

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 9 月 19 日 (19.09.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/174366 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06F 17/50 (2006.01) **G06N 3/04** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/125974
- (22) 国际申请日: 2018 年 12 月 30 日 (30.12.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810198302.2 2018 年 3 月 12 日 (12.03.2018) CN
- (71) 申请人: 山东科技大学 (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。
- (72) 发明人: 林年添 (LIN, Niantian); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。张栋 (ZHANG, Dong); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。张凯 (ZHANG, Kai); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。付超 (FU, Chao); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。王守进

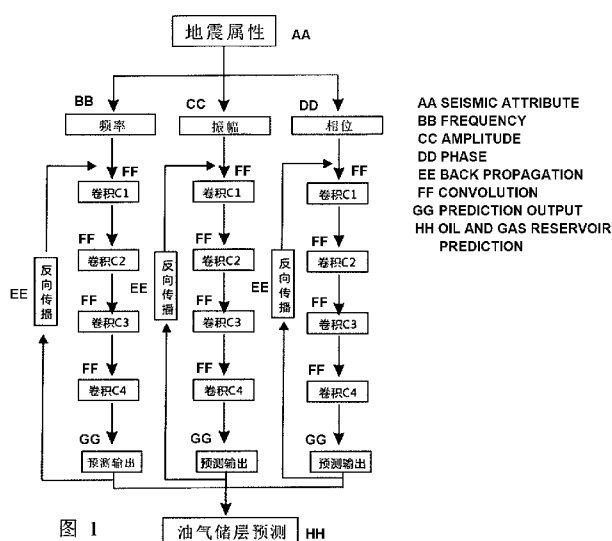
(WANG, Shoujin); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。张建彬 (ZHANG, Jianbin); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。丁仁伟 (DING, Renwei); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。张冲 (ZHANG, Chong); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(74) 代理人: 青岛智地领创专利代理有限公司 (QINGDAO ZHIDILINGCHUANG PATENT AGENCY CO., LTD); 中国山东省青岛市黄岛区江山路 480 号青岛研创中心 4 号楼 602 室 懋松, Shandong 266555 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: SEISMIC DATA-BASED OIL AND GAS RESERVOIR DISTRIBUTION-ORIENTED CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK LEARNING AND PREDICTING METHOD

(54) 发明名称: 面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法



(57) Abstract: A seismic data-based oil and gas reservoir distribution-oriented convolutional neural network learning and predicting method. Said method comprises firstly taking original seismic data as a basis, extracting seismic attributes which can represent oil and gas characteristics; then designing a convolutional neural network model, taking several preferred seismic attributes as an input layer of a network, extracting seismic attribute values at a well location, taking the void ratio, permeability and oiliness of the well location as a training sample, performing back propagation by means of a BP neural network, so as to continuously correct parameters such as the convolution kernel, weight W and bias b until the model training is completed; and then testing data of an area having no wells, so as to implement lateral prediction of reservoirs from an area having wells to an area having no wells. Said method directly performs convolutional neural network learning on oil and gas sensitive attribute bodies, being able to implement lateral prediction of seismic information characteristics of unknown seismic reservoirs in the same block and even cross regions.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法。该方法首先以原始地震数据为基础, 提取能够表征油气特征的地震属性; 然后设计卷积神经网络模型, 将优选的几种地震属性作为网络的输入层, 提取井位处的地震属性值, 以井位处的孔隙度、渗透率、含油性作为训练样本, 通过BP神经网络反向传播不断修改网络结构中的卷积核、权值 W 和偏置 b 等参数, 直到模型训练完成。随后对无井区的数据进行测试, 实现由有井区到无井区储层的横向预测。该方法直接在对油气敏感的属性体上进行卷积神经网络深度学习, 能够实现同区块, 甚至跨区域的未知地震储集体地震信息特征的横向预测。

面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法。

背景技术

[0002] 自Hinton等人于2006年提出的深度学习概念以来，深度学习越来越受到人们的关注。其中以卷积神经网络为代表的深度学习算法在语音识别、图像处理等领域均取得了良好的应用效果。在过去的几十年间人工神经网络、支持向量机等算法在地震储层预测方面进行了大量研究，然而神经网络的感受野与权值共享机制不理想，训练样本维度没有得到改善，使得训练效率变低。由此可见，现有技术需要进一步改进。

