

(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
2024年5月10日 (10.05.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/093249 A1

(51) 国际专利分类号:

G01W 1/10 (2006.01) G06N 3/08 (2023.01)
G06N 3/0464 (2023.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/100686

(22) 国际申请日: 2023年6月16日 (16.06.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202211351491.5 2022年10月31日 (31.10.2022) CN

(71) 申请人: 华为云计算技术有限公司 (HUAWEI CLOUD COMPUTING TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国贵州省贵阳市贵安新区黔中大道交兴功路华为云数据中心, Guizhou 550025 (CN)。

(72) 发明人: 毕恺峰 (BI, Kaifeng); 中国贵州省贵阳市贵安新区黔中大道交兴功路华为云数据中心, Guizhou 550025 (CN)。谢凌曦 (XIE, Lingxi); 中国贵州省贵阳市贵安新区黔中大道交兴功路华为云数据中心, Guizhou 550025 (CN)。田奇 (TIAN,

Qi); 中国贵州省贵阳市贵安新区黔中大道交兴功路华为云数据中心, Guizhou 550025 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国广东省深圳市罗湖区南湖街道春风路庐山大厦B座18C2、18D、18E、18E2, Guangdong 518001 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) Title: WEATHER FORECAST METHOD AND APPARATUS, AND RELATED DEVICE

(54) 发明名称: 一种气象预测方法、装置及相关设备

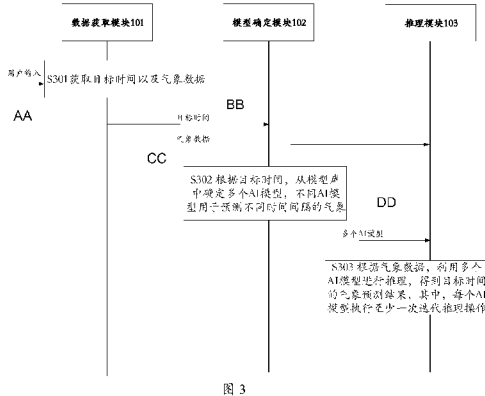


图 3

- 101 Data acquisition module
- 102 Model determination module
- 103 Reasoning module
- S301 Acquire a target time and weather data
- S302 Determine a plurality of AI models from a model library according to the target time, different AI models being used for forecasting weather of different time intervals
- S303 According to the weather data, perform reasoning by using the plurality of AI models so as to obtain a weather forecast result at the target time, wherein each first AI model executes at least one iterative reasoning operation
- AA User input
- BB Target time
- CC Weather data
- DD The plurality of AI models

(57) Abstract: The present application provides a weather forecast method, comprising: acquiring weather data and a target time; determining a plurality of first AI models from a model library according to the target time, wherein different first AI models in the plurality of first AI models are used for forecasting weather of different time intervals; and then according to the acquired weather data, performing reasoning by using the plurality of first AI models so as to obtain a first weather forecast result at the target time, wherein each first AI model executes at least one iterative reasoning operation. In this way, weather forecast is performed by using a plurality of AI models, and no complex equation solving process needs to be executed, so that the computing power consumed by weather forecast can be effectively reduced, and the time delay of weather forecast can be remarkably reduced. In addition, few times of reasoning is performed by using the plurality of AI models for forecasting weather of different time intervals, so that the iteration error can be effectively reduced, and the resource consumption required by iterative reasoning is reduced. In addition, the present application also provides a corresponding apparatus and a related device.

WO 2024/093249 A1

NA, RW, SC, 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, ME, 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: 本申请提供了一种气象预测方法, 包括: 获取气象数据以及目标时间, 并根据该目标时间, 从模型库中确定多个第一AI模型, 该多个第一AI模型中不同第一AI模型用于预测不同时间间隔的气象, 从而根据获取的气象数据, 利用多个第一AI模型进行推理, 得到目标时间的第一气象预测结果, 其中, 每个第一AI模型执行至少一次迭代推理操作。如此, 利用多个AI模型进行气象预测, 无需执行复杂的方程求解过程, 这不仅可以有效减小气象预测所需消耗的算力, 而且能够显著降低气象预测的时延。另外, 利用多个预测不同时间间隔的气象的AI模型进行较少次数的推理, 可以有效减小迭代误差、降低迭代推理所需的资源消耗。此外, 本申请还提供了对应的装置及相关设备。

一种气象预测方法、装置及相关设备

本申请要求于2022年10月31日提交中国国家知识产权局、申请号为202211351491.5、申请名称为“一种气象预测方法、装置及相关设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5 技术领域

本申请涉及人工智能技术领域，尤其涉及一种气象预测方法、装置及相关设备。

背景技术

10 气象预测 (weather forecast, 或者可以称为天气预报), 是指使用现代科学手段对未来地球大气层 (或者地球大气层下的某一地点) 的天气状态进行预测的技术, 对于合理安排工作、预警恶劣天气等方面具有重要作用。

目前, 主要是基于数值天气预报 (numerical weather prediction, NWP) 技术, 根据大气实际情况, 通过对天气状况进行数学物理过程建模, 并通过求解复杂的流体力学和热力学的方程的方式, 预测未来一定时段的大气运动状态和天气现象。但是, 复杂的方程求解过程, 不仅需要消耗较高的算力, 而且预测时延也较高。

15 发明内容

有鉴于此, 本申请实施例提供了一种气象预测方法, 以减少气象预测所需的算力, 降低预测时延。本申请还提供了对应的装置、计算设备、计算设备集群、计算机可读存储介质以及计算机程序产品。

20 第一方面, 本申请实施例提供了一种气象预测方法, 该方法可以由相应的气象预测装置执行, 具体地, 气象预测装置获取气象数据以及目标时间, 所获取的气象数据例如可以是某个地域在当前时刻的气象数据, 或者可以是当前时刻的全球气象数据等, 该目标时间可以是未来的一个时刻或者未来的时间段等; 然后, 气象预测装置根据该目标时间, 从模型库中确定多个第一AI模型, 该多个第一AI模型中不同第一AI模型用于预测不同时间间隔的气象, 其中, 模型库中的多个AI模型可以预先基于样本数据完成训练, 并且, 模型库中的不同AI模型分别用于预测1小时、2小时、3小时、1天、3天等不同时间间隔的气象, 对于预测同一时间间隔的气象的不同AI模型在采用的训练算法、模型结构或者迭代推理算法等方面存在差异, 从而气象预测装置根据获取的气象数据, 利用多个第一AI模型进行推理, 得到目标时间的第一气象预测结果, 其中, 每个第一AI模型执行至少一次迭代推理操作。

30 如此, 气象预测装置是利用多个AI模型进行气象预测, 无需执行复杂的方程求解过程, 这不仅可以有效减小气象预测所需消耗的算力, 而且AI模型能够快速输出目标时间的气象预测结果, 以此能够显著降低气象预测的时延。另外, 在气象预测过程中, 气象预测装置并非利用单个AI模型执行较多次数的迭代推理, 而是利用多个预测不同时间间隔的气象的AI模型进行较少次数的推理, 这不仅可以有效减小迭代误差, 而且也能降低迭代推理所需的资源消耗。

35 在一种可能的实施方式中, 气象预测装置在确定多个第一AI模型时, 具体可以是根据目标时间, 从模型库中确定多个第一AI模型以及该多个第一AI模型中各个第一AI模型所需执行的迭代推理操作的次数, 如部分第一AI模型迭代推理3次, 其它第一AI模型迭代推理10

次等，从而气象预测装置在利用多个第一AI模型进行推理时，具体可以是根据气象数据以及各个第一AI模型所需执行的迭代推理操作的次数，利用该多个第一AI模型依次执行迭代推理操作。如此，气象预测装置利用多个第一AI模型分别执行至少一次的迭代推理操作，即可得到目标时间的气象预测结果，以此实现减小迭代误差、降低迭代推理所需的资源消耗。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置所获取的气象数据，可以包括三维气象数据。进一步地，所获取的气象数据还可以包括二维气象数据，即气象预测装置可以基于三维气象数据以及二维气象数据进行气象预测。如此，基于完整的三维气象数据进行推理所得到的气象预测结果的精度可以达到较高水平，如可以超过传统的基于数值天气预报技术所得到的气象预测结果的精度等。

实际应用时，气象预测装置所获取的气象数据，也可以是二维气象数据。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置所获取的气象数据为三维气象数据以及二维气象数据，则气象预测装置在进行气象预测时，具体可以是将三维气象数据以及二维气象数据进行耦合，得到融合气象数据，从而根据该融合气象数据，利用多个第一AI模型进行推理，以此得到目标时间的第一气象预测结果。其中，在耦合二维气象数据以及三维气象数据时，具体可以是分别将二维气象数据以及三维气象数据投影到高维的向量空间，并在高维的向量空间进行向量拼接，以此得到融合气象数据。如此，基于完整的三维气象数据进行推理所得到的气象预测结果的精度可以达到较高水平。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置在进行气象预测时，具体可以是在利用多个第一AI模型对气象数据进行推理的过程中，对多个第一AI模型中的中间变量或者注意力机制的计算结果增加偏置，该偏置根据气象数据中的高度信息或者纬度信息进行确定。如此，利用偏置可以对AI模型的中间计算结果进行补偿，能够克服气象数据的不均匀分布对气象预测结果的精度的影响，以此可以提高利用AI模型进行推理的准确性。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置还可以根据目标时间，从模型库中确定多个第二AI模型，该多个第二AI模型中不同第二AI模型用于预测不同时间间隔的气象；其中，该多个第二AI模型与上述多个第一AI模型之间可以具有不同的数据输入、模型结构、采用不同的迭代推理算法，或者，第二AI模型与第一AI模型用于预测不同时间间隔的气象等；然后，气象预测装置根据该气象数据，利用多个第二AI模型进行推理，得到目标时间的第二气象预测结果，每个第二AI模型执行至少一次迭代推理操作。如此，气象预测装置可以利用另一组AI模型进行推理，能够得到另一种气象预测结果，从而气象预测装置可以通过呈现该第二气象预测结果来呈现预测出的多种可能的气象，以提高用户体验；或者，气象预测装置可以根据第一气象预测结果、第二气象预测结果等多种气象预测结果来综合确定最终输出的气象预测结果，以进一步提高气象预测的准确性。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置可以根据第一气象预测结果以及第二气象预测结果确定目标气象预测结果，如通过投票或者计算平均值等方式确定目标气象预测结果等，并输出目标气象预测结果。如此，气象预测装置可以通过综合多组AI模型分别推理得到的气象推理结果，综合确定出唯一的气象预测结果并进行输出，可以提高气象预测的准确性。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置还可以获取位置信息，该位置信息用于指示某个地域，如A城市等，或者指示全球范围等，并且，上述利用多个第一AI模型所推理出的第一气象预测结果用于指示该位置信息对应的气象，则，气象预测装置在确定多个第一AI模型时，具体可以是根据位置信息以及时间信息，从模型库中确定用于对该位置信息所指示的地域的气象进行推理的多个第一AI模型。如此，可以实现针对某个地域的气象进行独立预测。

