 24a, 24b, 24c correspondiente.

Una variación en los datos de rendimiento del efector 12, debidos por ejemplo a otro tipo de efector 12, requiere por regla general el nuevo cálculo de todos los conjuntos de datos 30a, 30b, 30c, es decir, de al menos un conjunto de datos 30a, 30b, 30c por cada indicador 24a, 24b, 24c. En el marco de la precisión finita de un sistema en tiempo real los errores de las aproximaciones individuales pueden dar lugar además a una visualización 20 poco consistente.

La figura 4 muestra un modelo funcional de una unidad de evaluación 16 que, basándose en un único conjunto de datos 38, determina los indicadores 24a, 24b, 24c, 24d. Un reconstructor 40 (o una función de reconstructor 40) reconstruye una representación global 42 a partir del conjunto de datos 38, que con ayuda de un configurador (o una función de configurador) 44, recurriendo a los parámetros de escenario actuales 36 se convierte en una representación 44a, 44b, 44c, 44d, que está adaptada al correspondiente indicador 24a, 24b, 24c, 24d. Los valores para los indicadores individuales 24a, 24b, 24c, 24d se determinan entonces con un extractor (o una función de extractor) 48 a partir de la correspondiente representación reducida 46a, 46b, 46c, 46d.

En general la representación global 42 puede ser una función, que tiene los diferentes parámetros de escenario 36 como valores de entrada y que emite un valor de salida, que indica si el sistema de armas 10 o el efector 12 impacta o no. El valor de salida puede ser por ejemplo un número entre 0 y 1. La representación global 42 puede ser una red neuronal artificial 42. En el conjunto de datos 38 pueden estar almacenados los pesos de la red neuronal 42 y adicionalmente su estructura, con los que el reconstructor 40 puede generar la red neuronal 42. Del mismo modo, las representaciones reducidas 46a, 46b, 46c, 46d pueden ser redes neuronales artificiales 46a, 46b, 46c, 46d, que se basan en redes parciales de la red neuronal global 42, determinadas mediante reducción de la red neuronal global 42.

En general, cada una de las representaciones reducidas 46a, 46b, 46c, 46d de manera análoga a la representación global 42 puede ser una función, que tiene (unos pocos) parámetros de escenario 36 como valores de entrada y que emite un valor de salida de manera correspondiente a la representación global 42. Por ejemplo puede generarse una representación reducida 46a, 46b, 46c, 46d a partir de la representación global 42, asignándose previamente a determinadas magnitudes de entrada parámetros de escenario actuales 36.

Entonces, el extractor 48 para cada representación reducida 46a, 46b, 46c, 46d puede aproximarse a una función (sencilla), que con las mismas magnitudes de entrada genera esencialmente el mismo valor de salida que la correspondiente representación. Los parámetros o coeficientes de esta función de aproximación pueden utilizarse entonces como valores de indicador o el correspondiente indicador 24a, 24b, 24c, 24d puede determinarse basándose en estos coeficientes o parámetros.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento para determinar y visualizar un indicador. El procedimiento representado en la figura 5 puede realizarse automáticamente con una unidad de evaluación 16 del sistema de armas 10 en tiempo real. Por ejemplo la unidad de evaluación 16 puede presentar un procesador, en el que se ejecuta un programa informático, que puede realizar las etapas descritas a continuación.

