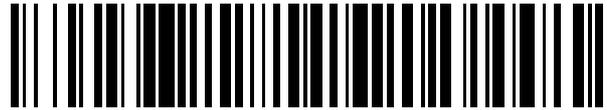


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 152**

51 Int. Cl.:

**G06N 3/08** (2006.01)

**G06N 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2016 PCT/US2016/015476**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2016 WO16123409**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2016 E 16704121 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 3251059**

54 Título: **Capas de normalización por lotes**

30 Prioridad:

**28.01.2015 US 201562108984 P**

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

**27.05.2019**

73 Titular/es:

**GOOGLE LLC (100.0%)  
1600 Amphitheatre Parkway  
Mountain View, CA 94043, US**

72 Inventor/es:

**IOFFE, SERGEY y  
CORTES, CORINNA**

74 Agente/Representante:

**RIZZO , Sergio**

ES 2 714 152 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

Capas de normalización por lotes

## ANTECEDENTES

5 **[0001]** Esta memoria se refiere al procesamiento de entradas a través de las capas de redes neuronales para generar salidas.

10 **[0002]** Las redes neuronales son modelos de aprendizaje automático que emplean una o más capas de unidades no lineales para predecir una salida para una entrada recibida. Algunas redes neuronales incluyen una o más capas ocultas además de una capa de salida. La salida de cada capa oculta se utiliza como entrada para la siguiente capa de la red, es decir, la siguiente capa oculta o la capa de salida. Cada capa de la red genera una salida a partir de una entrada recibida de conformidad con los valores actuales de un respectivo conjunto de parámetros. En Gulcehre et al: "Knowledge Matters: Importance of Prior Information for Optimization", 13 julio 2013, <http://arxiv.org/pdf/1301.4083v6.pdf> se describió el uso de la normalización en la capa de salida de una red neuronal para fomentar activaciones dispersas.

## SUMARIO

15 **[0003]** En general, un aspecto innovador del objeto descrito en la presente memoria puede estar incorporado en un sistema de red neuronal implementado por uno o más ordenadores que incluye una capa de normalización por lotes entre una primera capa de red neuronal y una segunda capa de red neuronal, en el que la primera capa de red neuronal genera primeras salidas de capa presentando una pluralidad de componentes, donde la capa de normalización por lotes está configurada para, durante el entrenamiento del sistema de red neuronal con un lote de ejemplos de entrenamiento: recibir una respectiva primera salida de capa para cada ejemplo de entrenamiento del lote; calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para el lote a partir de las primeras salidas de capa; normalizar cada componente de cada primera salida de capa utilizando las estadísticas de normalización para generar una respectiva salida de capa normalizada para cada ejemplo de entrenamiento del lote; generar una respectiva salida de la capa de normalización por lotes para cada uno de los ejemplos de entrenamiento a partir de las salidas de capa normalizadas; y proporcionar la salida de la capa de normalización por lotes como una entrada a la segunda capa de red neuronal.

20 **[0004]** Para un sistema de uno o más ordenadores, estar configurado para realizar operaciones o acciones concretas significa que el sistema ha instalado en él *software*, *firmware*, *hardware*, o una combinación de estos que en funcionamiento hacen que el sistema lleve a cabo las operaciones o acciones. Para uno o más programas informáticos, estar configurado para realizar operaciones o acciones concretas significa que el uno o más programas incluyen instrucciones que, cuando son ejecutadas por un aparato de procesamiento de datos, hacen que el aparato realice las operaciones o acciones.

25 **[0005]** Los modos de realización concretos del objeto descrito en la presente memoria pueden implementarse a fin de alcanzar una o más de las siguientes ventajas. Un sistema de red neuronal que incluye una o más capas de normalización por lotes puede entrenarse más rápidamente que una red neuronal por lo demás idéntica que no incluya ninguna capa de normalización por lotes. Por ejemplo, al incluir una o más capas de normalización por lotes en el sistema de red neuronal, pueden mitigarse los problemas causados por la distribución de salidas de una capa concreta que cambian durante el entrenamiento. Esto puede permitir que se utilicen de manera efectiva ritmos de aprendizaje más altos durante el entrenamiento y pueden reducir el impacto de cómo se inicializan los parámetros en el proceso de entrenamiento. De forma adicional, durante el entrenamiento, las capas de normalización por lotes pueden actuar como un regularizador y pueden reducir la necesidad de que otras técnicas de regularización, como el *dropout*, se empleen durante el entrenamiento. Una vez entrenado, el sistema de red neuronal que incluye una capa de normalización puede generar salidas de red neuronal que son tan precisas, si no más, que las salidas de red neuronal generadas por el sistema de red neuronal por lo demás idéntico.

30 **[0006]** Los detalles de uno o más modos de realización del objeto de esta memoria se exponen en los dibujos adjuntos y en la siguiente descripción. Otras características, aspectos, y ventajas del objeto de la invención resultarán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones. La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas. Los modos de realización que no están dentro del alcance de las reivindicaciones no describen parte de la presente invención.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

**[0007]**

La FIG. 1 muestra un sistema de red neuronal de ejemplo.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para procesar una entrada utilizando una capa de normalización por lotes durante el entrenamiento del sistema de red neuronal.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo para procesar una entrada utilizando una normalización por lotes después de que el sistema de red neuronal se haya entrenado.

