



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105894535 A

(43)申请公布日 2016.08.24

(21)申请号 201610191428.8

(22)申请日 2016.03.30

(71)申请人 中国科学院地理科学与资源研究所
地址 100101 北京市朝阳区大屯路甲11号

(72)发明人 易嘉伟 杜云艳 周成虎

(74)专利代理机构 北京科迪生专利代理有限公司 11251
代理人 杨学明 顾炜

(51)Int.Cl.

G06T 7/20(2006.01)

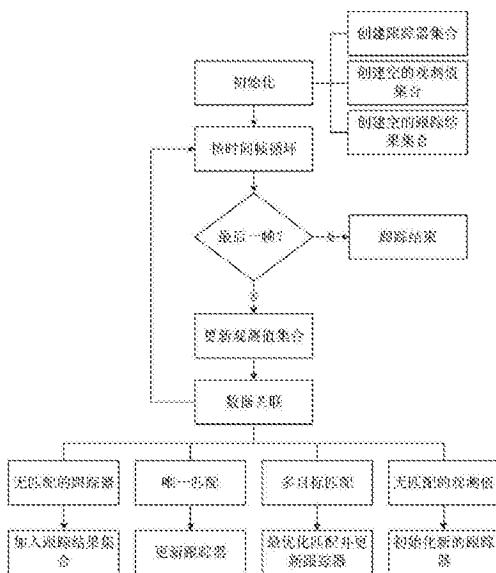
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法,采用基于贝叶斯的Kalman滤波对涡旋的运动过程进行建模,通过预测位置与观测结果进行跟踪匹配,并采用Hungarian最优化算法解决多目标涡旋追踪的匹配冲突问题。本发明克服了多目标涡旋追踪过程中的复杂匹配难题,提高了追踪结果的准确性。



1.一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法,其特征在于步骤如下:

步骤1、初始化,建立一个空的涡旋跟踪器集合,一个涡旋观测值集合和一个空的跟踪结果集合;每一个涡旋跟踪器将在自动追踪的过程中记录一个涡旋演化过程的前序后继关系;涡旋观测值集合将记录每个时刻观测到的涡旋信息,跟踪结果集合将存储记录生命过程追踪完成的涡旋跟踪器;对首个时刻观测到的每个涡旋,构建涡旋跟踪器,记录涡旋的位置信息,并创建默认参数的Kalman滤波用于跟踪预测,然后将跟踪器添加到涡旋跟踪器集合中;

步骤2、启动追踪,从下一个时刻开始,按时间帧进行循环,若是循环至最后一帧,追踪停止,跟踪结果集合收集的涡旋追踪器,记录了追踪涡旋的生命演化过程信息;否则,进行自动追踪,执行步骤3-4,直至结束时间才结束循环,停止追踪;

步骤3、获取当前时间帧的所有涡旋观测值,添加到观测值集合中;

步骤4、数据关联,遍历跟踪器集合中的每一个涡旋跟踪器,先进行Kalman滤波的跟踪预测,再将预测的涡旋位置及误差范围与当前时刻的涡旋观测值集合中的所有涡旋,进行关联匹配。

2.根据权利要求1所述的基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法,其特征在于:所述步骤4中数据关联,遍历跟踪器集合中的每一个涡旋跟踪器,先进行Kalman滤波的跟踪预测,再将预测的涡旋位置及误差范围与当前时刻的涡旋观测值集合中的所有涡旋,进行关联匹配的过程:

(41)若涡旋跟踪器的预测误差范围内没有匹配到观测值集合中的涡旋,则将该跟踪器从集合中取出,加入到步骤1建立的跟踪结果集合中,表明该涡旋的生命演化过程已经追踪结束;

(42)若涡旋跟踪器的预测误差范围内有且仅有一个匹配的涡旋观测值,则从涡旋观测值集合中取出该涡旋,作为跟踪器跟踪到的后继涡旋,并采用Kalman滤波器对该涡旋的观测位置进行修正,获得滤波后的涡旋位置及误差范围,并以此为准进行之后的过程追踪;