在一种可能的实施方式中，气象预测装置在获取目标时间时，具体可以是先输出交互界面，如通过对外呈现的客户端呈现该交互界面等，从而响应于用户在该交互界面的操作，获取用户输入的目标时间。如此，可以由用户指定对未来哪个时刻或者哪个时间段内的气象进行预测，以便推理出的气象预测结果能够满足用户需求，提高用户体验。

第二方面，本申请实施例还提供了一种气象预测装置，包括：数据获取模块，用于获取气象数据以及目标时间；模型确定模块，用于根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型，所述多个第一AI模型中不同第一AI模型用于预测不同时间间隔的气象；推理模块，用于根据所述气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理，得到所述目标时间的第一气象预测结果，每个第一AI模型执行至少一次迭代推理操作。

在一种可能的实施方式中，所述模型确定模块，用于根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型以及所述多个第一AI模型中各个第一AI模型所需执行的迭代推理操作的次数；所述推理模块，用于根据所述气象数据、所述各个第一AI模型所需执行的迭代推理操作的次数，利用所述多个第一AI模型依次执行迭代推理操作。

在一种可能的实施方式中，所述气象数据包括三维气象数据。

在一种可能的实施方式中，所述气象数据包括所述三维气象数据以及二维气象数据；所述推理模块，用于：将所述三维气象数据以及所述二维气象数据进行耦合，得到融合气象数据；根据所述融合气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理。

在一种可能的实施方式中，所述推理模块，用于在利用所述多个第一AI模型对所述气象数据进行推理的过程中，对所述多个第一AI模型中的中间变量或者注意力机制的计算结果增加偏置，所述偏置根据所述气象数据中的高度信息或者纬度信息进行确定。

在一种可能的实施方式中，所述模型确定模块，还用于根据所述目标时间，从模型库中确定多个第二AI模型，所述多个第二AI模型中不同第二AI模型用于预测不同时间间隔的气象；所述推理模块，还用于根据所述气象数据，利用所述多个第二AI模型进行推理，得到所述目标时间的第二气象预测结果，每个第二AI模型执行至少一次迭代推理操作。

在一种可能的实施方式中，所述推理模块，还用于：根据所述第一气象预测结果以及所述第二气象预测结果，确定目标气象预测结果；输出所述目标气象预测结果。

在一种可能的实施方式中，所述数据获取模块，还用于获取位置信息，所述第一气象预测结果用于指示所述位置信息对应的气象；所述模型确定模块，用于根据所述位置信息以及所述目标时间，从所述模型库中确定所述多个第一人工智能AI模型。

在一种可能的实施方式中，所述数据获取模块，用于：输出交互界面；响应于用户在所述交互界面的操作，获取所述用户输入的所述目标时间。

值得注意的是，第二方面提供的气象预测装置，对应于第一方面提供的气象预测方法，

故第二方面以及第二方面中任一实施方式所具有的技术效果，可参见第一方面或者第一方面的相应实施方式所具有的技术效果。

第三方面，本申请提供一种计算设备，所述计算设备包括处理器和存储器；所述存储器用于存储指令，所述处理器执行所述存储器存储的该指令，以使所述计算设备执行上述第一方面或第一方面任一种可能实现方式中的气象预测方法。需要说明的是，该存储器可以集成于处理器中，也可以是独立于处理器之外。所述计算设备还可以包括总线。其中，处理器通过总线连接存储器。其中，存储器可以包括可读存储器以及随机存取存储器。

第四方面，本申请提供一种计算设备集群，所述计算设备包括至少一个计算设备，所述至少一个计算设备包括至少一个处理器和至少一个存储器；所述至少一个存储器用于存储指令，所述至少一个处理器执行所述至少一个存储器存储的该指令，以使所述计算设备集群执行上述第一方面或第一方面任一种可能实现方式中的气象预测方法。需要说明的是，该存储器可以集成于处理器中，也可以是独立于处理器之外。所述至少一个计算设备还可以包括总线。其中，处理器通过总线连接存储器。其中，存储器可以包括可读存储器以及随机存取存储器。

第五方面，本申请提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有指令，当其在至少一个计算设备上运行时，使得所述至少一个计算设备执行上述第一方面或第一方面的任一种实现方式所述的方法。

第六方面，本申请提供了一种包含指令的计算机程序产品，当其在至少一个计算设备上运行时，使得所述至少一个计算设备执行上述第一方面或第一方面的任一种实现方式所述的方法。

本申请在上述各方面提供的实现方式的基础上，还可以进行进一步组合以提供更多实现方式。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请中记载的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1为本申请提供的一示例性应用场景的示意图；

图2为本申请提供的另一示例性应用场景的示意图；

图3为本申请提供的一种气象预测方法的流程示意图；

图4为本申请提供的一种多个AI模型串行执行推理过程的示意图；

图5为本申请提供的基于二维气象数据以及三维气象数据进行气象预测的示意图；

图6为本申请提供的一种计算设备的结构示意图；

图7为本申请提供的一种计算设备集群的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请中的附图，对本申请提供的实施例中的方案进行描述。

本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语在适当情况下可以互换，这仅仅是描述本申请的实施例中相同属性的对象在描述时所采用的区分方式。

在对某个地区或者全球进行气象预测时，通常会基于NWP技术，根据反映大气实际情况的数据，通过数学物理过程建模以及求解复杂的流体力学和热力学的方程的方式，预测出该地区或者全球在未来某个时刻的气象。但是，求解复杂的方程需要消耗较高的算力，而且预测时延通常也较高。

5 基于此，本申请提供了一种气象预测方法，该气象预测方法可以由相应的气象预测装置执行，用于降低气象预测所需的算力、缩短预测时延。具体实现时，气象预测装置获取气象数据以及目标时间，并根据该目标时间，从模型库中确定多个人工智能（artificial intelligence, AI）模型。其中，不同AI模型用于预测不同时间间隔的气象，如确定AI模型a、AI模型b以及AI模型c，并且，AI模型a用于预测1小时的气象，AI模型b用于预测12小时的气象，AI模型c用于预测3天的气象等。这样，气象预测装置根据该气象数据，利用多个AI模型进行推理，能够得到该目标时间的气象预测结果，其中，每个AI模型执行至少一次迭代推理操作。

10 由于气象预测装置是利用多个AI模型进行气象预测，无需执行复杂的方程求解过程，这不仅可以有效减小气象预测所需消耗的算力，而且AI模型能够快速输出目标时间的气象预测结果，以此能够显著降低气象预测的时延。

15 另外，在气象预测过程中，气象预测装置并非利用单个AI模型执行较多次数的迭代推理，而是利用多个预测不同时间间隔的气象的AI模型进行较少次数的推理，这不仅可以有效减小迭代误差，而且也能降低迭代推理所需的资源消耗。

20 举例来说，假设当前需要预测3天14小时后的全球天气，此时，如果采用上述单个AI模型a进行迭代推理，则气象预测装置需要利用该AI模型a迭代推理86次（即 $3*24+14$ ）才能推理得到3天14小时后的气象预测结果。而当同时采用AI模型a、AI模型b以及AI模型c进行推理时，由于AI模型c可以预测3天后的气象、AI模型b可以预测12小时后的气象、AI模型a可以预测1小时后的气象，因此，气象预测装置可以利用AI模型c推理1次、再利用AI模型b推理1次、最后再利用AI模型c推理2次，即可得到3天14小时后的气象预测结果（即3天+12小时+1小时*2）。

25 作为一种示例，上述气象预测装置可以被部署于云端，用于为用户提供气象预测的云服务。例如，在图1所示的应用场景中，气象预测装置100可以部署于云端，例如可以是由云端的计算设备或者计算设备集群实现。并且，气象预测装置100可以对外提供客户端200，用于实现与用户300的交互，如接收用户300输入的上述目标时间，或者向用户300反馈目标的气象预测结果等。实际应用时，客户端200例如可以是运行在用户侧设备上的应用程序，或者可以是气象预测装置100对外提供的网络浏览器等。气象预测装置100可以包括数据获取模块101、模型确定模块102、推理模块103。其中，数据获取模块101，用于获取用户300通过客户端200输入的目标时间，将目标时间提供给模型确定模块102，并从云端获取气象数据，将气象数据提供给推理模块103；模型确定模块102，用于根据目标时间，从模型库中确定多个AI模型（该模型库随气象预测装置100被部署于云端），并将该多个AI模型提供给推理模块103；推理模块103，用于根据气象数据，利用多个AI模型进行推理，得到目标时间的气象预测结果。进一步地，推理模块103还可以将目标时间的气象预测结果发送给客户端200，以便客户端200将气象预测结果呈现给用户300。