- 5 En la etapa S10 se determinan parámetros de escenario 36, como por ejemplo una altura de vuelo del sistema de armas 10, una actitud de vuelo del sistema de armas 10 y/o una distancia relativa con respecto al blanco 22. Puede ocurrir por ejemplo basándose en datos de sensor de los sensores 18 y en datos adicionales, como por ejemplo la posición del blanco 14 deseado, introducida por ejemplo por el piloto del sistema de armas 10.
- 10 En la etapa S12 se genera la representación global 42 del sistema de armas 10. Por ejemplo el reconstructor 40 puede cargar coeficientes o parámetros de una función a partir del conjunto de datos 38 y reconstruir esta función.
- 15 Como ya se indicó, para el modelado de la representación global 42 puede utilizarse una red neuronal artificial 42. En los espacios de parámetros de grandes dimensiones, que se obtienen para un modelado adecuado de un sistema de armas complejo 10, mediante el entrenamiento de una red neuronal artificial 42 de este tipo para obtener un clasificador de rendimiento, es decir, una representación global, pueden representarse relaciones implícitas entre las magnitudes de influencia decisivas, es decir, los parámetros de escenario 36 del sistema de armas. La representación global 42 así obtenida puede servir de fuente de datos única para la generación de los indicadores 24a, 24b, 24c, 24d. A este respecto, la red neuronal artificial 42 puede formarse por el reconstructor 40 a partir del conjunto de datos 38, en el que pueden estar almacenados los pesos y/o la estructura de la red neuronal.
- 20 El modelado del conjunto de datos 38 mediante un algoritmo de reconstructor 40 genérico, independiente del tipo de efector 12 permite generalizar el formato de datos utilizado en el sistema en tiempo real y la implementación de un reconstructor 40 genérico de manera correspondiente, que entonces en relación con el conjunto de datos específico del efector 38 puede modelar funcionalmente la capacidad del sistema de armas 10.
- 25 La figura 6 muestra esquemáticamente una red neuronal 42, que se ha generado por un reconstructor 40. La red neuronal 42 puede comprender una pluralidad de nodos 52 o neuronas 52, nodos de entrada 54 y un nodo de salida 56. Los nodos 52 están unidos por medio de uniones 58, que pueden estar ponderadas.
- 30 En la etapa S14 de la figura 5 se reduce la representación global del sistema de armas 10 con ayuda de los parámetros de escenario 36 determinados en la etapa S10.
- 35 Para a partir de la representación global 42 en tiempo real derivar indicadores 26a, 26b, 26c, 26d, es decir, aclarar cuestiones específicas con respecto a un escenario actual, la representación global 42 puede reducirse mediante una configuración previa (mediante el configurador 44) a una función específica del escenario, que reproduce un subespacio.
- 40 La figura 6 ilustra esta etapa en el caso de aplicar una red neuronal 42. La red neuronal 46a se ha formado porque la red neuronal 42 se hizo más pequeña. Para ello se fijaron los valores de entrada de dos neuronas de entrada 54 y se distribuyeron los valores de salida de estas neuronas también fijados de este modo por las demás neuronas 52 y sus pesos.
- 45 Mediante la reducción de la representación global 42 o hacer más pequeña la red neuronal artificial 42 para obtener la red neuronal artificial 46a, esta etapa también puede llevar a una optimización del tiempo de ejecución durante el cálculo de los indicadores 24a, 24b, 24c, porque en este caso tiene que partirse de una evaluación repetida de la representación reducida 46a durante la aproximación en la siguiente etapa S16.
- 50 En la etapa S16 de la figura 5 se utiliza una representación reducida 46a, 46b, 46c, 46d para generar una función de aproximación 62, a partir de cuyos parámetros de función pueden generarse entonces valores de indicador.
- 55 Por ejemplo es posible entrenar una red neuronal artificial pequeña 60 como se representa por ejemplo en la figura 6 para, a partir de los mismos valores de entrada que la red neuronal artificial 46a generar aproximadamente los mismos valores de salida. La red neuronal artificial pequeña 60 presenta para ello el mismo número de nodos de entrada 54 que la red neuronal artificial 46a y un único nodo de salida 58, aunque a diferencia de la red neuronal artificial 46a tiene sólo un único nodo, que tiene la función de hallar para la función de aproximación 62 un *Best-Fit* (es decir, un ajuste óptimo) para los parámetros de la función de aproximación 62.
- 60 La figura 7 muestra un diagrama, con el que se describirá la aproximación de valores de indicador, por ejemplo con la red neuronal artificial pequeña 60 a modo de ejemplo.
- 65 La figura 7 muestra una sección transversal o subespacio 64 a través de un espacio de parámetros 66 de parámetros de escenario, estando definido el subespacio 64 por el ángulo de elevación β y el ángulo azimutal α . El ángulo azimutal α puede ser el ángulo entre la dirección de movimiento actual del sistema de armas 10 y un plano perpendicular a través del blanco 14 visualizado. El ángulo de elevación β puede ser el ángulo entre la dirección de movimiento actual del sistema de armas 10 y el horizonte.
- El espacio de parámetros global 66 se define por parámetros de escenario adicionales, fijados en el ejemplo de la figura 7. El espacio de parámetros 66 así como el subespacio 64 presentan un campo parcial 68, en el que impacta el sistema de armas 10. Por ejemplo la representación global 42, que obtiene los parámetros de escenario de un

punto dentro del campo parcial 68 como valores de entrada, emite el valor de salida 1. Fuera del campo parcial 68 la representación global 42 emite por ejemplo el valor 0. Lo mismo ocurre por ejemplo para la representación reducida 46a, que obtiene el ángulo azimutal α y el ángulo de elevación β como valores de entrada.