**[0008]** Números de referencia y denominaciones similares en los diferentes dibujos indican elementos similares.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 5 **[0009]** Esta memoria describe un sistema de red neuronal implementado como programas informáticos en uno o más ordenadores en una o más ubicaciones que incluye una capa de normalización por lotes.
- [0010]** La FIG. 1 muestra un sistema de red neuronal 100 de ejemplo. El sistema de red neuronal 100 es un ejemplo de un sistema implementado como programas informáticos en uno o más ordenadores en una o más ubicaciones, en el que pueden implementarse los sistemas, componentes, y técnicas descritas a continuación.
- 10 **[0011]** El sistema de red neuronal 100 incluye múltiples capas de red neuronal que se disponen en una secuencia desde la capa más baja en la secuencia hasta la capa más alta en la secuencia. El sistema de red neuronal genera salidas de red neuronal a partir de entradas de red neuronal al procesar las entradas de red neuronal a través de cada una de las capas de la secuencia.
- [0012]** El sistema de red neuronal 100 puede estar configurado para recibir cualquier tipo de entrada de datos digitales y para generar cualquier tipo de salida de clasificación o puntuación basándose en la entrada.
- 15 **[0013]** Por ejemplo, si las entradas al sistema de red neuronal 100 son imágenes o características que se han extraído de imágenes, la salida generada por el sistema de red neuronal 100 para una imagen concreta puede ser puntuaciones para cada uno de un conjunto de categorías de objeto, con cada puntuación representando una probabilidad estimada de que la imagen contenga una imagen de un objeto que pertenezca a la categoría.
- 20 **[0014]** Como otro ejemplo, si las entradas al sistema de red neuronal 100 son recursos de Internet (por ejemplo, páginas web), documentos o partes de documentos o características extraídas de recursos de Internet, documentos o partes de documentos, la salida generada por el sistema de red neuronal 100 para un recurso de Internet, documento, o parte de un documento determinado puede ser una puntuación para cada uno de un conjunto de materias, con cada puntuación representando una probabilidad estimada de que el recurso de Internet, documento o parte de un documento sea sobre ese materia.
- 25 **[0015]** Como otro ejemplo, si las entradas al sistema de red neuronal 100 son características de un contexto de impresiones para un anuncio en concreto, la salida generada por el sistema de red neuronal 100 puede ser una puntuación que represente una probabilidad estimada de que se haga clic en el anuncio en concreto.
- [0016]** Como otro ejemplo, si las entradas al sistema de red neuronal 100 son características de una recomendación personalizada para un usuario, por ejemplo, características que determinan el contexto para la recomendación, por ejemplo, características que determinan acciones previas realizadas por el usuario, la salida generada por el sistema de red neuronal 100 puede ser una puntuación para cada uno de un conjunto de artículos de contenido, con cada puntuación representando una probabilidad estimada de que el usuario responda favorablemente a que se le recomiende el artículo de contenido.
- 30 **[0017]** Como otro ejemplo, si la entrada del sistema de red neuronal 100 es texto en un idioma, la salida generada por el sistema de red neuronal 100 puede ser una puntuación para cada una de un conjunto de piezas de texto en otro idioma, con cada puntuación representando una probabilidad estimada de que la pieza de texto en el otro idioma sea una traducción adecuada del texto de entrada al otro idioma.
- [0018]** Como otro ejemplo, si la entrada al sistema de red neuronal 100 es un enunciado oral, una secuencia de enunciados orales, o características derivadas de uno de los dos, la salida generada por el sistema de red neuronal 100 puede ser una puntuación para cada una de un conjunto de piezas de texto, representando cada puntuación una probabilidad estimada de que la pieza de texto sea la transcripción correcta del enunciado o conjunto de enunciados.
- 40 **[0019]** Como otro ejemplo, el sistema de red neuronal 100 puede formar parte de un sistema de autocompletado o de un sistema de procesamiento de textos.
- 45 **[0020]** Como otro ejemplo, el sistema de red neuronal 100 puede formar parte de un sistema de aprendizaje de refuerzo y puede generar salidas utilizadas para seleccionar acciones que serán realizadas por un agente que interactúe con un entorno.
- [0021]** En particular, cada una de las capas de la red neuronal está configurada para recibir una entrada y generar una salida a partir de la entrada, y las capas de red neuronal procesan de manera colectiva las entradas de red neuronal recibidas por el sistema de red neuronal 100 para generar una respectiva salida de red neuronal para cada una de las entradas de la red neuronal recibidas. Algunas o todas las capas de red neuronal de la secuencia generan salidas a partir de entradas de conformidad con valores actuales de un conjunto de parámetros para la capa de red neuronal. Por ejemplo, algunas capas pueden multiplicar la entrada recibida por una matriz de valores de parámetros actuales como parte de la generación de una salida a partir de la entrada recibida.
- 50
- 55

5 **[0022]** El sistema de red neuronal 100 también incluye una capa de normalización por lotes 108 entre una capa de red neuronal A 104 y una capa de red neuronal B 112 en la secuencia de capas de red neuronal. La capa de normalización por lotes 108 está configurada para realizar un conjunto de operaciones en entradas recibidas de la capa de red neuronal A 104 durante el entrenamiento del sistema de red neuronal 100 y otro conjunto de operaciones en entradas recibidas de la capa de red neuronal A 104 después de que el sistema de red neuronal 100 se haya entrenado.

10 **[0023]** En concreto, el sistema de red neuronal 100 puede entrenarse con múltiples lotes de ejemplos de entrenamiento a fin de determinar los valores entrenados de los parámetros de las capas de red neuronal. Un lote de ejemplos de entrenamiento es un conjunto de múltiples ejemplos de entrenamiento. Por ejemplo, durante el entrenamiento, el sistema de red neuronal 100 puede procesar un lote de ejemplos de entrenamiento 102 y generar una respectiva salida de red neuronal para cada ejemplo de entrenamiento del lote 102. Luego, las salidas de red neuronal pueden utilizarse para ajustar los valores de los parámetros de las capas de red neuronal de la secuencia, por ejemplo, mediante técnicas convencionales de entrenamiento de red neuronal por retropropagación y por descenso de gradiente.

15 **[0024]** Durante el entrenamiento del sistema de red neuronal 100 con un lote determinado de ejemplos de entrenamiento, la capa de normalización por lotes 108 se configura para recibir las salidas de la capa A 106 generadas por la capa de red neuronal A 104 para los ejemplos de entrenamiento del lote, procesar las salidas de la capa A 106 para generar una respectiva salida de la capa de normalización por lotes 110 para cada ejemplo de entrenamiento del lote, y luego proporcionar las salidas de la capa de normalización por lotes 110 como una entrada a la capa de red neuronal B 112. Las salidas de la capa A 106 incluyen una salida respectiva generada por la capa de red neuronal A 104 para cada ejemplo de entrenamiento del lote. De manera similar, las salidas de la capa de normalización por lotes 110 incluyen una salida respectiva generada por la capa de normalización por lotes 108 para cada ejemplo de entrenamiento del lote.

20 **[0025]** En general, la capa de normalización por lotes 108 calcula un conjunto de estadísticas de normalización para el lote a partir de las salidas de la capa A 106, normaliza las salidas de la capa A 106 para generar una respectiva salida normalizada para cada ejemplo de entrenamiento del lote, y, de manera opcional, transforma cada una de las salidas normalizadas antes de proporcionar las salidas como entradas a la capa de red neuronal B 112.

25 **[0026]** Las estadísticas de normalización calculadas por la capa de normalización por lotes 108 y la manera en la que la capa de normalización por lotes 108 normaliza las salidas de la capa A 106 durante el entrenamiento depende de la naturaleza de la capa de normalización por lotes A 104 que genera las salidas de la capa A 106.

30 **[0027]** En algunos casos, la capa de red neuronal A 104 es una capa que genera una salida que incluye múltiples componentes indexados por dimensión. Por ejemplo, la capa de red neuronal A 104 puede ser una capa de red neuronal completamente conectada. No obstante, en algunos otros casos, la capa de red neuronal A 35 104 es una capa convolucional u otro tipo de capa de red neuronal que genera una salida que incluye múltiples componentes que están cada uno indexados por un índice de característica y por un índice de ubicación espacial. La generación de la salida de la capa de normalización por lotes durante el entrenamiento del sistema de red neuronal 100 en cada uno de estos dos casos se describe con más detalle a continuación haciendo referencia a la FIG. 2.

40 **[0028]** Una vez que se haya entrenado el sistema de red neuronal 100, el sistema de red neuronal 100 puede recibir una nueva entrada de red neuronal para su procesamiento y procesar la entrada de red neuronal a través de las capas de red neuronal para generar una nueva salida de red neuronal para la entrada de conformidad con los valores entrenados de los parámetros de los componentes del sistema de red neuronal 100. Las operaciones llevadas a cabo por la capa de normalización por lotes 108 durante el procesamiento de la nueva entrada de red 45 neuronal también depende de la naturaleza de la capa de red neuronal A 104. El procesamiento de una nueva entrada de red neuronal después de que el sistema de red neuronal 100 haya sido entrenado se describirá con más detalle a continuación haciendo referencia a la FIG. 3.