作为另一种示例，上述气象预测装置可以被部署于本地，从而可以为用户提供本地的气象预测服务。例如，在图2所示的应用场景中，上述气象预测装置具体可以是本地的终端400，从而用户300可以向终端400输入目标时间以及气象数据，终端400利用该目标时间，从部署于本地的模型库中确定多个AI模型，并根据该气象数据，利用多个AI模型进行推理，得到目标时间的气象预测结果，并向用户300呈现该气象预测结果。

实际应用时，上述气象预测装置可以通过软件实现，或者可以通过硬件实现。

气象预测装置作为软件功能单元的一种举例，可以包括运行在计算实例上的代码。其中，计算实例可以包括主机、虚拟机、容器中的至少一种。进一步地，上述计算实例可以是一台或者多台。例如，气象预测装置可以包括运行在多个主机/虚拟机/容器上的代码。需要说明的是，用于运行该代码的多个主机/虚拟机/容器可以分布在相同的区域(region)中，也可以分布在不同的region中。进一步地，用于运行该代码的多个主机/虚拟机/容器可以分布在相同的可用区(availability zone, AZ)中，也可以分布在不同的AZ中，每个AZ包括一个数据中心或多个地理位置相近的数据中心。其中，通常一个region可以包括多个AZ。

同样，用于运行该代码的多个主机/虚拟机/容器可以分布在同一个虚拟私有云(virtual private cloud, VPC)中，也可以分布在多个VPC中。其中，通常一个VPC设置在一个region内，同一region内两个VPC之间，以及不同region的VPC之间跨区通信需在每个VPC内设置通信网关，经通信网关实现VPC之间的互连。

气象预测装置作为硬件功能单元的一种举例，气象预测装置可以包括至少一个计算设备，如服务器等。或者，气象预测装置也可以是利用专用集成电路(application-specific integrated circuit, ASIC)实现、或可编程逻辑器件(programmable logic device, PLD)实现的设备等。其中，上述PLD可以是复杂程序逻辑器件(complex programmable logical device, CPLD)、现场可编程门阵列(field-programmable gate array, FPGA)、通用阵列逻辑(generic array logic, GAL)、数据处理单元(Data processing unit, DPU)或其任意组合实现。

气象预测装置包括的多个计算设备可以分布在相同的region中，也可以分布在不同的region中。气象预测装置包括的多个计算设备可以分布在相同的AZ中，也可以分布在不同的AZ中。同样，气象预测装置包括的多个计算设备可以分布在同一个VPC中，也可以分布在多个VPC中。其中，所述多个计算设备可以是服务器、ASIC、PLD、CPLD、FPGA和GAL等计算设备的任意组合。

接下来，对气象预测过程的各种非限定性的具体实施方式进行详细描述。

参阅图3，为本申请实施例中一种气象预测方法的流程示意图。该方法可以应用于上述图1或者图2所示的应用场景中，或者也可以是应用于其它可适用的应用场景中。下面以应用于图1所示的应用场景为例进行说明。在图1所示的应用场景中，气象预测装置100中的数据获取模块101、模型确定模块102以及推理模块103的功能，具体参见下述实施例的相关描述。

图3所示的气象预测方法具体可以包括：

S301：数据获取模块101获取目标时间以及气象数据。

通常情况下，在进行气象预测时，可以先确定所要预测的天气对应的时间，如预测24

小时后的气象等，以下称之为目标时间。

作为一种获取目标时间的示例，气象预测装置100可以对外提供客户端200，并且，该客户端200可以向用户300呈现交互界面，从而用户300可以在该交互界面上输入所要预测的目标时间。相应地，气象预测装置100响应于用户300在该交互界面上的操作，获取用户输入的目标时间。其中，用户300输入的目标时间，可以是一个时刻，如当前时刻可以为8:00:00，则目标时间可以是与当前时刻距离10小时的未来时刻18:00:00，从而气象预测装置100后续可以向用户300反馈18:00:00这一时刻所对应的气象预测结果。或者，用户300输入的目标时间，也可以是一个时间段，如8:00:00~18:00:00之间的时间段，从而气象预测装置100后续可以向用户300反馈该时间段内的多个时刻分别对应的气象预测结果，如反馈9:00:00对应的气象预测结果、10:00:00对应的气象预测结果、13:00:00对应的气象预测结果以及18:00:00对应的气象预测结果等。或者，气象预测装置100可以默认执行周期性的气象预测，该周期对应的时刻可以是目标时间等。

另外，数据获取模块101还会获取气象数据，该气象数据可以是二维气象数据，或者可以是三维气象数据，又或者同时包括二维气象数据以及三维气象数据等。其中，二维气象数据，例如可以是温度、湿度、风速、总降雨量、总光照量等信息；三维气象数据，例如可以是等压面、高度、温度、湿度等信息。

作为一些获取气象数据的示例，用户300可以通过客户端200向气象预测装置100导入气象数据，从而数据获取模块101可以接收客户端200发送的气象数据；或者，气象预测装置100可以从网络中获取气象数据，如可以通过远程访问气象探测设备的方式实时获取当前的气象数据等。

值得注意的是，上述数据获取模块101获取目标时间以及气象数据的实现方式，仅作为一些示例性说明，实际应用时，数据获取模块101也可以通过其它方式获取目标时间以及气象数据，本实施例对此并不进行限定。

数据获取模块101在获取到目标时间以及气象数据后，可以将目标时间提供给模型确定模块102，将气象数据提供给推理模块103。

S302: 模型确定模块102根据目标时间，从模型库中确定多个AI模型，该多个AI模型中的不同AI模型用于预测不同时间间隔的气象。

其中，气象预测装置100中可以部署有模型库，该模型库中包括多个不同的AI模型，并且，不同AI模型用于预测不同时间间隔的气象。比如，模型库中可以包括10个AI模型，该10个AI模型分别用于预测1小时、2小时、3小时、5小时、7小时、12小时、24小时（即1天）、72小时（即3天）、168小时（即7天）以及360小时（即15天）后的气象。进一步的，模型库中还可以包括用于预测同一时间间隔的气象的多个AI模型，该多个AI模型在模型输入、模型结构、模型推理所采用的迭代推理算法、模型训练算法等方面存在差异。比如，模型库中还可以包括AI模型m、AI模型n以及AI模型w，并且，这三个AI模型均用于预测1小时的气象，其中，AI模型m与AI模型n采用不同训练算法完成训练，AI模型m与AI模型w具有不同的神经网络架构等。

示例性地，模型库中的AI模型，可以基于transformer结构的神经网络进行构建，如基于视觉自注意力网络（vision transformer）进行构建等，或者可以是基于其它类型的神经网络

络进行构建，本实施例对此并不进行限定。

本实施例中，气象预测装置100可以从模型库中筛选出多个AI模型，实现对目标时间的气象进行预测。具体实现时，模型确定模块102可以先根据目标时间，从模型库中筛选出此次进行气象预测的多个AI模型，该多个AI模型所预测的气象的时间间隔的总时长与该目标时间相匹配。

比如，假设目标时间为3天15小时，如预测距离当前时刻3天15小时后的气象，此时，模型确定模块102可以根据该目标时间，从模型库中筛选出用于预测3小时后气象的AI模型x、用于预测12小时后气象的AI模型y以及用于预测72小时后气象的AI模型z，这三个AI模型所能预测的气象的间隔时长可以为87小时（即3小时+12小时+72小时），也即3天15小时。

模型确定模块102在确定出多个AI模型后，可以将该多个AI模型提供给推理模块103。

S303：推理模块103根据获取的气象数据，利用多个AI模型进行推理，得到目标时间的气象预测结果，其中，每个AI模型执行至少一次迭代推理操作。

具体实现时，推理模块103可以将气象数据，输入至其中一个AI模型，并由该AI模型根据该气象数据进行推理，所得到的推理结果1可以作为第二个AI模型输入，并由第二个AI模型根据该推理结果1进行推理，并将得到的推理结果2继续输入至下一个AI模型中。即推理模块103在将T1时刻的气象数据输入至第一个AI模型后，其余AI模型的输入为上一个AI模型的输出的推理结果，如图4所示。如此，推理模块103利用该多个AI模型依次执行推理操作，可以得到最后一个AI模型所输出的气象预测结果，也即图4中所示的T2时刻的气象预测结果。

其中，多个AI模型依次推理的顺序，可以由推理模块103根据预设规则进行确定。比如，多个AI模型依次执行推理操作的顺序，可以为该多个AI模型所能预测的气象的时间间隔从小到大的顺序。仍以目标时间为3天15小时为例，第一个执行推理操作的AI模型可以为用于预测3小时后气象的AI模型x，该AI模型x根据气象数据进行推理所得到的推理结果1，可以作为用于预测12小时后气象的AI模型y的输入，并由AI模型y执行推理操作后输出推理结果2，并将该推理结果2作为用于预测72小时后气象的AI模型z的输入，从而由该AI模型z执行推理操作后输出最终的推理结果，也即目标时间的气象预测结果。或者，多个AI模型依次推理的顺序，可以由推理模块103随机确定，如推理模块103可以基于随机算法确定AI模型x、AI模型y以及AI模型z的推理顺序为AI模型z→AI模型x→AI模型y等。本实施例中，对于多个AI模型执行推理操作的顺序并不进行限定。

实际应用时，当模型库中用于预测不同时间间隔的气象的AI模型较多时，如模型库中可以包括分别用于预测1小时、2小时、3小时、5小时、7小时、12小时、24小时、72小时、168小时以及360小时的气象的10个AI模型等，对于任意的目标时间，推理模块103可以利用所确定出的各个AI模型分别执行一次推理过程，即可得到目标时间的气象预测结果。举例来说，假设目标时间为3天15小时，推理模块103可以通过依次利用AI模型x、AI模型y以及AI模型z分别执行一次推理过程，即可得到为3天15小时的气象预测结果。

而当模型库中用于预测不同时间间隔的气象的AI模型较少时，如模型库中包括分别用于预测1小时、12小时、72小时以及168小时后的气象的4个AI模型等，对于任意的目标时间，模型确定模块102可以根据目标时间，从模型库中确定多个AI模型以及每个AI模型所需执行