5 El campo parcial 68 puede definirse por la cantidad de todos los puntos, con los que la representación global 42 o la representación reducida 46a emite el valor 1.

El campo parcial 68 o la representación reducida 46a se aproxima ahora por ejemplo mediante la función circular 62 como función de aproximación 62, que puede describirse con la fórmula

10

$$f(h, \alpha) = \text{sqrt}((\beta - \beta_s)^2 + (\alpha - \alpha_s)^2) - r$$

A este respecto, los parámetros de la función 62 son el ángulo de elevación óptimo β_s , el ángulo azimutal óptimo α_s y el radio r del círculo.

15

La aproximación o el ajuste óptimo puede producirse porque el disco circular definido por la función 62 presenta un radio r lo más grande posible y se sitúa completamente en el campo parcial 68. Con un procedimiento iterativo puede generarse por ejemplo un ajuste óptimo de la función de aproximación 62 a la representación previamente configurada o reducida 46a. Por ejemplo puede entrenarse la red neuronal artificial pequeña 60 para generar los mismos valores de salida que la red neuronal artificial reducida 46a, correlacionando la única neurona intermedia de la red pequeña 60 a este respecto sus valores de entrada basándose en la función 62.

20

Con los valores así obtenidos de los parámetros β_s , α_s y r de la función de aproximación 62 entonces pueden calcularse los valores buscados para uno o varios indicadores 24a, 24b. Por ejemplo, la posición del símbolo de control 24b puede basarse en la diferencia del ángulo de elevación actual y del ángulo de elevación óptimo β_s así como la diferencia del ángulo azimutal actual y del ángulo azimutal óptimo α_s . El radio del círculo 24a puede basarse en el parámetro r de la función de aproximación 62.

25

Los indicadores 24a, 24b obtenidos con la función de aproximación 62 también son consistentes entre sí de manera lógica, porque la elección de la función circular garantiza que α_s y β_s siempre estén dispuestos de manera relativamente centrada en el campo parcial 68. En caso de que α_s y β_s se sitúen cerca del borde del campo parcial 68 (porque el campo parcial 68 por ejemplo tiene un diámetro reducido en una dirección), r también se vuelve correspondientemente pequeño, de modo que también en este caso puede obtenerse una imagen global concluyente.

30

En la etapa S18 de la figura 5 se visualizan los indicadores determinados 24a, 24b por ejemplo en la cabina 12 del sistema de armas 10.

35

Las etapas S14 a S18 pueden repetirse para una pluralidad de indicadores.

40

Como cada uno de los indicadores 24a, 24b, 24c, 24d se obtiene a partir de la misma representación global 42 o el mismo conjunto de datos 38, los indicadores 24a, 24b, 24c, 24d son consistentes entre sí.

45

En función del algoritmo utilizado el procedimiento puede aplicarse independientemente de la forma de la base de datos 38 disponible para el modelado de la representación global 42 y automatizarse completamente este proceso.

50

La figura 8 muestra un diagrama de flujo para un procedimiento para determinar una representación global 42 de un sistema de armas 10.

55

En la etapa S20 a partir de una pluralidad de parámetros de escenario (por ejemplo velocidad, posición, ubicación) se determina mediante simulación si el sistema de armas 10 impacta o no. Para ello se utiliza un modelo de simulación 70 que por ejemplo puede suministrar el fabricante de armas del efector 12. Los resultados de la simulación son una pluralidad de puntos en el espacio de parámetros, para los cuales se determinó si el sistema de armas 10 impacta o no. Esta base de datos puede utilizarse o bien como datos de aprendizaje 72 o bien como datos de comparación 74.