50 **[0029]** La capa de normalización por lotes 108 puede estar incluida en varias ubicaciones en la secuencia de capas de red neuronal y, en algunas implementaciones, pueden incluirse múltiples capas de normalización por lotes en la secuencia.

55 **[0030]** En el ejemplo de la FIG. 1, en algunas implementaciones, la capa de red neuronal A 104 genera salidas al modificar entradas a la capa de conformidad con valores actuales de un conjunto de parámetros para la primera capa de red neuronal, por ejemplo, multiplicando la entrada a la capa por una matriz de los valores de los parámetros actuales. En estas implementaciones, la capa de red neuronal B 112 puede recibir una salida de la capa de normalización por lotes 108 y generar una salida al aplicar una operación no lineal, es decir, una función de activación no lineal, a la salida de la capa de normalización por lotes. Por lo tanto, en estas implementaciones, la capa de normalización por lotes 108 se inserta dentro de una capa de red neuronal convencional, y las operaciones de la capa de red neuronal convencional se dividen entre la capa de red neuronal A 104 y la capa de red neuronal B 112.

**[0031]** En algunas otras implementaciones, la capa de red neuronal A 104 genera las salidas al modificar entradas de capas conforme a valores actuales de un conjunto de parámetros para generar unas primeras entradas de capa modificadas y luego aplicar una operación no lineal a las primeras entradas de capa modificadas antes de proporcionar la salida a la capa de normalización por lotes 108. Por consiguiente, en estas implementaciones, la capa de normalización por lotes 108 se inserta tras una capa de red neuronal convencional en la secuencia.

**[0032]** La FIG. 2 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo 200 para generar una salida de la capa de normalización por lotes durante el entrenamiento de una red neuronal con un lote de ejemplos de entrenamiento. Por conveniencia, el proceso 200 se describirá como que se lleva a cabo por un sistema de uno o más ordenadores situados en una o más ubicaciones. Por ejemplo, una capa de normalización por lotes incluida en un sistema de red neuronal, por ejemplo, la capa de normalización por lotes 108 incluida en el sistema de red neuronal 100 de la FIG. 1, programado de manera apropiada, puede llevar a cabo el proceso 200.

**[0033]** La capa de normalización por lotes recibe salidas de capas inferiores para el lote de ejemplos de entrenamiento (paso 202). Las salidas de capas inferiores incluyen una salida respectiva generada para cada ejemplo de entrenamiento del lote por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes en la secuencia de capas de red neuronal.

**[0034]** La capa de normalización por lotes genera una respectiva salida normalizada para cada uno de los ejemplos de entrenamiento del lote (paso 204). Esto es, la capa de normalización por lotes genera una respectiva salida normalizada de cada una de las salidas de capa inferior recibidas.

**[0035]** En algunos casos, la capa de debajo de la capa de normalización por lotes es una capa que genera una salida que incluye múltiples componentes indexados por dimensión.

**[0036]** En estos casos, la capa de normalización por lotes calcula, para cada dimensión, la desviación estándar y media de los componentes de las salidas de capas inferiores que se corresponden con la dimensión. Después, la capa de normalización por lotes normaliza cada componente de cada una de las salidas de niveles inferiores utilizando las desviaciones estándar y medias para generar una respectiva salida normalizada para cada uno de los ejemplos de entrenamiento del lote. En concreto, para un componente determinado de una salida determinada, la capa de normalización por lotes normaliza el componente utilizando la desviación estándar y media calculada para la dimensión que se corresponda con el componente. Por ejemplo, en algunas implementaciones, para un componente  $x_{k,i}$  correspondiente a la  $k^a$  dimensión de la  $i^a$  salida de capa inferior a partir de un lote  $\beta$ , la salida normalizada  $\hat{x}_{k,i}$  satisface:

$$\hat{x}_{k,i} = \frac{x_{k,i} - \mu_B}{\sigma_B},$$

donde  $\mu_B$  es la media de los componentes correspondiente a la  $k^a$  dimensión de las salidas de capas inferiores en el lote  $\beta$ , y  $\sigma_B$  es la desviación estándar de los componentes correspondiente a la  $k^a$  dimensión de las salidas de capa inferior en el lote  $\beta$ . En algunas implementaciones, la desviación estándar es una desviación estándar numéricamente estable que es igual a  $(\sigma_B^2 + \epsilon)^{1/2}$ , donde  $\epsilon$  es un valor constante y  $\sigma_B^2$  es la varianza de los componentes correspondiente a la  $k^a$  dimensión de las salidas de capa inferior del lote  $\beta$ .

**[0037]** No obstante, en algunos otros casos, la capa de red neuronal que está por debajo de la capa de normalización por lotes es una capa convolucional u otro tipo de capa de red neuronal que genera una salida que incluye múltiples componentes que están cada uno indexados por índice de característica y por índice de ubicación espacial.

**[0038]** En algunos de estos casos, la capa de normalización por lotes calcula, para cada posible combinación de índice de característica e índice de ubicación espacial, la media y la varianza de los componentes de las salidas de capas inferiores, que tienen ese índice de característica e índice de ubicación espacial. Después, la capa de normalización por lotes calcula, para cada índice de característica, el promedio de las medias para las combinaciones de índice de característica e índice de ubicación espacial que incluyen el índice de característica. La capa de normalización por lotes también calcula, para cada índice de característica, el promedio de las varianzas para las combinaciones de índice de característica e índice de ubicación espacial que incluyen el índice de característica. Por lo tanto, tras calcular los promedios, la capa de normalización por lotes ha calculado una media estadística para cada característica a lo largo de todas las ubicaciones espaciales y una varianza estadística para cada característica a lo largo de todas las ubicaciones espaciales.

**[0039]** Después, la capa de normalización por lotes normaliza cada componente de cada una de las salidas de niveles inferiores utilizando las medias promedio y las varianzas promedio para generar una respectiva salida normalizada para cada uno de los ejemplos de entrenamiento del lote. En concreto, para un componente determinado de una salida determinada, la capa de normalización por lotes normaliza el componente utilizando la media promedio y la varianza promedio para el índice de característica que se corresponde con el componente, por ejemplo, de la misma forma que como se ha descrito anteriormente cuando la capa de debajo de la capa de normalización por lotes genera salidas indexadas por dimensión.

**[0040]** En otros de estos casos, la capa de normalización por lotes calcula, para cada índice de característica, la media y la varianza de los componentes de las salidas de capa inferior que se corresponden con el índice de característica, es decir, que presentan el índice de característica.

5 **[0041]** Después, la capa de normalización por lotes normaliza cada componente de cada una de las salidas de niveles inferiores utilizando las medias y las varianzas para los índices de característica a fin de generar una respectiva salida normalizada para cada uno de los ejemplos de entrenamiento del lote. En concreto, para un componente determinado de una salida determinada, la capa de normalización por lotes normaliza el componente utilizando la media y la varianza para el índice de característica que se corresponde con el componente, por ejemplo, de la misma forma que como se describe anteriormente cuando la capa de debajo de la capa de normalización por lotes genera salidas indexadas por dimensión.