的迭代推理操作的次数，并将确定出的多个AI模型以及每个AI模型所需执行的迭代推理操作的次数提供给推理模块103。推理模块103可以根据各个AI模型所需执行的迭代推理操作的次数，对部分或者全部AI模型迭代多次执行推理过程，以此得到目标时间的气象预测结果。仍以目标时间为3天15小时为例，模型确定模块102可以根据该目标时间可以从模型库中确定用于预测1小时后气象的AI模型o、用于预测12小时后气象的AI模型p、用于预测72小时后气象的AI模型q。其中，AI模型o所需执行的迭代推理操作的次数为3次，AI模型p所需执行的迭代推理操作的次数为1次，AI模型q所需执行的迭代推理操作的次数为1次；相应地，多个AI模型所能预测的气象的时间间隔的总时长为87小时（即1小时*3+12小时*1+72小时*1）。如此，推理模块103可以根据各个AI模型对应的迭代次数，利用AI模型o迭代执行3次推理操作，并将3次迭代推理后所得到的结果提供给AI模型p；然后，推理模块103再利用AI模型p执行1次推理操作，并将执行1次推理操作后所得到的结果提供给AI模型q，从而由AI模型q执行1次推理操作后，可以输出得到目标时间的气象预测结果。示例性地，模型确定模块102所确定出的多个AI模型以及各个AI模型所需执行的推理操作的次数，可以满足下述公式（1）。

$$T = f_1 * N_1 + f_2 * N_2 + \dots + f_n * N_n \quad (1)$$

其中，T是指目标时间； f_1 至 f_n 分别是指模型确定模块102所确定出的n个AI模型； N_1 至 N_n 分别是指AI模型 f_1 至 f_n 分别所需执行的推理操作的次数，如 N_1 是指AI模型 f_1 所需执行的推理操作的次数、 N_n 是指AI模型 f_n 所需执行的推理操作的次数。

相应地，模型库中的多个AI模型，可以预先根据过去时间段内的气象数据完成训练。比如，对于模型库中的用于预测1小时时间间隔的AI模型，可以利用过去时间段内的5:00:00的气象数据以及6:00:00的气象数据完成训练。具体地，5:00:00的气象数据可以作为该AI模型的输入，并由AI模型根据该输入进行推理，得到AI模型预测的6:00:00的气象数据。然后，通过比较该AI模型预测的6:00:00的气象数据与实际的6:00:00的气象数据之间的差异，对AI模型中的参数进行梯度调整，从而利用多组气象数据对该AI模型进行迭代训练，直至满足AI模型的训练终止条件，如该AI模型的损失函数的值小于预设值等。参照类似方式，可以训练得到多个用于预测不同时间间隔的气象的AI模型。实际应用时，模型库中的多个AI模型也可以基于其它方式训练得到，本实施例对此并不进行限定。在训练得到多个AI模型后，可以基于该多个AI模型创建模型库，并将该模型库部署于气象预测装置100中。其中，模型库中的多个AI模型，可以由气象预测装置100完成训练，也可以是由其它设备在完成AI模型的训练后，由其它设备发送给气象预测装置100等，本实施例对此并不进行限定。

推理模块103在预测目标时间的气象的过程中，输入至其中一个AI模型的气象数据，可以是二维气象数据，或者可以是三维气象数据，或者同时包括二维气象数据以及三维气象数据。其中，当气象数据同时包括二维气象数据以及三维气象数据时，推理模块103在将该气象数据输入至AI模型之前，可以预先将二维气象数据以及三维气象数据进行耦合，得到融合气象数据，从而推理模块103根据该融合气象数据，利用多个AI模型进行推理。

在一种可能的实施方式中，推理模块103可以将二维气象数据输入至神经网络1中，从而由该神经网络1将该二维气象数据投影到高维（大于或者等于三维）空间，得到高维的特征向量。并且，推理模块103还将三维气象数据输入至神经网络2中，从而由该神经网络2

将该三维气象数据投影到高维（大于或者等于三维）空间，得到高维的特征向量，如图5所示。然后，推理模块103可以将神经网络1输出的高维特征向量与神经网络2输出的高维特征向量进行拼接，其中，这两个神经网络所输出的高维特征向量之间，在三维气象数据中的高度这一维度对应的特征向量存在差异之外，其余维度的特征向量相匹配，即其余维度的特征向量的值可以在拼接高维特征向量的过程中进行求和运算，所计算出的新的高维特征向量即为上述融合气象数据。例如，神经网络1输出5维的特征向量，神经网络2输出6维的特征向量，其中，6维特征向量中的5个维度的特征向量与神经网络1输出的5个维度的特征向量相匹配，6维特征向量中的第6个维度的特征向量为三维气象数据中的高度这一维度对应的特征向量。则，在拼接神经网络1输出的5维特征向量与神经网络2输出的6维特征向量时，6维特征向量中的第6维度的特征向量的值保持不变，而6维特征向量中的其余5个维度的特征向量的值可以与5维特征向量的值对应求和。如此，基于完整的三维气象数据进行建模以及气象预测，相比于仅基于二维气象数据进行气象预测的方式，不仅可以集成更多维度的信息，而且也保留了更多维度的数据之间的关系特征，从而可以有效提高气象预测的精度。

示例性地，上述用于耦合二维气象数据以及三维气象数据的神经网络1以及神经网络2，例如可以是全连接神经网络（full connect neural network, FCNN）、卷积核为1的卷积神经网络（convolutional neural networks, CNN）中的任意一种或者多种，也可以是其它可适用的神经网络，本实施例对此并不进行限定。

在利用多个AI模型根据融合气象数据进行推理得到气象预测结果后，推理模块103还可以对该气象预测结果进行解耦，得到二维的气象预测结果与三维的气象预测结果，如图5所示。其中，数据解耦的过程可以为上述数据耦合的过程的逆运算。具体地，多个AI模型中的最后一个AI模型所输出的气象预测结果可以是高维特征向量，从而推理模块103可以将该高维特征向量进行拆分，得到两个不同的高维特征向量，拆分高维特征向量的过程与前述拼接高维特征向量的过程相反。然后，推理模块103可以将拆分得到的两个高维特征向量分别输入至神经网络3以及神经网络4中，从而由这两个神经网络输出得到二维的气象预测结果与三维的气象预测结果，如图5所示。

相应地，当气象数据同时包括二维气象数据以及三维气象数据时，模型库中的多个AI模型可以基于过去时间段内的二维气象数据以及三维气象数据进行训练，具体可以是先对该二维气象数据以及三维气象数据进行耦合所得到的融合气象数据训练AI模型，其利用融合气象数据训练AI模型的过程可以参见前述关于训练AI模型的相关之处描述，在此不做赘述。

实际应用场景中，气象数据的分布通常并不均匀以及具有不规则性。比如，靠近赤道（即纬度较低）的气象数据的分布通常较为稀疏，而靠近南极或者北极（即纬度较高）的气象数据的通常分布较为密集。又比如，不同地区的等压面的高度（气象数据中的一种）通常并不相同，如A地区的1km高度处的大气压与B地区的2km高度处的大气压相同。因此，推理模块103在利用多个AI模型进行气象预测的过程中，可以对AI模型的中间计算结果进行补偿，以克服气象数据的不均匀分布对气象预测结果的精度的影响。

作为一种实现示例，在各个AI模型进行推理的过程中，推理模块103可以对各个AI模型

中各个计算单元的中间变量的计算结果增加偏置 (bais), 该偏置根据气象数据中的高度信息或者纬度信息进行确定, 即对于AI模型根据不同位置的气象数据所计算出的中间变量的计算结果, 如果纬度或者高度不同, 则为该中间变量的计算结果增加的偏置的大小也会存在差异, 而当纬度 (以及高度) 相同时, 为该中间变量的计算结果增加的偏置的大小相同。

5 作为另一种实现示例, 各个AI模型采用注意力机制 (attention) 进行推理, 则, 在各个AI模型进行推理的过程中, 推理模块103可以对各个AI模型中的注意力机制的计算结果增加偏置, 该偏置根据气象数据中的高度信息或者纬度信息进行确定, 即AI模型根据不同位置的气象数据所计算出的注意力机制的计算结果, 如果纬度或者高度不同, 则对于该注意力机制的计算结果所增加的偏置的大小也会存在差异, 而当纬度 (以及高度) 相同时, 对于该注意力机制的计算结果所增加的偏置的大小相同。进一步地, 对于注意力机制的计算结果所增加的偏置, 还可以在经度上满足平移对称性, 即在根据不同位置的气象数据计算注意力机制的计算结果时, 由于不同的地理位置绕地轴旋转满足对称性, 因此, 对于经度差相同的两个地理位置对应的注意力机制的计算结果, 可以增加相同大小的偏置 (同时满足高度以及纬度信息一致)。如此, 通过对AI模型中的中间变量或者注意力机制的计算结果增加偏置, 可以克服气象数据的不规则性对气象预测结果所产生的影响, 以此可以进一步提高气象预测结果的精度。

10 在进一步可能的实施方式中, 气象预测装置100还可以基于多组AI模型分别根据气象数据预测目标时间的气象, 以此提供目标时间的气象的多种预测可能, 下面以确定出2组AI模型进行气象预测为例进行示例性说明。为便于区分以及描述, 以下将上述进行气象预测所使用的AI模型称之为第一AI模型 (即第一组AI模型), 所得到的目标时间的气象预测结果称之为第二预测结果。