发明概述

技术问题

问题的解决方案

技术解决方案

[0003] 本发明的目的在于提出一种面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法，该方法直接在油气敏感的属性体上进行卷积神经网络深度学习，能够实现同区块，甚至跨区域的未知地震储集体地震信息特征的横向预测。

[0004] 本发明为了实现上述目的，采用如下技术方案：

[0005] 面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法，包括如下步骤：

[0006] s1. 首先以原始地震数据为基础，提取能够表征油气特征的地震属性；

[0007] s2. 设计卷积神经网络模型，将优选的振幅、频率、相位地震属性作为网络的输入层，提取井位处的振幅、频率、相位地震属性值；

[0008] 以井位处的孔隙度、渗透率、含油性作为训练样本，通过BP神经网络反向传播不断修改网络结构中的卷积核、权值 $\mathbf{W}$ 和偏置 $\mathbf{b}$ 参数，直到模型训练完成；

[0009] s3. 随后输入无井区的振幅、频率、相位地震属性的数据进行测试，利用训练完成的模型实现由有井区到无井区储层的横向预测；

[0010] 在获取多种储层参数后，结合研究区的地质条件，对油气储层做出综合预测。

发明的有益效果

有益效果

[0011] 本发明具有如下优点：

[0012] 本发明方法与传统的地震储层预测方法相比，直接在对油气敏感的属性体上进行卷积神经网络深度学习，能够实现同区块，甚至跨区域的未知地震储集体地震信息特征的横向预测，为研究区进一步的地震储层，甚至油气储层的分布预测提供科学依据，降低勘探风险。

对附图的简要说明

附图说明

[0013] 图1为本发明中面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法的流程图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0014] 下面结合附图以及具体实施方式对本发明作进一步详细说明：

[0015] 结合图1所示，面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法，包括如下步骤：

[0016] s1. 首先以原始地震数据为基础，提取能够表征油气特征的地震属性。

[0017] 在此，以提取瞬时振幅、瞬时相位、瞬时频率为例进行说明：

[0018] 首先将地震道

$$f(t)$$

看成是解析信号，也可作为复地震信号

$$F(t)$$

的实部，即：

$$F(t) = f(t) + if^*(t)$$

(1)

[0019] 瞬时振幅公式:

[0020]

$$A(t) = \sqrt{f^2(t) + f^{*2}(t)} \quad (2)$$

[0021] 瞬时相位公式如下:

[0022]

$$\theta(t) = \tan^{-1}[f^*(t)/f(t)] \quad (3)$$

[0023] 瞬时频率公式如下:

[0024]

$$\omega(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (4)$$

[0025] s2. 设计卷积神经网络模型, 将优选的振幅、频率、相位地震属性作为网络的输入层, 提取振幅、频率、相位井位处的地震属性值。

[0026] 以井位处的孔隙度、渗透率、含油性作为训练样本, 通过BP神经网络反向传播不断修改网络结构中的卷积核、权值 **W** 和偏置 **b** 参数, 直到模型训练完成。

[0027] 本发明中卷积神经网络模型的设计过程如下:

[0028] 将网络结构中的卷积核、权值 **W** 和偏置 **b** 置成[0, 1]的随机值, 并初始化参数与学习率, 对输入井位处地震属性与一个可学习的核进行卷积后加偏置进行输出, 从而获的能够表征地震油气储层特征的卷积层C1、C2、C3, C4, 卷积计算如下式所示:

[0029]

$$x_j^{(l)} = \sum_{i \in N_j} a_i^{(l-1)} k_{ij}^{(l)} + b_c^{(l)} \quad (5)$$

[0030] 其中,

$$x_j^{(l)}$$

为

$$l$$

层选择集合区域的卷积和,

$$l$$

为层数;

[0031] k 表示卷积核,

$$a_i^{(l-1)}$$

表示所获取的地震属性,

$$b_c^{(l)}$$

表示偏置。

[0032] 通过卷积计算后, 将卷积层进行激活处理, 再此选择Sigmoid函数进行激活

[0033]

$$\text{Sigmoid}(x)$$

=

$$\frac{1}{1+e^{-x}}$$

(6)