**[0042]** De manera opcional, la capa de normalización por lotes transforma cada componente de cada salida normalizada (paso 206).

15 **[0043]** En los casos en que la capa de debajo de la capa de normalización por lotes es una capa que genera una salida que incluye múltiples componentes indexados por dimensión, la capa de normalización por lotes transforma, para cada dimensión, el componente de cada salida normalizada en la dimensión de conformidad con los valores actuales de un conjunto de parámetros para la dimensión. Esto es, la capa de normalización por lotes mantiene un respectivo conjunto de parámetros para cada dimensión y utiliza esos parámetros para aplicar una transformación a los componentes de las salidas normalizadas en la dimensión. Los valores de los conjuntos de parámetros se ajustan como parte del entrenamiento del sistema de red neuronal. Por ejemplo, en algunas implementaciones, la salida normalizada transformada  $y_{k,i}$  generada a partir de la salida normalizada  $\hat{x}_{k,i}$  satisface:

$$y_{k,i} = \gamma_k \hat{x}_{k,i} + A_k,$$

donde  $\gamma_k$  y  $A_k$  son los parámetros para la  $k^a$  dimensión.

25 **[0044]** En casos en que la capa de debajo de la capa de normalización por lotes es una capa convolucional, la capa de normalización por lotes transforma, para cada componente de cada una de las salidas normalizadas, el componente de conformidad con los valores actuales de un conjunto de parámetros para el índice de característica que se corresponde con el componente. Esto es, una capa de normalización por lotes mantiene un respectivo conjunto de parámetros para cada índice de característica y utiliza esos parámetros para aplicar una transformación a los componentes de las salidas normalizadas que presentan el índice de característica, por ejemplo, tal como se ha descrito anteriormente cuando la capa de debajo de la capa de normalización por lotes genera salidas indexadas por dimensión. Los valores de los conjuntos de parámetros se ajustan como parte del entrenamiento del sistema de red neuronal.

**[0045]** La capa de normalización por lotes proporciona las salidas normalizadas o las salidas normalizadas transformadas como entrada a una capa sobre la capa de normalización por lotes en la secuencia (paso 208).

35 **[0046]** Después de que la red neuronal haya generado las salidas de red neuronal para los ejemplos de entrenamiento del lote, las estadísticas de normalización se retropropagan a su través como parte del ajuste de los valores de los parámetros de la red neuronal, es decir, como parte de realizar la técnica de entrenamiento por retropropagación.

40 **[0047]** La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un proceso de ejemplo 300 para generar una salida de la capa de normalización por lotes para una nueva entrada de la red neuronal después de que la red neuronal se haya entrenado. Por conveniencia, el proceso 300 se describirá como llevado a cabo por un sistema de uno o más ordenadores situados en una o más ubicaciones. Por ejemplo, una capa de normalización por lotes incluida en un sistema de red neuronal, por ejemplo, la capa de normalización por lotes 108 incluida en el sistema de red neuronal 100 de FIG. 1, programado de manera apropiada, puede llevar a cabo el proceso 300.

45 **[0048]** La capa de normalización por lotes recibe una salida de capa inferior para la nueva entrada de red neuronal (paso 302). La salida de capa inferior es una salida generada para la nueva salida de red neuronal por la capa que está más abajo de la capa de normalización por lotes en la secuencia de capas de red neuronal.

**[0049]** La capa de normalización por lotes genera una salida normalizada para la nueva entrada de red neuronal (paso 304).

50 **[0050]** Si las salidas generadas por la capa de debajo la capa de normalización por lotes se indexan por dimensión, la capa de normalización por lotes normaliza cada componente de la salida de capa inferior utilizando medias precalculadas y desviaciones estándar para cada una de las dimensiones a fin de generar una salida normalizada. En algunos casos, las desviaciones medias y estándar para una dimensión determinada se calculan a partir de los componentes en la dimensión de todas las salidas generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes durante el entrenamiento del sistema de red neuronal.

55 **[0051]** No obstante, en algunos otros casos, las desviaciones medias y estándar para una dimensión determinada se calculan a partir de los componentes en la dimensión de las salidas de capa inferior generadas

por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes tras el entrenamiento, por ejemplo, a partir de las salidas de capa inferior generadas durante un periodo de tiempo más reciente de duración específica o a partir de un número específico de salidas de capa inferior generadas más recientemente por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes.

5 **[0052]** En concreto, en algunos casos, la distribución de entradas de red y, en consecuencia, la distribución de entradas de capas inferiores puede cambiar entre los ejemplos de entrenamiento utilizados durante el entrenamiento y las nuevas entradas de red neuronal utilizadas después de que el sistema de red neuronal se haya entrenado, por ejemplo, si las nuevas entradas de red neuronal son entradas de tipos distintos a los ejemplos de entrenamiento. Por ejemplo, el sistema de red neuronal puede haber sido entrenado con imágenes de usuario y ahora puede utilizarse para procesar fotogramas de vídeo. Las imágenes de usuario y los fotogramas del vídeo probablemente tengan distintas distribuciones en cuanto a las características representadas, las propiedades de las imágenes, la composición, etc. Por consiguiente, normalizar las entradas de capa inferior utilizando estadísticas del entrenamiento puede no capturar de forma precisa las estadísticas de las salidas de capa inferior que se generan para las nuevas entradas. Por lo tanto, en estos casos, la capa de normalización por lotes puede utilizar estadísticas de normalización calculadas a partir de salidas de capa inferior generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes tras el entrenamiento.

10 **[0053]** Si las salidas generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes se indexan por índice de característica y por índice de ubicación espacial, la capa de normalización por lotes normaliza cada componente de la salida de capa inferior utilizando varianzas promedio y medias promedio precalculadas para cada uno de los índices de característica, a fin de generar una salida normalizada. En algunos casos, tal como se ha descrito anteriormente, las medias promedio y las varianzas promedio para un índice de característica determinado se calculan a partir de las salidas generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes para todos los ejemplos de entrenamiento utilizados durante el entrenamiento. En algunos otros casos, tal como se ha descrito anteriormente, las desviaciones estándar y medias para un índice de característica determinado se calculan a partir de las salidas de capa inferior generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes tras el entrenamiento.

25 **[0054]** De manera opcional, la capa de normalización por lotes transforma cada componente de la salida normalizada (paso 306).

30 **[0055]** Si las salidas generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes se indexan por dimensión, la capa de normalización por lotes transforma, para cada dimensión, el componente de la salida normalizada en la dimensión de conformidad con los valores entrenados del conjunto de parámetros para la dimensión. Si las salidas generadas por la capa de debajo de la capa de normalización por lotes se indexan por índice de característica y por índice de ubicación espacial, la capa de normalización por lotes transforma cada componente de la salida normalizada de conformidad con los valores entrenados del conjunto de parámetros para el índice de característica que se corresponde con el componente. La capa de normalización por lotes proporciona la salida normalizada o la salida normalizada transformada como entrada a la capa sobre la capa de normalización por lotes en la secuencia (paso 308).