60

En la etapa S22 con ayuda de un generador (que por ejemplo entrena una red neuronal artificial) se genera el conjunto de datos 38, que con un reconstructor 40 en la etapa S24 puede pasarse de nuevo a una red neuronal artificial 42.

65

En la etapa S23 es posible modificar y mejorar el generador y el reconstructor 40 debido a requisitos operativos, por ejemplo con respecto al sistema de armas 10.

70

En la etapa S26 se comparan la salida de la red neuronal artificial 42 generada mediante el reconstructor 40 y se comparan los datos de comparación 74, para comprobar si la salida de la red neuronal artificial 42 coincide lo suficiente con los datos simulados.

5 En este caso el reconstructor 40, el conjunto de datos 38 así como los indicadores 24a, 24b, 24c, 24d se implementan en la etapa S28 en el sistema de armas 10 (teniendo en cuenta requisitos operativos) y en la etapa S30 se someten a prueba con el hardware del sistema de armas 10. A este respecto, en la etapa S32 se comprueba si los indicadores generados 24a, 24b, 24c, 24d coinciden con la precisión suficiente con los datos de comparación 74.

10 En caso de que la salida de la red neuronal artificial 42 no coincida lo suficiente con los datos de comparación 74, entonces el generador y el reconstructor 40 pueden adaptarse en la etapa S23.

15 Así, en conjunto, la base de datos obtenida a partir del modelo de simulación 70 se divide en un conjunto de datos de aprendizaje 72 y un conjunto de datos de prueba 74, de modo que tras la generación de la representación 42 puede producirse una comparación directa con el modelo 70. Las etapas S20, S22, S23, S24 no requieren todavía una integración en el sistema de armas 10 y permiten la verificación del conjunto de datos específico del efector 38 en la etapa S26 de manera aislada. La verificación del conjunto de datos generado 38 es en general independiente de cambios en los requisitos operativos 76, que por ejemplo pueden afectar a la visualización de los indicadores 24a, 24b, 24c.

20 Para la verificación de los algoritmos en tiempo real implementados en la etapa S28 en el sistema de armas se produce la comparación de los indicadores 24a, 24b 24c, 24d con los datos de comparación 74. También esta etapa puede entenderse como proceso de verificación independiente y no tiene que repetirse con una adaptación limitada a la representación global 42. La implementación o la modificación de los indicadores 24a, 24b, 24c puede hacerse así independiente de la creación o modificación del conjunto de datos 38.

25 De manera complementaria se indicará que “comprender” no excluye otros elementos o etapas y que “un” o “una” no excluye una pluralidad. Además se indicará que las características o etapas descritas con referencia a uno de los ejemplos de realización anteriores también pueden utilizarse en combinación con otras características o etapas de otros ejemplos de realización descritos anteriormente. Los números de referencia en las reivindicaciones no se consideraran limitativos.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar un indicador (24a, 24b, 24c, 24d) para la probabilidad de impacto de un sistema de armas (10), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5 determinar parámetros de escenario (36) del sistema de armas (10);
- reducir una representación global (42) del sistema de armas (10) a una representación (46a, 46b, 46c, 46d) adaptada a un indicador (24a, 24b, 24c, 24d) basándose en parámetros de escenario determinados, basándose la
- 10 representación global en una red neuronal artificial (42) y aproximándose a un campo parcial (68) de un espacio de parámetros de parámetros de escenario, que está formado por parámetros de escenario, con los que impacta el sistema de armas (10), y basándose la representación reducida (46a) en una red neuronal artificial, que se genera haciendo más pequeña la red neuronal artificial de la representación global (42), porque a neuronas de entrada (54) de la red neuronal artificial (42) de la representación global (42) se asignan previamente parámetros de escenario
- 15 asociados con el indicador (24a, 24b, 24c, 24d);
- determinar el indicador (24a, 24b, 24c, 24d) basándose en la representación reducida.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los parámetros de escenario (36) comprenden una
- 20 posición y/o una ubicación del sistema de armas con respecto a un blanco sobre el que debe impactarse.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de:
- generar la representación global (42) a partir de parámetros, que están almacenados en un conjunto de datos (38).
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además las etapas de:
- reducir la representación global (42) a varias representaciones (46a, 46bb, 46c, 46d) asociadas a diferentes
- 30 indicadores (24a, 24b, 24c, 24d);
- determinar una pluralidad de indicadores (24a, 24b, 24c, 24d) basándose en las representaciones reducidas y los parámetros de escenario actuales (36).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además las etapas de:
- 35 aproximarse a la representación reducida (46a) con una función de aproximación (62),
- determinar el indicador (24a, 24b, 24c, 24d) a partir de parámetros de función de la función de aproximación (62).
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la función de aproximación (62) se determina entrenando una red neuronal artificial (60), que después del entrenamiento proporciona un resultado analógico como la representación reducida (46a).
7. Programa informático para determinar un indicador (24a, 24b, 24c, 24d) para la probabilidad de impacto de
- 45 un sistema de armas (10) que, cuando se ejecuta en un procesador, hace que el procesador realice las etapas del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Medio legible por ordenador, en el que está almacenado un programa informático según la reivindicación 7.
- 50 9. Sistema de armas (10), que comprende:
- un efector (12),
- sensores (18) para determinar parámetros de escenario (36);
- 55 una unidad de evaluación (16), que está configurada para realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6.