[0034] 通过Sigmoid函数激活后，能够凸显表征地震油气储层特征，压制异常干扰。

[0035] 卷积后预测结果与输入样本之间计算全局误差 E ：

$$E = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^M (t_j^p - y_j^p)^2 = \sum_{p=1}^P E_p$$

(7)

[0036] 在通过BP神经网络进行反向传播，不断修改卷积核、权值 W 和偏置 b 等参数。

[0037] 为了获得最小的全局误差 E ，选用累计误差的BP全局算法来对

$$W_{jk}$$

进行调整。

[0038] 调整的具体方法见下式：

[0039]

$$\Delta W_{jk} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{jk}} \left(\sum_{p=1}^P E_p \right) = \sum_{p=1}^P \left(-\eta \frac{\partial E}{\partial W_{jk}} \right)$$

(8)

[0040] 其中，符号

$$\eta$$

表示的是神经网络的学习率。

[0041] 此外，将过程中的误差信号进行以下定义：

[0042]

$$\delta_{y_j} = -\frac{\partial E_p}{\partial s_j} = -\frac{\partial E_p}{\partial y_j} \cdot \frac{\partial y_j}{\partial y_j}$$

(9)

[0043] 上式中：

[0044]

$$\frac{\partial E_p}{\partial y_j} = \frac{\partial}{\partial y_j} \left[\frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (t_j^p - y_j^p)^2 \right] = - \sum_{j=1}^m (t_j^p - y_j^p)$$

(10)

[0045] 以及

[0046]

$$\frac{\partial y_j}{\partial s_j} = f_2^t(S_j)$$

(11)

[0047] 是对输出层传递函数进行的偏微分计算。

[0048] 这样，式 (9) 就可以写成：

[0049]

$$\delta_{y_j} = \sum_{j=1}^m (t_j^p - y_j^p) f_2^t(S_j)$$

(12)

[0050] 然后，依据链定理，上式就变成：

[0051]

$$\frac{\partial E_p}{\partial v_{ki}} = \frac{\partial E_p}{\partial S_k} \cdot \frac{\partial S_k}{\partial v_{ki}} = -\delta_{s_k} x_i = - \sum_{j=1}^m (t_j^p - y_j^p) f_2^t(S_j) w_{jk} f_1^t(s_k) \cdot x_i$$

(13)

[0052] 最终，将隐层的各个神经元的权重改进公式为：

[0053]

$$\Delta v_{ki} = \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^m \eta (t_j^p - y_j^p) f_2^t(S_j) w_{jk} f_1^t(S_k) x_i$$

(14)

- [0054] 通过多次迭代，在满足所设计误差允许的范围内，停止运算，训练结束。
- [0055] s3. 随后输入无井区的振幅、频率、相位地震属性的数据进行测试，利用训练完成的模型实现由有井区到无井区储层的横向预测；
- [0056] 在获取多种储层参数后，结合研究区的地质条件，对油气储层做出综合预测。
- [0057] 当然，以上说明仅仅为本发明的较佳实施例，本发明并不限于列举上述实施例，应当说明的是，任何熟悉本领域的技术人员在本说明书的教导下，所做出的所有等同替代、明显变形形式，均落在本说明书的实质范围之内，理应受到本发明的保护。

权利要求书

- [权利要求 1] 面向地震油气储层分布的卷积神经网络学习与预测方法，其特征在于，包括如下步骤：
- s1. 首先以原始地震数据为基础，提取能够表征油气特征的地震属性；
- s2. 设计卷积神经网络模型，将优选的振幅、频率、相位地震属性作为网络的输入层，提取井位处的振幅、频率、相位地震属性值；以井位处的孔隙度、渗透率、含油性作为训练样本，通过BP神经网络反向传播不断修改网络结构中的卷积核、权值 W 和偏置 b 参数，直到模型训练完成；
- s3. 随后输入无井区的振幅、频率、相位地震属性的数据进行测试，利用训练完成的模型实现由有井区到无井区储层的横向预测；在获取多种储层参数后，结合研究区的地质条件，对油气储层做出综合预测。