35 **[0056]** Los modos de realización del objeto y las operaciones funcionales descritas en la presente memoria pueden implementarse en circuitería electrónica digital, en *firmware* o *software* informático incorporado de modo tangible, en *hardware* informático, incluyendo las estructuras dadas a conocer en la presente memoria y sus equivalentes estructurales, o en combinaciones de uno o más de estos. Pueden implementarse modos de realización del objeto descrito en la presente memoria como uno o más programas informáticos, es decir, uno o más módulos de instrucciones de un programa informático codificados en un soporte de programa tangible no transitorio para ser ejecutado por, o para controlar el funcionamiento de, un aparato de procesamiento de datos.

45 De manera alternativa o adicional, las instrucciones del programa pueden codificarse en una señal propagada generada de forma artificial, por ejemplo, una señal electromagnética, óptica o eléctrica generada por una máquina, que se genera para codificar información para su transmisión a un aparato receptor adecuado a fin de ser ejecutada por un aparato de procesamiento de datos. El soporte de almacenamiento informático puede ser un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador, un sustrato de almacenamiento legible por ordenador, un dispositivo de almacenamiento de acceso aleatorio o serial, o una combinación de uno o más de estos.

50 **[0057]** El término "aparato de procesamiento de datos" abarca todos los tipos de aparatos, dispositivos, y máquinas para procesar datos, incluyendo, a modo de ejemplo, un procesador programable, un ordenador, o múltiples ordenadores o procesadores. El aparato puede incluir circuitería lógica para fines específicos, por ejemplo, un FGPA (matriz de puertas programables) o un ASIC (circuito Integrado para aplicaciones específicas).

55 El aparato también puede incluir, además del *hardware*, un código que cree un entorno de ejecución para el programa informático en cuestión, por ejemplo, un código que constituya el *firmware* del procesador, una pila de protocolos, un sistema de gestión de bases de datos, un sistema operativo o una combinación de uno o más de estos.

60 **[0058]** Un programa informático (al que también puede hacerse referencia o describirse como un programa, *software*, una aplicación informática, un módulo, un módulo de *software*, un *script*, o código) puede estar escrito en cualquier lenguaje de programación, incluyendo lenguajes interpretados o compilados, o lenguajes

procedimentales o declarativos, y puede desplegarse de cualquier forma, incluyendo como un programa independiente o como un módulo, componente, subrutina, u otra unidad adecuada para su uso en un entorno informático. Un programa informático puede, pero no necesita, corresponderse con un fichero en un sistema de ficheros. Un programa puede almacenarse en una parte de un fichero que contenga otros programas o datos, por ejemplo, uno o más *scripts* almacenados en un documento en lenguaje de marcado, en un fichero único dedicado al programa en cuestión, o múltiples ficheros coordinados, por ejemplo, ficheros que almacenan uno o más módulos, subprogramas, o partes de un código. Un programa informático puede desplegarse para ejecutarse en un ordenador o en múltiples ordenadores que estén situados en una zona o distribuidos a lo largo de múltiples zonas e interconectados por una red de comunicaciones.

5  
10 **[0059]** Los procesos y flujos lógicos descritos en esta memoria pueden llevarse a cabo por uno o más ordenadores programables que ejecutan uno o más programas informáticos para llevar a cabo funciones al operar con datos de entrada y generar salidas. Los procesos y flujos lógicos también pueden ser realizados por, y los aparatos también pueden implementarse como, circuitería lógica específica, por ejemplo, un FGPA (matriz de puertas programables) o un ASIC (circuito Integrado para aplicaciones específicas).

15 **[0060]** Los ordenadores adecuados para la ejecución de un programa informático incluyen, a modo de ejemplo, pueden estar basados en microprocesadores generales o para fines específicos o ambos, o cualquier otro tipo de unidad central de procesamiento. En general, una unidad central de procesamiento recibirá instrucciones y datos de una memoria de sólo lectura o de una memoria de acceso aleatorio o de ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son una unidad central de procesamiento para llevar a cabo o ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. En general, un ordenador también incluirá, o estará acoplado de manera operativa para recibir datos, o transferir datos, o ambos, de o a uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos, por ejemplo, discos magnéticos, magento-ópticos u ópticos. No obstante, un ordenador no necesita tener tales dispositivos. Además, un ordenador puede estar integrado en otro dispositivo, por ejemplo, un teléfono móvil, un asistente personal digital (PDA), un reproductor portátil de audio o vídeo, una videoconsola, un receptor de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), o un dispositivo de almacenamiento portátil, como una memoria USB (Bus Universal en Serie), por mencionar algunos.

20  
25  
30 **[0061]** Los soportes legibles por ordenador adecuados para almacenar datos e instrucciones de programas informáticos incluyen todos los medios, dispositivos de memoria y formas de memoria no volátiles, incluyendo, a título de ejemplo, dispositivos de memoria semiconductores, como EPROM, EEPROM, y dispositivos de memoria *flash*; discos magnéticos, como discos duros internos o discos extraíbles; discos magneto-ópticos; y discos CD-ROM y DVD-ROM. El procesador y la memoria pueden estar complementados por, o incorporados en, circuitería lógica para fines específicos.

35 **[0062]** Para mantener la interacción con un usuario, los modos de realización del objeto descrito en la presente memoria pueden implementarse en un ordenador que presente un dispositivo de visualización, por ejemplo, un monitor CRT (tubo de rayos catódicos) o LCD (pantalla de cristal líquido), para mostrar información al usuario y un teclado y un dispositivo de puntero, por ejemplo, un ratón o una bola de desplazamiento, mediante el cual el usuario puede proporcionar datos de entrada al ordenador. También pueden utilizarse otros tipos de dispositivos para mantener la interacción con un usuario; por ejemplo, la retroalimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de retroalimentación sensorial, por ejemplo, retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil; y las entradas del usuario pueden recibirse de cualquier forma, incluyendo entradas acústicas, táctiles o habladas. Además, un ordenador puede interactuar con un usuario al enviar documentos a y recibir documentos de un dispositivo que es utilizado por el usuario; por ejemplo, al enviar páginas web a un navegador en un dispositivo cliente del usuario en respuesta a las consultas recibidas del navegador.

40  
45  
50 **[0063]** Los modos de realización del objeto descrito en la presente memoria pueden implementarse en un sistema informático que incluya un componente de *back-end*, por ejemplo, como un servidor de datos, o que incluya un componente de *middleware*, por ejemplo, un servidor de aplicación, o que incluya un componente de *front-end*, por ejemplo, un ordenador cliente que presente una interfaz gráfica de usuario o un navegador a través del cual el usuario puede interactuar con una implementación del objeto descrito en la presente memoria, o cualquier combinación de uno o más de dichos componentes de *back-end*, *middleware* o *front-end*. Los componentes del sistema pueden estar interconectados por cualquier forma o medio de comunicación de datos digital, por ejemplo, una red de comunicación. Ejemplos de redes de comunicación incluyen una red de área local ("LAN") y una red de área extensa ("WAN"), por ejemplo, Internet.