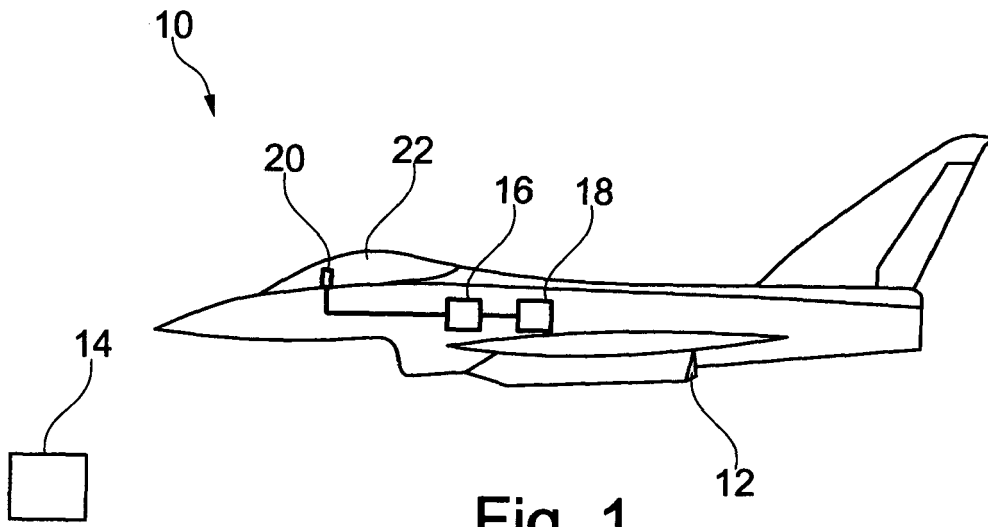


Fig. 1

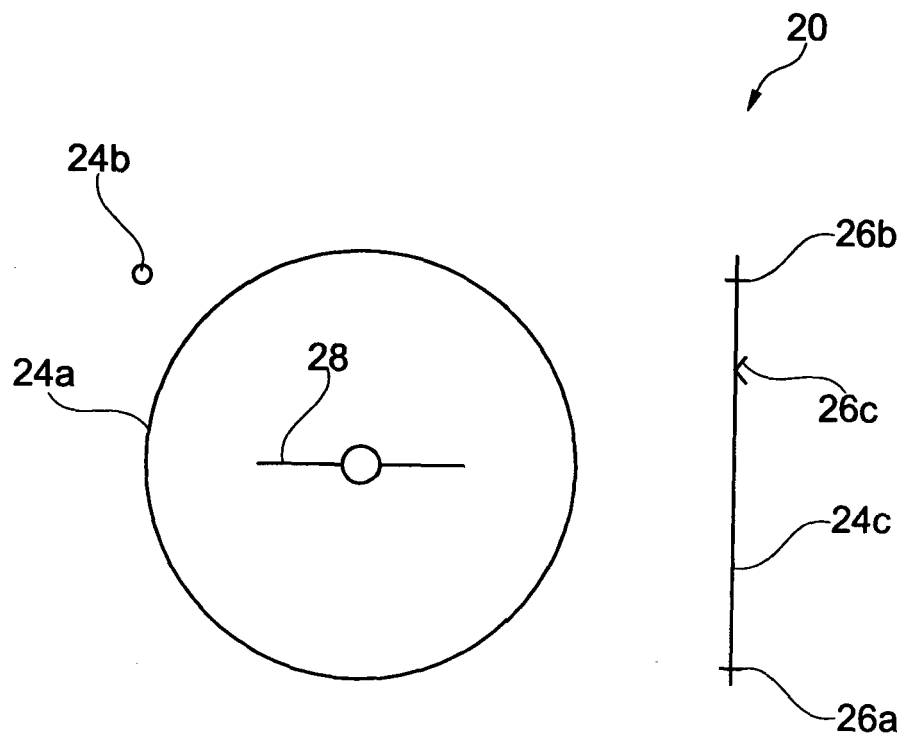


Fig. 2