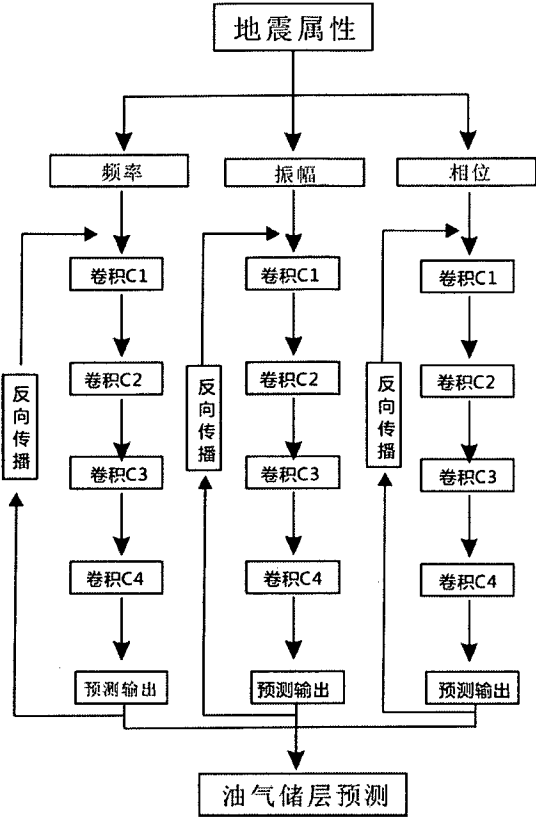


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/125974

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/50(2006.01)i; G06N 3/04(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F; G06N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, DWPI, IEEE, CNKI, VEN: 地震, 油, 气, 储层, 预测, 卷积神经网络, 训练, 振幅, 频率, 相位, earthquake, oil, gas, reservoir, predict, CNN, training, amplitude, frequency, phase

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 108629072 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 09 October 2018 (2018-10-09) claim 1, and description, paragraphs [0003]-[0059]	1
Y	CN 106971230 A (CHINA UNIV OF PETROLEUM-BEIJING ET AL.) 21 July 2017 (2017-07-21) claims 1-3	1
Y	CN 105700016 A (GEOPHYSICAL EXPLOR COMPANY OF CNPC CHUANQING DRILLING ENG COMPANY LTD.) 22 June 2016 (2016-06-22) claims 5 and 8	1
A	CN 106886043 A (CHENGDU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 23 June 2017 (2017-06-23) entire document	1
A	CN 105651966 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 08 June 2016 (2016-06-08) entire document	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 March 2019

Date of mailing of the international search report

09 April 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/125974

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	108629072	A	09 October 2018	None	
CN	106971230	A	21 July 2017	None	
CN	105700016	A	22 June 2016	None	
CN	106886043	A	23 June 2017	None	
CN	105651966	A	08 June 2016	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/125974

A. 主题的分类

G06F 17/50(2006.01)i; G06N 3/04(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F; G06N

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, DWPI, IEEE, CNKI, VEN: 地震, 油, 气, 储层, 预测, 卷积神经网络, 训练, 振幅, 频率, 相位,
earthquake, oil, gas, reservoir, predict, CNN, training, amplitude, frequency, phase

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 108629072 A (山东科技大学) 2018年 10月 9日 (2018 - 10 - 09) 权利要求1, 说明书第[0003]-[0059]段	1
Y	CN 106971230 A (中国石油大学北京等) 2017年 7月 21日 (2017 - 07 - 21) 权利要求1-3	1
Y	CN 105700016 A (中国石油集团川庆钻探工程有限公司地球物理勘探公司) 2016年 6月 22日 (2016 - 06 - 22) 权利要求5、8	1
A	CN 106886043 A (成都理工大学) 2017年 6月 23日 (2017 - 06 - 23) 全文	1
A	CN 105651966 A (山东科技大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 全文	1

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 3月 13日

国际检索报告邮寄日期

2019年 4月 9日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

董显彬

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(10)-53961407

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/125974

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	108629072	A	2018年 10月 9日	无	
CN	106971230	A	2017年 7月 21日	无	
CN	105700016	A	2016年 6月 22日	无	
CN	106886043	A	2017年 6月 23日	无	
CN	105651966	A	2016年 6月 8日	无	