55 **[0064]** El sistema informático puede incluir clientes y servidores. Un cliente y un servidor normalmente están alejados entre sí, y normalmente interactúan a través de una red de comunicaciones. La relación entre el cliente y el servidor se produce gracias a programas informáticos en ejecución en los respectivos ordenadores, y presentando una relación cliente-servidor entre sí.

60 **[0065]** Aunque la presente memoria contiene muchos detalles específicos sobre la implementación, estos no deben interpretarse como limitaciones del alcance de cualquier invención o de lo que se pueda reivindicar, sino como descripciones de características que puedan ser específicas en modos de realización concretos de

invenciones concretas. Determinadas características que se describen en la presente memoria en el contexto de modos de realización separados también pueden implementarse en conjunto en un único modo de realización. En cambio, varias características que se describen en el contexto de un único modo de realización también puede implementarse en múltiples modo de realización por separado o en cualquier subcombinación adecuada. Además, aunque las características pueden estar descritas anteriormente como que actúan en determinadas combinaciones e incluso se reivindican inicialmente como tal, una o más características de una combinación reivindicada pueden, en algunos casos, escindirse de la combinación, y la combinación reivindicada puede dirigirse a una subcombinación o variación de una subcombinación.

5  
10  
15  
[0066] De manera similar, aunque las operaciones se representan en los dibujos en un orden concreto, esto no debería entenderse como que se requiere que dichas operaciones se lleven a cabo en el orden en concreto mostrado o en orden secuencial, o que todas las operaciones ilustradas se lleven a cabo, para conseguir resultados deseables. En determinadas circunstancias, la multitarea y el procesamiento paralelo pueden ser ventajosos. Asimismo, la separación de varios componentes y módulos de sistema en los modos de realización descritos anteriormente no debería entenderse como que requieren tal separación en todos los modos de realización, y debería entenderse que los sistemas y componentes de los programas descritos pueden estar integrados por lo general en un único producto de *software* o empaquetados en múltiples productos de *software*.

20  
[0067] Se han descrito modos de realización concretos del objeto. Otros modos de realización están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, algunas acciones detalladas en las reivindicaciones pueden llevarse a cabo en un orden distinto y aún así conseguir resultados deseables. Por ejemplo, los procesos representados en las figuras adjuntas no requieren necesariamente el orden concreto mostrado, o un orden secuencial, para conseguir resultados deseables. En determinadas implementaciones, la multitarea y el procesamiento paralelo pueden ser ventajosos.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de red neuronal (100) implementado por uno o más ordenadores, comprendiendo el sistema de red neuronal:
  - 5 una capa de normalización por lotes (108) entre una primera capa de red neuronal (104) y una segunda capa de red neuronal (112), donde la primera capa de red neuronal genera primeras salidas de capa presentando una pluralidad de componentes, y donde la capa de normalización por lotes está configurada para, durante el entrenamiento del sistema de red neuronal con un lote de ejemplos de entrenamiento:
    - 10 recibir una primera salida de capa respectiva para cada ejemplo de entrenamiento del lote;
    - calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para el lote a partir de las primeras salidas de capa;
    - 10 normalizar cada componente de cada primera salida de capa utilizando las estadísticas de normalización para generar una respectiva salida de capa normalizada para cada ejemplo de entrenamiento del lote;
    - 15 generar una respectiva salida de la capa de normalización por lotes para cada uno de los ejemplos de entrenamiento a partir de las salidas de capas normalizadas; y
    - proporcionar la salida de la capa de normalización por lotes como entrada a la segunda capa de red neuronal;
  - donde la pluralidad de componentes de primera salida de capa se indexan por dimensión, y donde calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para las primeras salidas de capas comprende:
    - 20 calcular, para cada una de las dimensiones, una media de los componentes de la primera salida de capa en la dimensión; y
    - calcular, para cada una de las dimensiones, una desviación estándar de los componentes de las primeras salidas de capa en la dimensión.
2. Sistema de red neuronal según la reivindicación 1, en el que normalizar cada componente de cada salida de capa comprende:
  - 25 normalizar el componente utilizando la media calculada y a la desviación estándar calculada para la dimensión correspondiente al componente.
3. Sistema de red neuronal según la reivindicación 1 o 2, en el que la capa de normalización por lotes mantiene un respectivo conjunto de parámetros para cada dimensión, y en el que generar la respectiva salida de capa de normalización por lotes para cada uno de los ejemplos de entrenamiento a partir de las salidas de capa normalizadas comprende:
  - 30 transformar, para cada dimensión, el componente de la salida de capa normalizada para el ejemplo de entrenamiento en la dimensión de conformidad con valores actuales de un conjunto de parámetros para la dimensión.
- 35 4. Sistema de red neuronal según la reivindicación 3, en el que la capa de normalización por lotes está configurada para, después de que el sistema de red neuronal se haya entrenado para determinar valores entrenados de los parámetros para cada una de las dimensiones:
  - 40 recibir una nueva primera salida de capa generada por la primera capa de red neuronal para una nueva entrada de red neuronal;
  - normalizar cada componente de la nueva primera salida de capa utilizando estadísticas de media y de desviación estándar calculadas previamente para las dimensiones para generar una nueva salida de capa normalizada;
  - 45 generar una nueva salida de capa de normalización por lotes al transformar, para cada dimensión, el componente de la nueva salida de capa normalizada para el ejemplo de entrenamiento en la dimensión de conformidad con los valores entrenados del conjunto de parámetros para la dimensión; y
  - proporcionar la salida de capa de normalización por lotes como una nueva entrada de capa a la segunda capa de red neuronal.
5. Sistema de red neuronal según la reivindicación 4, en el que las estadísticas de desviación media y estándar calculadas previamente para las dimensiones se calculan a partir de primeras salidas de capa generadas por la primera capa de red neuronal durante el entrenamiento del sistema de red neuronal o se calculan a partir de nuevas primeras salidas de capa generadas por la primera capa de red neuronal después de que la red neuronal haya sido entrenada.
6. Sistema de red neuronal implementado por uno o más ordenadores, comprendiendo el sistema de red neuronal:
  - 55 una capa de normalización por lotes entre una primera capa de red neuronal y una segunda capa de red neuronal, donde la primera capa de red neuronal genera primeras salidas de capas presentando una

pluralidad de componentes, y donde la capa de normalización por lotes está configurada para, durante el entrenamiento del sistema de red neuronal con un lote de ejemplos de entrenamiento:

- 5 recibir una respectiva primera salida de capa para cada ejemplo de entrenamiento del lote;
- calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para el lote a partir de las primeras salidas de capa;
- normalizar cada componente de cada primera salida de capa utilizando las estadísticas de normalización para generar una respectiva salida de capa normalizada para cada ejemplo de entrenamiento del lote;
- 10 generar una respectiva salida de capa de normalización por lotes para cada uno de los ejemplos de entrenamiento a partir de las salidas de capas normalizadas; y
- proporcionar la salida de capa de normalización por lotes como una entrada a la segunda capa de red neuronal;

15 donde la primera capa de red neuronal es una capa convolucional, donde la pluralidad de componentes de la primera salida de capa se indexan por índice de característica e índice de ubicación espacial, y donde calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para las primeras salidas de capa comprende, para cada uno de los índices de característica:

- calcular una media de los componentes de las primeras salidas de capa que se corresponden con el índice de característica; y
- 20 calcular una varianza de los componentes de la primeras salidas de capa que se corresponden con el índice de característica.