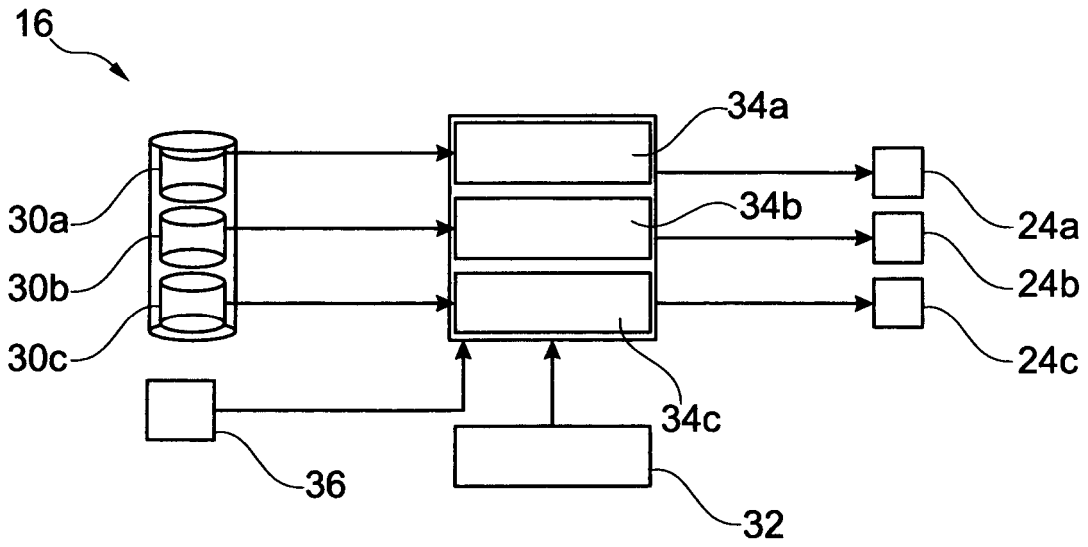


Fig. 3

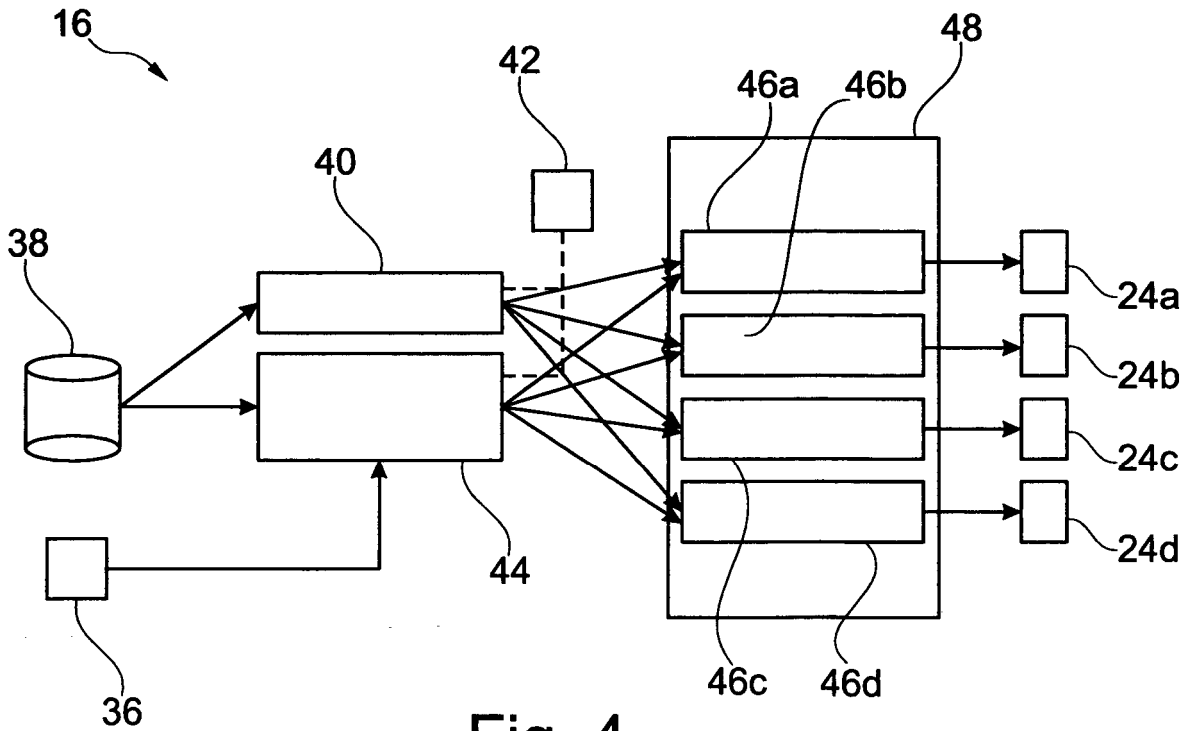


Fig. 4