15 模型确定模块102不仅可以确定出上述多个第一AI模型, 还可以确定多个第二AI模型 (即第二组AI模型), 该多个第二AI模型中的不同第二AI模型用于预测不同时间间隔的气象, 并且, 该多个第二AI模型所预测的气象的时间间隔的总时长与该目标时间相匹配, 每个第二AI模型执行至少一次迭代推理操作。其中, 相对于第一AI模型, 所确定出的第二AI模型可以在所预测的气象的时间间隔的组合存在差异。比如, 假设目标时间为3天15小时, 则模型确定模块102所确定出的多个第一AI模型分别为用于预测3小时后气象的AI模型x、用于预测12小时后气象的AI模型y、用于预测72小时后气象的AI模型z, 而确定出的多个第二AI模型分别为用于预测1小时后气象的AI模型u、用于预测6小时后气象的AI模型v、用于预测24小时后气象的AI模型w, 又或者可以是其它可能的组合。然后, 推理模块103可以利用多个第二AI模型根据气象数据进行推理, 得到目标时间的第二气象预测结果, 具体可以是利用AI模型u迭代推理3次、AI模型v迭代推理2次、利用AI模型w迭代推理3次, 如此, 这三个AI模型对应的时间间隔的总时长为3天15小时 (即1小时*3+6小时*2+24小时*3)。其中, 推理模块103利用多个第二AI模型推理得到目标时间的第二气象预测结果的具体实现过程, 可参见前述实施例中利用多个第一AI模型推理得到目标时间的第一气象预测结果的相关之处描述, 在此不做赘述。

35 或者, 推理模块103所确定出的多个第二AI模型, 与第一AI模型在模型输入、模型结构、模型推理所采用的迭代推理算法、模型训练算法等方面存在差异等, 本实施例对此并不进

行限定。

推理模块103在基于多组AI模型推理得到多个不同的气象预测结果后,可以将该多个不同的气象预测结果,通过客户端200呈现给用户300,以便由用户300根据多个气象预测结果评估未来目标时间的气象。

5 或者,推理模块103还可以根据多个不同的气象预测结果,确定唯一的气象预测结果。具体实现时,推理模块103可以比较第一气象预测结果与第二气象预测结果之间差异,并且,当第一气象预测结果与第二气象预测结果之间的差异处于预设误差范围之内,则推理模块103可以将该第一气象预测结果或者第二气象预测结果作为最终确定的目标气象预测结果,并输出该目标气象预测结果。而当第一气象预测结果与第二气象预测结果之间的差异超出
10 该预设误差范围,则推理模块103可以重新根据气象数据预测目标时间的气象,或者,推理模块103可以利用第三组AI模型根据气象数据确定第三气象预测结果,并按照少数服从多数的投票方式,将多个气象预测结果中相同或者相似数量最多的气象预测结果,确定为最终唯一输出的目标气象预测结果,或者推理模块103可以通过加权计算等方式确定唯一的目标气象预测结果等,本实施例对此并不进行限定。如此,气象预测装置100可以基于多组AI
15 模型,预测多种气象结果,并以此实现较大数目的集成气象预测。

推理模块103在确定出目标气象预测结果后,还可以将该目标气象预测结果输出给用户300,例如推理模块103可以将该目标气象预测结果发送给客户端200,并由客户端200将该目标气象预测结果呈现给用户300等。

20 值得注意的是,本实施例中是以气象预测装置100默认对某个地区的气象或者默认对全球的气象的进行预测为例进行说明。在其它实施例中,气象预测装置100还可以对用户指定的地域进行气象预测。具体实现时,数据获取模块101还可以获取位置信息,该位置信息用于指示需要进行气象预测的地域,如数据获取模块101可以通过输出的客户端200获取用户输入的位置信息等,从而模型确定模块102可以根据该位置信息以及目标时间,从模型库中
25 确定用于预测该位置信息所指示的地域的气象的多个AI模型(如第一AI模型或第二AI模型),以便利用所确定的多个AI模型预测该位置信息所指示的地域的气象。如此,可以由用户指定所要预测气象的地域,实现针对地域气象进行独立预测,以此提高用户进行气象预测的可选择性,提高用户体验。

30 本实施例中,气象预测装置100利用多个AI模型进行气象预测,无需执行复杂的方程求解过程,这不仅可以有效减小气象预测所需消耗的算力,而且AI模型能够快速输出目标时间的气象预测结果,以此能够显著降低气象预测的时延。在气象预测过程中,气象预测装置100并非利用单个AI模型执行较多次数的迭代推理,而是利用多个预测不同时间间隔的气象的AI模型进行较少次数的推理,这不仅可以有效降低减小误差,而且也能降低迭代推理所需的资源消耗。

35 另外,当气象数据包括三维气象数据时,基于完整的三维气象数据进行建模并进行气象预测,相比于仅基于二维气象数据进行气象预测的方式,不仅可以集成更多维度的信息,而且也保留了更多维度的数据之间的关系特征,从而可以有效提高气象预测的精度。并且,在利用AI模型进行推理的过程中,通过对中间变量的计算结果或者注意力机制的计算结果增加偏置,可以克服气象数据的不规则性对气象预测结果所产生的影响,以此可以进一步

提高气象预测结果的精度。实际应用场景中，基于上述方式进行气象预测的精度，能够超过基于NWP技术进行气象预测的精度。

上述图3所示实施例中，针对气象预测过程中所涉及到的气象预测装置100（包括上述数据获取模块101、模型确定模块102以及推理模块103）可以是配置于计算设备或者计算设备集群上的软件，并且，通过在计算设备或者计算设备集群上运行该软件，可以使得计算设备或者计算设备集群实现上述气象预测装置100所具有的功能。下面，基于硬件设备实现的角度，对气象预测的过程中所涉及的气象预测装置100进行详细介绍。

图6示出了一种计算设备的结构示意图，上述气象预测装置100可以部署在该计算设备上，该计算设备可以是云环境中的计算设备（如服务器），或边缘环境中的计算设备，或终端设备等具体可以用于实现上述图3所示实施例中数据获取模块101、模型确定模块102以及推理模块103的功能。

如图6所示，计算设备600包括处理器610、存储器620、通信接口630和总线640。处理器610、存储器620和通信接口630之间通过总线640通信。总线640可以是外设部件互连标准（peripheral component interconnect, PCI）总线或扩展工业标准结构（extended industry standard architecture, EISA）总线等。总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图6中仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。通信接口630用于与外部通信，例如获取气象数据、目标时间以及位置信息，以及输出气象预测结果等。

其中，处理器610可以为中央处理器(central processing unit, CPU)、专用集成电路(application specific integrated circuit, ASIC)、图形处理器(graphics processing unit, GPU)或者一个或多个集成电路。处理器610还可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，气象预测装置100中各个模块的功能可以通过处理器610中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。处理器610还可以是通用处理器、数据信号处理器(digital signal process, DSP)、现场可编程逻辑门阵列(field programmable gate array, FPGA)或者其他可编程逻辑器件，分立门或者晶体管逻辑器件，分立硬件组件，可以实现或者执行本申请实施例中公开的方法、步骤及逻辑框图。其中，通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等，结合本申请实施例所公开的方法可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器、闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器620，处理器610读取存储器620中的信息，结合其硬件完成气象预测装置100中的部分或全部功能。

存储器620可以包括易失性存储器(volatile memory)，例如随机存取存储器(random access memory, RAM)。存储器620还可以包括非易失性存储器(non-volatile memory)，例如只读存储器(read-only memory, ROM)，快闪存储器，HDD或SSD。

存储器620中存储有可执行代码，处理器610执行该可执行代码以执行前述气象预测装置100所执行的方法。

具体地，在实现图3所示实施例的情况下，且图3所示实施例中所描述的数据获取模块101、模型确定模块102以及推理模块103为通过软件实现的情况下，执行图3中的数据获取

模块101、模型确定模块102以及推理模块103的功能所需的软件或程序代码存储在存储器620中，数据获取模块101与其它设备的交互通过通信接口630实现，处理器用于执行存储器620中的指令，实现气象预测装置100所执行的方法。

5 图7示出的一种计算设备集群的结构示意图。其中，图7所示的计算设备集群70包括多个计算设备，上述气象预测装置100可以分布式地部署在该计算设备集群70中的多个计算设备上。如图7所示，计算设备集群70包括多个计算设备700，每个计算设备700包括存储器720、处理器710、通信接口730以及总线740，其中，存储器720、处理器710、通信接口730通过总线740实现彼此之间的通信连接。

10 处理器710可以采用CPU、GPU、ASIC或者一个或多个集成电路。处理器710还可以是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，气象预测装置100的部分功能可用通过处理器710中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。处理器710还可以是DSP、FPGA、通用处理器、其他可编程逻辑器件，分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件，可以实现或者执行本申请实施例中公开的部分方法、步骤及逻辑框图。其中，通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等，结合本申请实施例所
15 公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。软件模块可以位于随机存储器、闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器720，在每个计算设备700中，处理器710读取存储器720中的信息，结合其硬件可以完成气象预测装置100的部分功能。

20 存储器720可以包括ROM、RAM、静态存储设备、动态存储设备、硬盘（例如SSD、HDD）等。存储器720可以存储程序代码，例如，用于实现数据获取模块101的部分或者全部程序代码、用于实现模型确定模块102的部分或者全部程序代码、用于实现推理模块103的部分或者全部程序代码等。针对每个计算设备700，当存储器720中存储的程序代码被处理器710执行时，处理器710基于通信接口730执行气象预测装置100所执行的部分方法，如
25 其中一部分计算设备700可以用于执行上述数据获取模块101所执行的方法，一部分计算设备700可以用于执行上述模型确定模块102所执行的方法、一部分计算设备700用于执行上述推理模块103所执行的方法。存储器720还可以存储数据，例如：处理器710在执行过程中产生的中间数据或结果数据，例如，上述第一气象预测结果、第二气象预测结果、目标气象预测结果等。

30 每个计算设备700中的通信接口703用于与外部通信，例如与其它计算设备700进行交互等。

总线740可以是外设部件互连标准总线或扩展工业标准结构总线等。为便于表示，图7中每个计算设备700内的总线740仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