7. Sistema de red neuronal según la reivindicación 6, en el que normalizar cada componente de cada salida de capa comprende:

normalizar el componente utilizando la media y la varianza para índice de característica que se corresponde con el componente.

25 8. Sistema de red neuronal según la reivindicación 6 o 7, en el que generar la respectiva salida de capa de normalización por lotes para cada uno de los ejemplos de entrenamiento a partir de las salidas de capa normalizada comprende:

transformar cada componente de la salida de capa normalizada de conformidad con valores actuales de un conjunto de parámetros para el índice de característica correspondiente al componente.

30 9. Sistema de red neuronal según la reivindicación 8, en el que la capa de normalización por lotes está configurada para, después de que la red neuronal se haya entrenado para determinar los valores entrenados de los parámetros para cada una de las dimensiones:

- 35 recibir una nueva primera entrada de capa generada a partir de una nueva entrada de red neuronal;
- normalizar cada componente de la nueva primera salida de capa utilizando estadísticas de desviación media y estándar calculadas previamente para los índices de característica con el fin de generar una nueva salida de capa normalizada;
- generar una nueva salida de capa de normalización por lotes al transformar cada componente de la salida de capa normalizada de conformidad con los valores entrenados del conjunto de parámetros para el índice de característica correspondiente al componente; y
- 40 proporcionar la nueva salida de capa de normalización por lotes como una nueva entrada de capa a la segunda capa de red neuronal.

10. Sistema de red neuronal según la reivindicación 6, en el que la pluralidad de componentes de la primera salida de capa se indexan por índice de característica y por índice de ubicación espacial, y en el que calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para las primeras salidas de capa comprende además:

- 45 calcular, para cada combinación de índice de característica e índice de ubicación espacial, una media de los componentes de las primeras salidas de capa presentando el índice de característica y el índice de ubicación espacial;
- calcular, para cada índice de característica, un promedio de las medias para combinaciones que incluyan el índice de característica;
- 50 calcular, para cada combinación de índice de característica y de índice de ubicación espacial, una varianza de los componentes de las primeras salidas de capa presentando el índice de característica y el índice de ubicación espacial; y
- calcular, para cada índice de característica, un promedio de las varianzas para combinaciones que incluyan el índice de característica.

55 11. Sistema de red neuronal según la reivindicación 6, en el que normalizar cada componente de cada salida de capa comprende:

normalizar el componente utilizando el promedio de las medias y el promedio de las varianzas para el índice de característica correspondiente al componente.

- 5 12. Sistema de red neuronal según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que la primera capa de red neuronal genera las primeras salidas de capa al modificar primeras entradas de capa de conformidad con valores actuales de un conjunto de parámetros de la primera capa de red neuronal y en el que la segunda capa de red neuronal genera segundas salidas de capa al aplicar una operación no lineal a las salidas de capa de normalización por lotes; o en el que la primera capa de red neuronal genera las primeras salidas de capa al modificar primeras salidas de capa de conformidad con los valores actuales de un conjunto de parámetros de la primera capa de red neuronal para generar primeras entradas de capa modificadas y luego aplicar una operación no lineal a las primeras entradas de capa modificadas.
- 10 13. Sistema de red neuronal según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que, durante el entrenamiento de la red neuronal, el sistema de red neuronal se configura para retropropagar las estadísticas de normalización como parte del ajuste de valores de los parámetros de la red neuronal.
- 15 14. Método de procesamiento de datos utilizando el sistema de red neuronal según cualquiera de las reivindicaciones 1-13, comprendiendo el método realizar operaciones con una capa de normalización por lotes entre una primera capa de red neuronal y una segunda capa de red neuronal, en el que la primera capa de red neuronal genera primeras salidas de capa presentando una pluralidad de componentes, comprendiendo el método utilizar la capa de normalización por lotes para, durante el entrenamiento del sistema de red neuronal con un lote de ejemplos de entrenamiento:
- 20 recibir una respectiva primera salida de capa para cada ejemplo de entrenamiento del lote;  
 calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para el lote a partir de las primeras salidas de capa;  
 normalizar cada componente de cada primera salida de capa utilizando las estadísticas de normalización para generar una respectiva salida de capa normalizada para cada ejemplo de entrenamiento del lote;  
 25 generar una respectiva salida de capa de normalización por lotes para cada uno de los ejemplos de entrenamiento a partir de las salidas de capa normalizadas; y  
 proporcionar la salida de capa de normalización por lotes como una entrada a la segunda capa de red neuronal;  
 donde la pluralidad de componentes de la primera salida de capa se indexan por i) dimensión o ii) donde la primera capa de red neuronal es una capa convolucional y donde la pluralidad de componentes de la primera salida de capa se indexan por índice de característica y por índice de ubicación geográfica, y donde calcular una pluralidad de estadísticas de normalización para las primeras salidas de capa comprende además, para (i):  
 30 calcular, para cada una de las dimensiones, una media de los componentes de la primeras salidas de capa en la dimensión; y  
 calcular, para cada una de las dimensiones, una desviación estándar de los componentes de las primeras salidas de capa en la dimensión; y para (ii):  
 35 calcular, para cada uno de los índices de característica, una media de los componentes de las primeras salidas de capa que se corresponden con el índice de característica; y  
 calcular, para cada uno de los índices de característica, una varianza de los componentes de las primeras salidas de capa que se corresponden con el índice de característica.
- 40 15. Uno o más soportes de almacenamiento informático no transitorios codificados con un programa informático, comprendiendo el programa informático instrucciones que al ser ejecutadas por uno o más ordenadores hacen que el uno o más ordenadores implementen el método según la reivindicación 14.