(43)若涡旋跟踪器的预测误差范围内存在多个匹配的涡旋观测值,则首先采用Hungarian算法对该跟踪器与涡旋观测值构成的二分图(bipartite graph)进行最优化匹配,对于匹配到观测值的涡旋跟踪器,将该观测值从观测值集合中取出,作为跟踪器跟踪到的后继涡旋,并采用Kalman滤波器对该涡旋的观测位置进行修正,获得滤波后的涡旋位置及误差范围,并以此为准进行之后的过程追踪;

(44)若观测值集合中存在未匹配跟踪器的涡旋,则新建一个涡旋跟踪器,添加到涡旋跟踪器集合中。

一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法,属于海洋涡旋自动提取算法领域。

背景技术

[0002] 中尺度涡(简称涡旋)是海洋中分布广泛且非常重要的一种动态现象,它不仅能传递热量、传播营养物质,同时也是海洋动能的主要体现。现代遥感观测技术的发展和应用为研究海洋涡旋的演变演化规律,提供了长时间丰富的观测资料。从这些海量的观测资料中挖掘提取出涡旋的演化过程,是研究涡旋运动演化规律的基本前提。

[0003] 目前,涡旋演化过程的追踪方法主要有三种:1)距离搜索法,主要以当前追踪涡旋中心点为参考设定搜索半径,在下一个时刻搜索落入半径范围内的涡旋,选取距离最近的涡旋作为演化后继(Che1ton et al.2011);2)相似性追踪,在距离搜索方法的基础上,加入涡旋之间相似程度的度量,以最相似的涡旋左右演化后继(Chaigneau et al.2008);3)面积重叠法,根据涡旋演化前后空间形态是否存在重叠,来判断是否同属于一个涡旋演化过程(Henson et al.2008)。

[0004] 现有的这些方法,算法思想简单,应用广泛,但存在两点不足:一是忽略了涡旋移动的本质,不管是半径搜索还是面积重叠,若是以当前涡旋的位置为参考来追踪下一个时刻,本质上是假设涡旋下个时刻仍然停留在原地没有移动,而这与事实不符;二是当多个涡旋位置接近时,容易形成复杂的跟踪匹配问题,如两个涡旋在下一个时刻追踪到三个潜在后继,究竟哪种匹配才最符合涡旋移动特征,这个问题在现有三种方法中都没有相应的应对办法。

发明内容

[0005] 本发明解决的技术问题:提供一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法,采用Kalman滤波对涡旋运动过程进行建模,解决涡旋下一时刻位置的预测的问题,同时采用Hungarian最优化匹配算法,解决多个涡旋目标追踪时的匹配冲突问题,提高了追踪结果的准确性。

[0006] 本发明的技术方案:一种基于贝叶斯的涡旋自动追踪方法,首先构建基于贝叶斯的Kalman滤波(Bar-Shalom et al.2001)对涡旋的运动过程进行建模,从概率上预测涡旋下一个时刻最可能出现的位置和有效误差范围,再与观测的结果进行跟踪匹配,如果出现多目标追踪匹配,则采用Hungarian最优化匹配算法(J.Munkres 1957)搜索每一个涡旋目标的最佳后继。

[0007] 具体步骤如下:

[0008] 步骤1、初始化,建立一个空的涡旋跟踪器集合,一个涡旋观测值集合和一个空的跟踪结果集合。每一个涡旋跟踪器将在自动追踪的过程中记录一个涡旋演化过程的前序后继关系。涡旋观测值集合将记录每个时刻观测到的涡旋信息(位置、属性等)。跟踪结果集合将存储记录生命过程追踪完成的涡旋跟踪器。对首个时刻观测到的每个涡旋,构建涡旋跟

踪器,记录涡旋的位置信息,并创建默认参数的Kalman滤波用于跟踪预测,然后将跟踪器添加到涡旋跟踪器集合中;