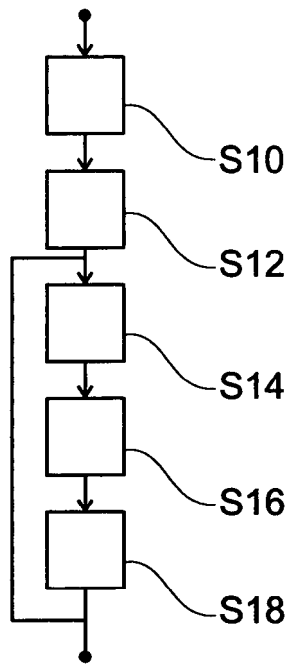


Fig. 5

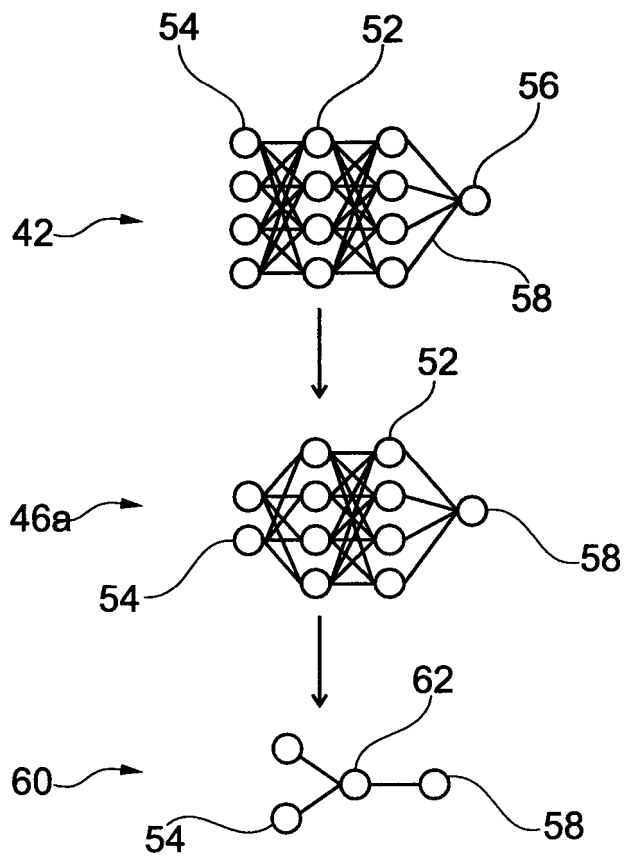


Fig. 6