35 上述多个计算设备700之间通过通信网络建立通信通路，以实现气象预测装置100的功能。任一计算设备可以是云环境中的计算设备（例如，服务器），或边缘环境中的计算设备，或终端设备。

此外，本申请实施例还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有指令，当其在—一个或者多个计算设备上运行时，使得该—一个或者多个计算设备执行上述实施例气象预测装置100的各个模块所执行的方法。

5 此外，本申请实施例还提供了一种计算机程序产品，所述计算机程序产品被—一个或者多个计算设备执行时，所述—一个或者多个计算设备执行前述气象预测方法中的任一方法。该计算机程序产品可以为—一个软件安装包，在需要使用前述气象预测方法的任一方法的情况下，可以下载该计算机程序产品并在计算机上执行该计算机程序产品。

10 另外需说明的是，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于—一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。另外，本申请提供的装置实施例附图中，模块之间的连接关系表示它们之间具有通信连接，具体可以实现为—一条或多条通信总线或信号线。

15 通过以上的实施方式的描述，所属领域的技术人员可以清楚地了解到本申请可借助软件+必需的通用硬件的方式来实现，当然也可以通过专用硬件包括专用集成电路、专用CPU、专用存储器、专用元器件等来实现。—一般情况下，凡由计算机程序完成的功能都可以很容易地用相应的硬件来实现，而且，用来实现同一功能的具体硬件结构也可以是多种多样的，例如模拟电路、数字电路或专用电路等。但是，对本申请而言更多情况下软件程序实现是—更佳的实施方式。基于这样的理解，本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在可读取的存储介质中，如计算机的软盘、U盘、移动硬盘、ROM、RAM、磁碟或者光盘等，包括若干指令用以使得—一台计算机设备（可以是个人计算机，训练设备，或者网络设备）执行本申请各个实施例所述的方法。

25 在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式实现。

30 所述计算机程序产品包括—一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行所述计算机程序指令时，全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从—一个计算机可读存储介质向另一计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从—一个网站站点、计算机、训练设备或数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（DSL））或无线（例如红外、无线、微波等）方式向—另一个网站站点、计算机、训练设备或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存储的任何可用介质或者是包含—一个或多个可用介质集成的训练设备、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质，（例如，软盘、硬盘、磁带）、光介质（例如，DVD）、或者半导体介质（例如固态硬盘（Solid State Disk，SSD））等。

35

权利要求

1. 一种气象预测方法，其特征在于，所述方法包括：

获取气象数据以及目标时间；

5 根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型，所述多个第一AI模型中不同第一AI模型用于预测不同时间间隔的气象；

根据所述气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理，得到所述目标时间的第一气象预测结果，每个第一AI模型执行至少一次迭代推理操作。

2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型，包括：

10 根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型以及所述多个第一AI模型中各个第一AI模型所需执行的迭代推理操作的次数；

则，所述根据所述气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理，包括：

根据所述气象数据、所述各个第一AI模型所需执行的迭代推理操作的次数，利用所述多个第一AI模型依次执行迭代推理操作。

15 3. 根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述气象数据包括三维气象数据。

4. 根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述气象数据包括所述三维气象数据以及二维气象数据；

所述根据所述气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理，包括：

将所述三维气象数据以及所述二维气象数据进行耦合，得到融合气象数据；

20 根据所述融合气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理，包括：

25 在利用所述多个第一AI模型对所述气象数据进行推理的过程中，对所述多个第一AI模型中的中间变量或者注意力机制的计算结果增加偏置，所述偏置根据所述气象数据中的高度信息或者纬度信息进行确定。

6. 根据权利要求1至5任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

根据所述目标时间，从模型库中确定多个第二AI模型，所述多个第二AI模型中不同第二AI模型用于预测不同时间间隔的气象；

30 根据所述气象数据，利用所述多个第二AI模型进行推理，得到所述目标时间的第二气象预测结果，每个第二AI模型执行至少一次迭代推理操作。

7. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

根据所述第一气象预测结果以及所述第二气象预测结果，确定目标气象预测结果；

输出所述目标气象预测结果。

8. 根据权利要求1至7任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

35 获取位置信息，所述第一气象预测结果用于指示所述位置信息对应的气象；

所述根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型，包括：

根据所述位置信息以及所述目标时间，从所述模型库中确定所述多个第一人工智能AI模型。

9. 根据权利要求1至8任一项所述的方法，其特征在于，所述获取目标时间，包括：
输出交互界面；
响应于用户在所述交互界面的操作，获取所述用户输入的所述目标时间。
10. 一种气象预测装置，其特征在于，所述装置包括：
5 数据获取模块，用于获取气象数据以及目标时间；
模型确定模块，用于根据所述目标时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型，
所述多个第一AI模型中不同第一AI模型用于预测不同时间间隔的气象；
推理模块，用于根据所述气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理，得到所述目
标时间的第一气象预测结果，每个第一AI模型执行至少一次迭代推理操作。
- 10 11. 根据权利要求10所述的装置，其特征在于，所述模型确定模块，用于根据所述目标
时间，从模型库中确定多个第一人工智能AI模型以及所述多个第一AI模型中各个第一AI模
型所需执行的迭代推理操作的次数；
所述推理模块，用于根据所述气象数据、所述各个第一AI模型所需执行的迭代推理操
作的次数，利用所述多个第一AI模型依次执行迭代推理操作。
- 15 12. 根据权利要求10或11所述的装置，其特征在于，所述气象数据包括三维气象数据。
13. 根据权利要求12所述的装置，其特征在于，所述气象数据包括所述三维气象数据
以及二维气象数据；
所述推理模块，用于：
将所述三维气象数据以及所述二维气象数据进行耦合，得到融合气象数据；
20 根据所述融合气象数据，利用所述多个第一AI模型进行推理。
14. 根据权利要求10至13任一项所述的装置，其特征在于，所述推理模块，用于在利
用所述多个第一AI模型对所述气象数据进行推理的过程中，对所述多个第一AI模型中的中
间变量或者注意力机制的计算结果增加偏置，所述偏置根据所述气象数据中的高度信息或
者纬度信息进行确定。
- 25 15. 根据权利要求10至14任一项所述的装置，其特征在于，所述模型确定模块，还用
于根据所述目标时间，从模型库中确定多个第二AI模型，所述多个第二AI模型中不同第二
AI模型用于预测不同时间间隔的气象；
所述推理模块，还用于根据所述气象数据，利用所述多个第二AI模型进行推理，得到
所述目标时间的第二气象预测结果，每个第二AI模型执行至少一次迭代推理操作。
- 30 16. 根据权利要求15所述的装置，其特征在于，所述推理模块，还用于：
根据所述第一气象预测结果以及所述第二气象预测结果，确定目标气象预测结果；
输出所述目标气象预测结果。
17. 根据权利要求10至16任一项所述的装置，其特征在于，
所述数据获取模块，还用于获取位置信息，所述第一气象预测结果用于指示所述位置
35 信息对应的气象；
所述模型确定模块，用于根据所述位置信息以及所述目标时间，从所述模型库中确定
所述多个第一人工智能AI模型。
18. 根据权利要求10至17任一项所述的装置，其特征在于，所述数据获取模块，用于：

输出交互界面：

响应于用户在所述交互界面的操作，获取所述用户输入的所述目标时间。

19. 一种计算设备集群，其特征在于，包括至少一个计算设备，每个计算设备包括处理器和存储器：

5 所述处理器用于执行所述存储器中存储的指令，以使得所述计算设备集群执行权利要求1至9中任一项所述的方法。

20. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质中存储有指令，当其在至少一个计算设备上运行时，使得所述至少一个计算设备执行如权利要求1至9任一项所述的方法。