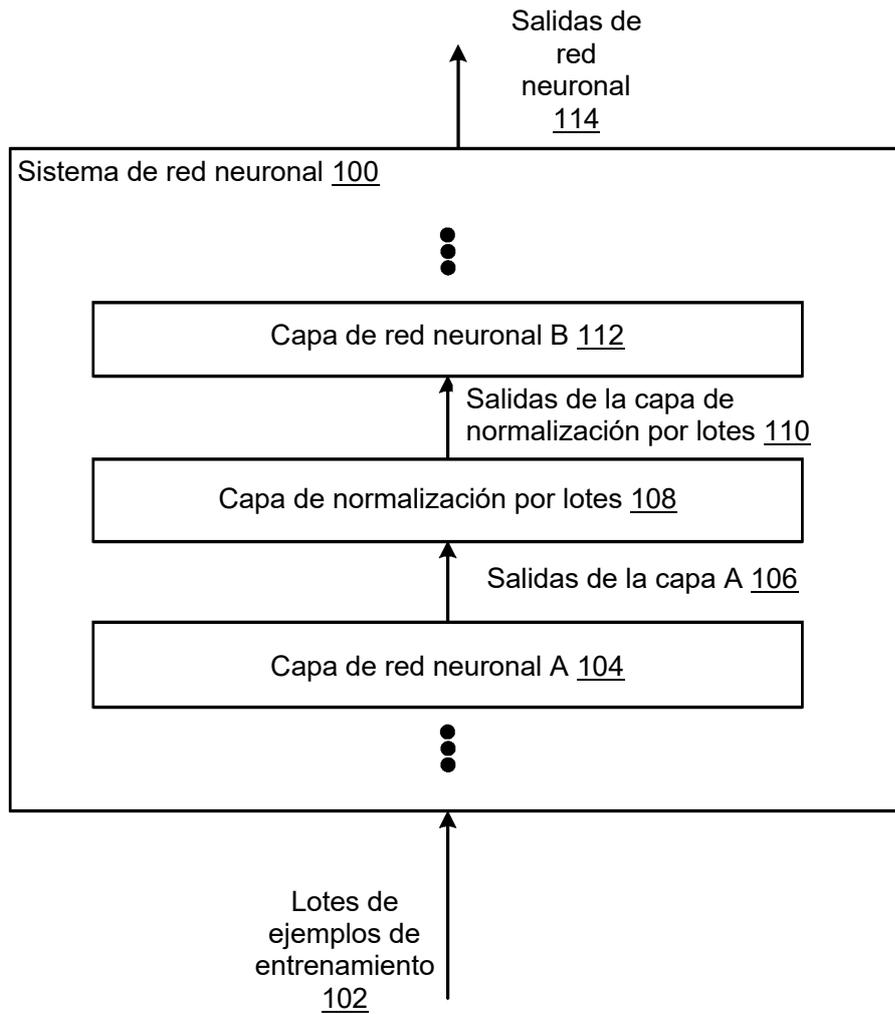


FIG. 1

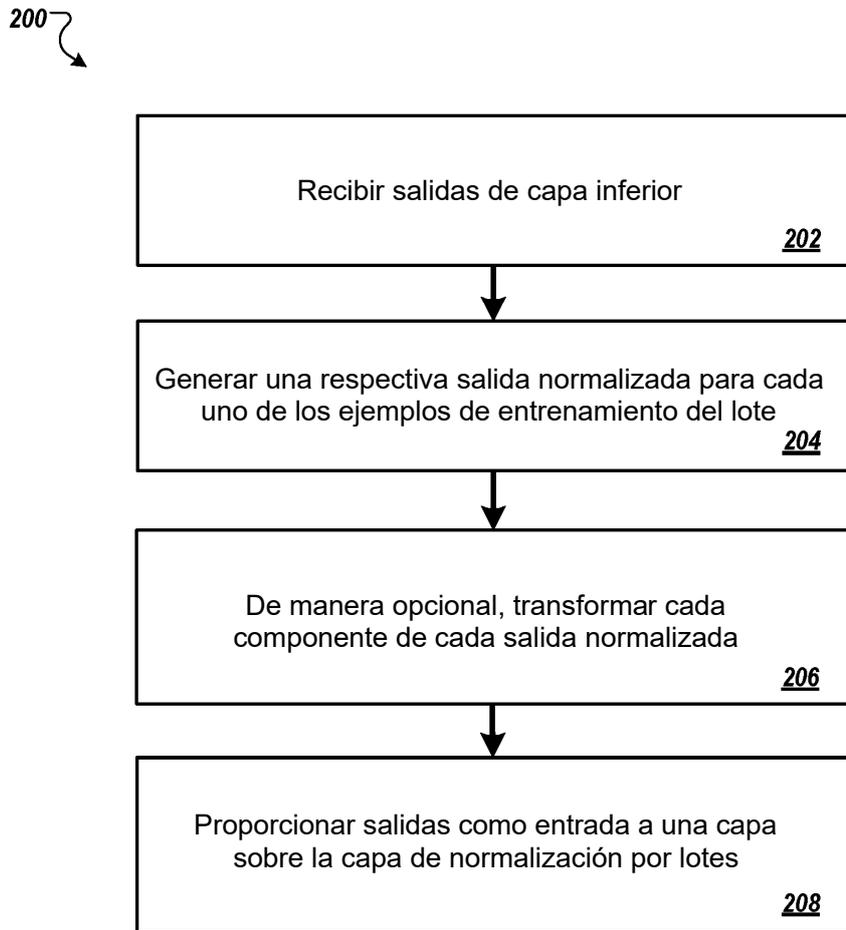


FIG. 2

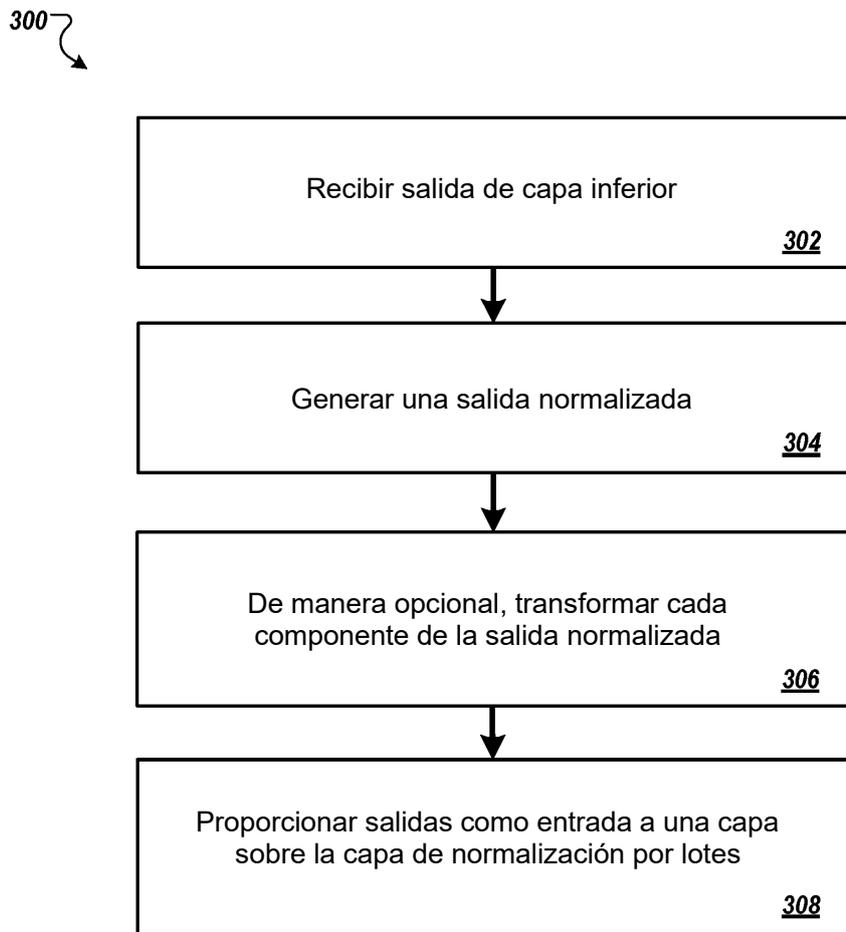


FIG. 3