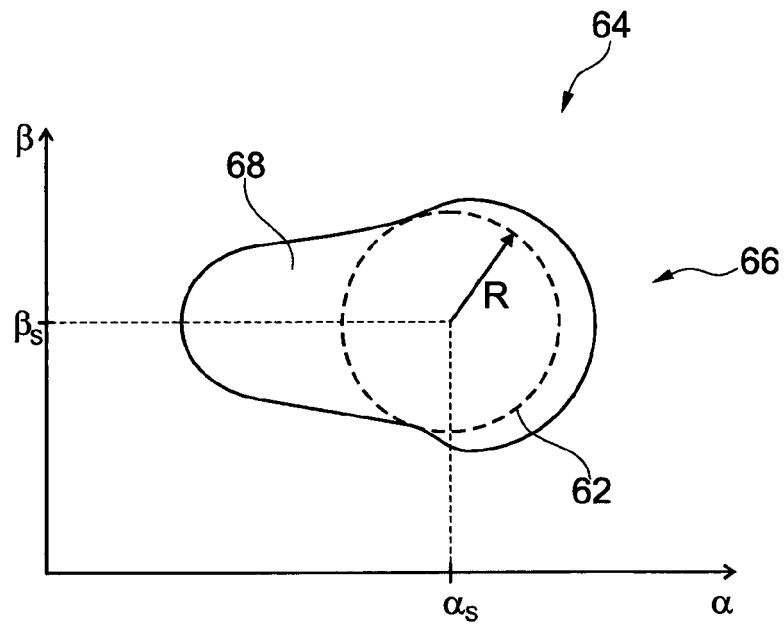


Fig. 7

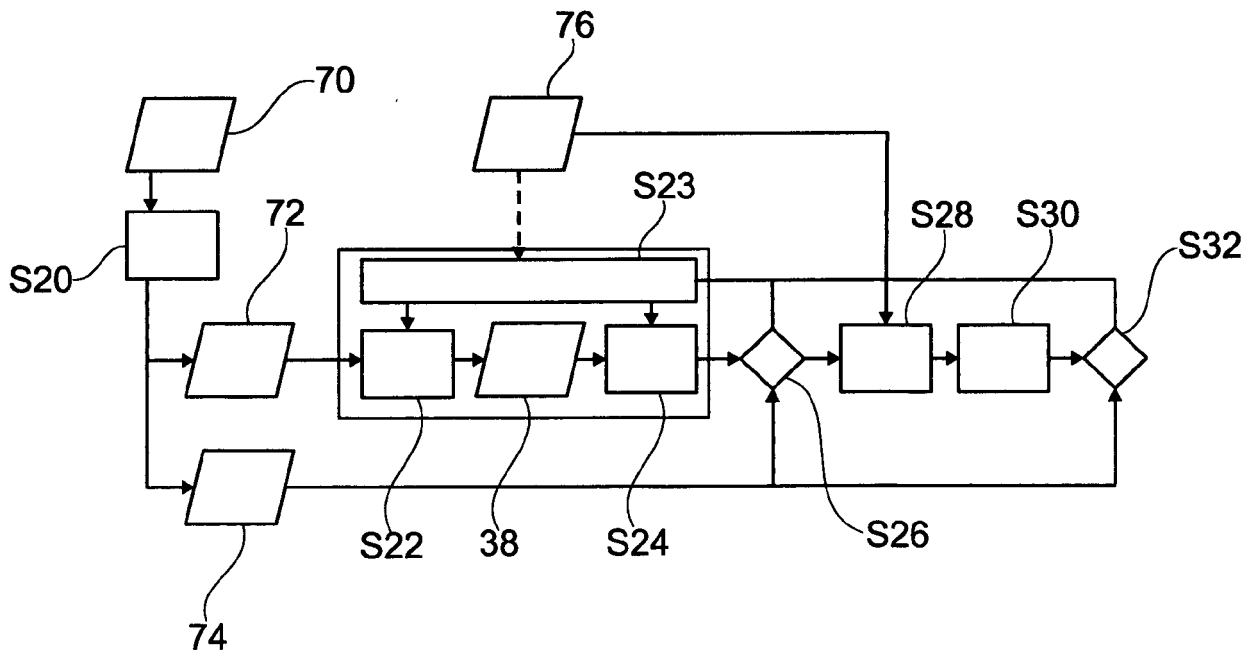


Fig. 8