10 21. 一种包含指令的计算机程序产品，其特征在于，当其在至少一个计算设备上运行时，使得所述至少一个计算设备执行如权利要求1至9中任一项所述的方法。

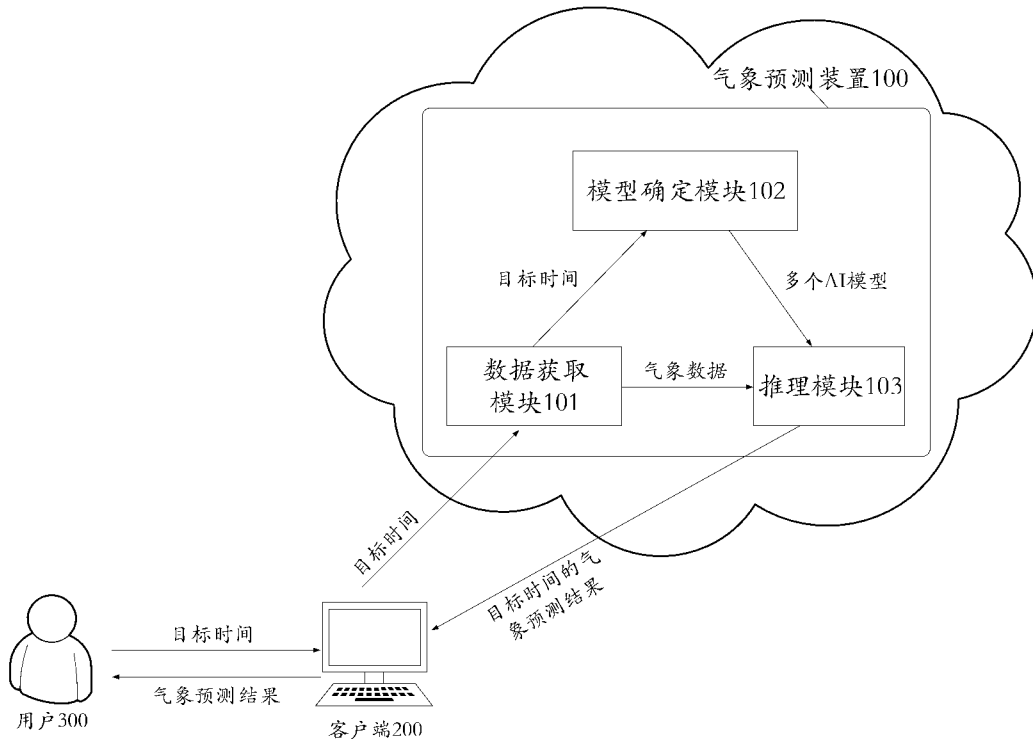


图 1

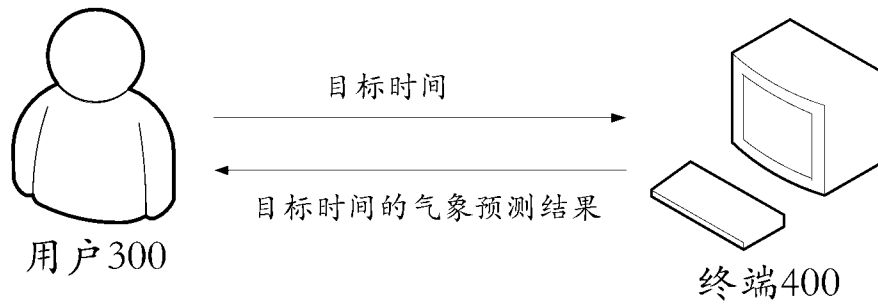


图 2

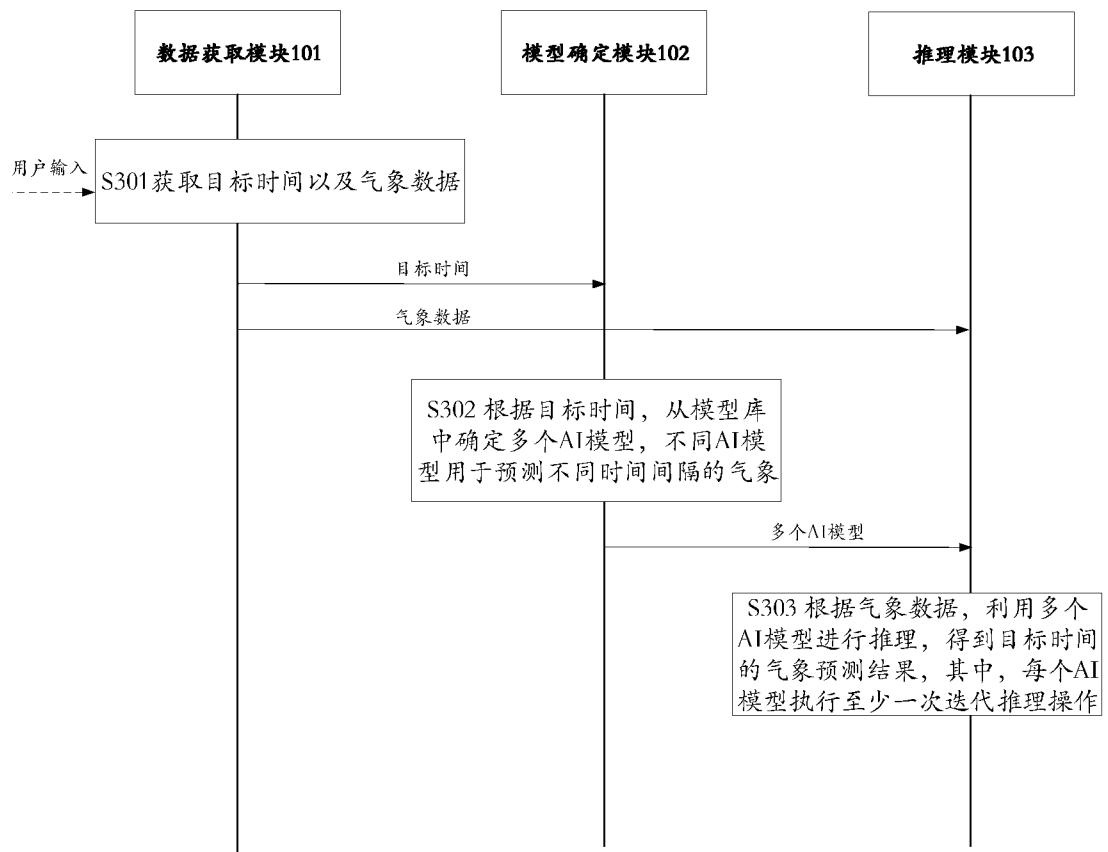


图 3

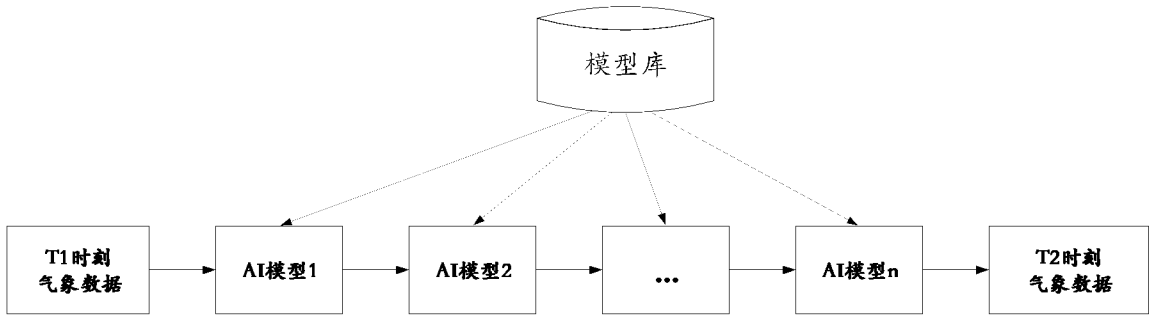


图 4

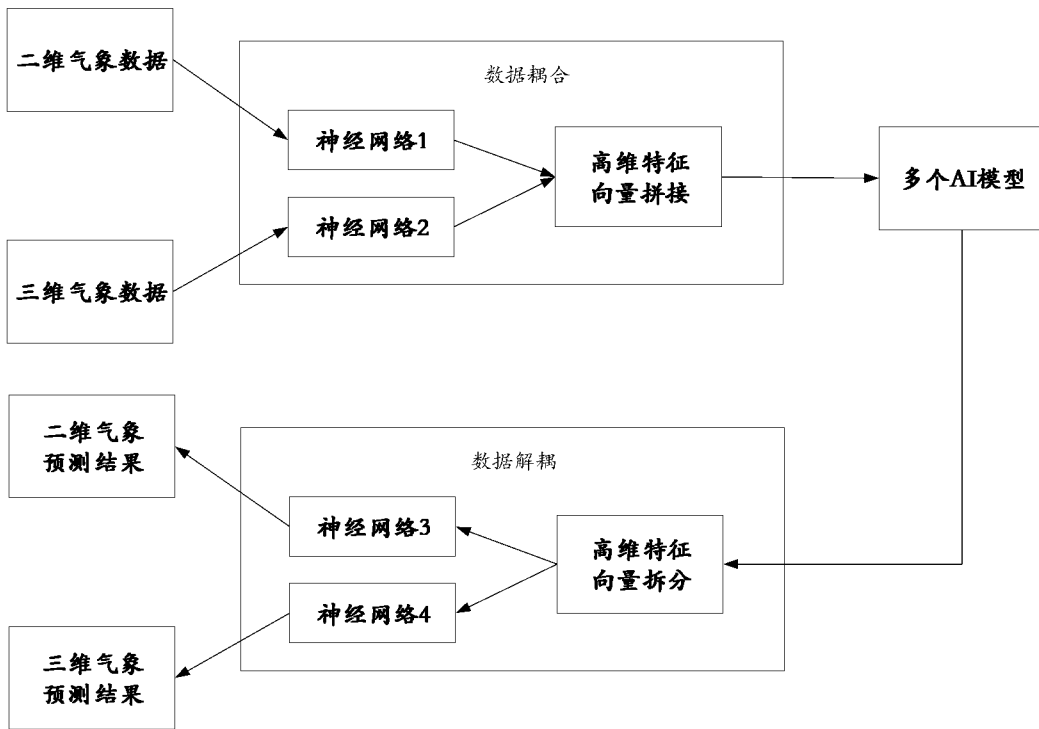


图 5

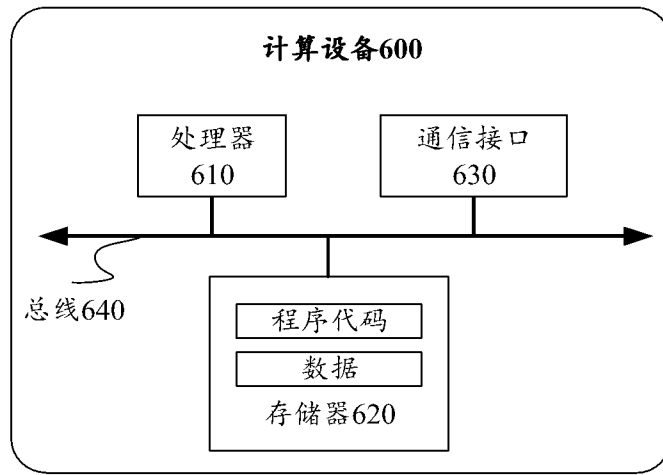


图 6

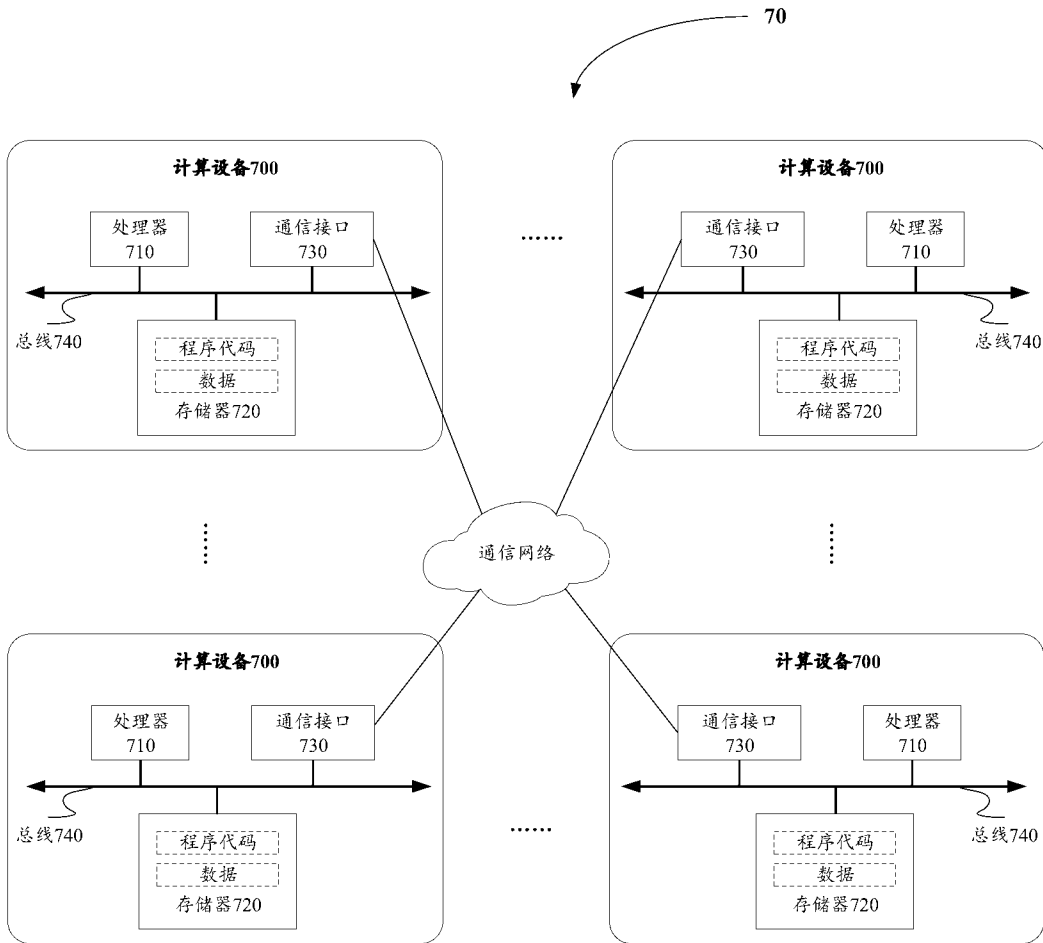


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/100686

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G01W1/10(2006.01)i; G06N 3/0464(2023.01)i; G06N 3/08(2023.01)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)		
IPC: G01W, G06N3		
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)		
CNABS, CNTXT, CNKI: 人工智能, 模型, 多, 不同, 各, 时段, 时刻, 间隔, 气候, 气象, 雨, 雷, 风, 机器学习, 神经网络, 训练, 预测, 预报 VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT, ISA: AI, artificial, intelligence, model, mode, several, multi, different, various, time, moment, interval, weather, rain, thunder, wind, storm, machine learn, neural network, train, predict, forecast		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115587650 A (CECEP TALROAD TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 January 2023 (2023-01-10) description, and paragraphs 34-86, and figure 1	1-21
A	CN 115016040 A (GUANGDONG METEOROLOGICAL PUBLIC SERVICE CENTER (GUANGDONG METEOROLOGICAL FILM AND TELEVISION PROPAGANDA CENTER)) 06 September 2022 (2022-09-06) description, paragraphs 15-117, and figures 1-8	1-21
A	CN 111856618 A (SHANGHAI EYE CONTROL TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 October 2020 (2020-10-30) description, paragraphs 39-51 and 68-72, and figures 1-2	1-21
A	CN 115097548 A (GUANGDONG METEOROLOGICAL PUBLIC SERVICE CENTER (GUANGDONG METEOROLOGICAL FILM AND TELEVISION PROPAGANDA CENTER)) 23 September 2022 (2022-09-23) entire document	1-21
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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		Date of mailing of the international search report
07 September 2023		18 September 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/100686

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008134145 A (TOSHIBA CORP.) 12 June 2008 (2008-06-12) entire document	1-21
A	KR 20220095624 A (STUDIO X KO INC.) 07 July 2022 (2022-07-07) entire document	1-21
A	孙健等 (SUN, Jian et al.). "人工智能与物联网在大气科学领域中的应用 (Application of Artificial Intelligence and Internet of Things in Atmospheric Science)" <i>应用气象学报 (Journal of Applied Meteorological Science)</i> , Vol. 32, No. 1, 31 January 2021 (2021-01-31), pages 1-11 ISSN: 1001-7313, thesis, section 1-5	1-21
A	TAN, W. Y. et al. "State-of-the-Art Development of Two-Waves Artificial Intelligence Modeling Techniques for River Streamflow Forecasting" <i>Archives of Computational Methods in Engineering</i> , 11 June 2022 (2022-06-11), pages 5185-5211 ISSN: 1134-3060, thesis, section 1-6	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2023/100686

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)		
CN	115587650	A	10 January 2023	None			
CN	115016040	A	06 September 2022	CN	115016040	B	22 November 2022
CN	111856618	A	30 October 2020	None			
CN	115097548	A	23 September 2022	CN	115097548	B	07 April 2023
JP	2008134145	A	12 June 2008	JP	4818079	B2	16 November 2011
KR	20220095624	A	07 July 2022	KR	102432397	B1	12 August 2022

<p>A. 主题的分类</p> <p>G01W1/10(2006.01)i; G06N 3/0464(2023.01)i; G06N 3/08(2023.01)i</p> <p>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</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: G01W, G06N3</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS, CNTXT, CNKI: 人工智能, 模型, 多, 不同, 各, 时段, 时刻, 间隔, 气候, 气象, 雨, 雷, 风, 机器学习, 神经网络, 训练, 预测, 预报 VEN, USTXT, EPTXT, WOTXT, ISA: AI, artificial, intelligence, model, mode, several, multi, different, various, time, moment, interval, weather, rain, thunder, wind, storm, machine learn, neural network, train, predict, forecast</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115587650 A (中节能天融科技有限公司) 2023年1月10日 (2023 - 01 - 10) 说明书第34-86段及图1</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 115016040 A (广东省气象公共服务中心 (广东气象影视宣传中心)) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第15-117段及图1-8</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111856618 A (上海眼控科技股份有限公司) 2020年10月30日 (2020 - 10 - 30) 说明书第39-51, 68-72段及图1-2</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 115097548 A (广东省气象公共服务中心 (广东气象影视宣传中心)) 2022年9月23日 (2022 - 09 - 23) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008134145 A (TOSHIBA CORP) 2008年6月12日 (2008 - 06 - 12) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 20220095624 A (STUDIO X KO INC) 2022年7月7日 (2022 - 07 - 07) 全文</td> <td>1-21</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 115587650 A (中节能天融科技有限公司) 2023年1月10日 (2023 - 01 - 10) 说明书第34-86段及图1	1-21	A	CN 115016040 A (广东省气象公共服务中心 (广东气象影视宣传中心)) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第15-117段及图1-8	1-21	A	CN 111856618 A (上海眼控科技股份有限公司) 2020年10月30日 (2020 - 10 - 30) 说明书第39-51, 68-72段及图1-2	1-21	A	CN 115097548 A (广东省气象公共服务中心 (广东气象影视宣传中心)) 2022年9月23日 (2022 - 09 - 23) 全文	1-21	A	JP 2008134145 A (TOSHIBA CORP) 2008年6月12日 (2008 - 06 - 12) 全文	1-21	A	KR 20220095624 A (STUDIO X KO INC) 2022年7月7日 (2022 - 07 - 07) 全文	1-21
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 115587650 A (中节能天融科技有限公司) 2023年1月10日 (2023 - 01 - 10) 说明书第34-86段及图1	1-21																					
A	CN 115016040 A (广东省气象公共服务中心 (广东气象影视宣传中心)) 2022年9月6日 (2022 - 09 - 06) 说明书第15-117段及图1-8	1-21																					
A	CN 111856618 A (上海眼控科技股份有限公司) 2020年10月30日 (2020 - 10 - 30) 说明书第39-51, 68-72段及图1-2	1-21																					
A	CN 115097548 A (广东省气象公共服务中心 (广东气象影视宣传中心)) 2022年9月23日 (2022 - 09 - 23) 全文	1-21																					
A	JP 2008134145 A (TOSHIBA CORP) 2008年6月12日 (2008 - 06 - 12) 全文	1-21																					
A	KR 20220095624 A (STUDIO X KO INC) 2022年7月7日 (2022 - 07 - 07) 全文	1-21																					
国际检索实际完成的日期	2023年9月7日	国际检索报告邮寄日期	2023年9月18日																				
ISA/CN的名称和邮寄地址	中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	授权官员	罗文全 电话号码 (+86) 020-28958527																				

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
A	孙健等. “人工智能与物联网在大气科学领域中的应用” 应用气象学报, 第32卷, 第1期, 2021年1月31日 (2021 - 01 - 31), 第1-11页 ISSN: 1001-7313, 论文第1-5节	1-21
A	Woon Yang Tan等. “State-of-the-Art Development of Two-Waves Artificial Intelligence Modeling Techniques for River Streamflow Forecasting” Archives of Computational Methods in Engineering, 2022年6月11日 (2022 - 06 - 11), 第5185-5211页 ISSN: 1134-3060, 论文第1-6节	1-21

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/100686

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	115587650	A	2023年1月10日	无			
CN	115016040	A	2022年9月6日	CN	115016040	B	2022年11月22日
CN	111856618	A	2020年10月30日	无			
CN	115097548	A	2022年9月23日	CN	115097548	B	2023年4月7日
JP	2008134145	A	2008年6月12日	JP	4818079	B2	2011年11月16日
KR	20220095624	A	2022年7月7日	KR	102432397	B1	2022年8月12日