[0009] 步骤2、启动追踪,从下一个时刻开始,按时间帧进行循环,若是循环至最后一帧,追踪停止,追踪结果集合收集的涡旋追踪器,记录了追踪涡旋的生命演化过程信息;否则,进行自动追踪,执行步骤3-4;

[0010] 步骤3、获取当前时间帧的所有涡旋观测值,添加到观测值集合中;

[0011] 步骤4、数据关联,遍历跟踪器集合中的每一个涡旋跟踪器,先进行Kalman滤波的跟踪预测,再将预测的涡旋位置及误差范围与当前时刻的涡旋观测值集合中的所有涡旋,进行关联匹配;

[0012] ●若涡旋跟踪器的预测误差范围内没有匹配到观测值集合中的涡旋,则将该跟踪器从集合中取出,加入到步骤1建立的追踪结果集合中,表明该涡旋的生命演化过程已经追踪结束;

[0013] ●若涡旋跟踪器的预测误差范围内有且仅有一个匹配的涡旋观测值,则从涡旋观测值集合中取出该涡旋,作为跟踪器跟踪到的后继涡旋,并采用Kalman滤波器对该涡旋的观测位置进行修正,获得滤波后的涡旋位置及误差范围,并以此为准进行之后的过程追踪;

[0014] ●若涡旋跟踪器的预测误差范围内存在多个匹配的涡旋观测值,则首先采用Hungarian算法对该跟踪器与涡旋观测值构成的二分图(bipartite graph)进行最优化匹配,对于匹配到观测值的涡旋跟踪器,将该观测值从观测值集合中取出,作为跟踪器跟踪到的后继涡旋,并采用Kalman滤波器对该涡旋的观测位置进行修正,获得滤波后的涡旋位置及误差范围,并以此为准进行之后的过程追踪;

[0015] ●若观测值集合中存在未匹配跟踪器的涡旋,则新建一个涡旋跟踪器,添加到涡旋跟踪器集合中。

[0016] 本发明与现有技术相比的优点在于:采用基于贝叶斯的Kalman滤波,更准确地模拟涡旋的运动过程;采用Hungarian算法解决多目标追踪的复杂匹配冲突难题,提高了追踪的准确性。

附图说明

[0017] 图1为本发明的实现流程图。

具体实施方式

[0018] 如图1所示,本发明的具体实施步骤如下:

[0019] 步骤1、初始化,建立一个空的涡旋跟踪器集合(trackerList),一个涡旋观测值集合(observeList)和一个空的跟踪结果集合(completeList)。每一个涡旋跟踪器将在自动追踪的过程中通过在Ids属性中记录涡旋ID,存储涡旋生命过程的前序后继关系。涡旋观测值集合将记录每个时刻观测到的涡旋位置。跟踪结果集合将存储记录生命过程追踪完成的涡旋跟踪器。对首个时刻观测到的每个涡旋,构建涡旋跟踪器,在Obs属性中记录涡旋的位置矢量,并创建默认参数的Kalman滤波用于跟踪预测,然后将跟踪器添加到涡旋跟踪器集合中。

[0020] 跟踪器、观测值的数据结构如下,跟踪结果集合将收集、存储已追踪完成的涡旋跟

踪器：

[0021] 跟踪器

[0022]

TID	Ids	Obs	Pre	Upd	Cov	KF
轨迹 ID	观测值 ID 集合	位置观测值 向量	位置预测值 向量	滤波后的预测值 向量	协方差矩阵阵	Kalman 滤波器

[0023] 观测值

[0024]

OID	Obs
涡旋ID	位置观测值向量

[0025] 步骤2、启动追踪，从下一个时刻开始，按时间帧进行循环，若是循环至最后一帧，追踪停止，追踪结果集合收集的涡旋追踪器，记录了追踪涡旋的生命演化过程信息；否则，进行自动追踪，执行步骤3-4；

[0026] 步骤3、获取当前时间帧的所有涡旋观测值，添加到观测值集合observeList中；

[0027] 步骤4、数据关联。遍历跟踪器集合trackerList中的每一个涡旋跟踪器，先进行 Kalman 滤波的跟踪预测，将预测的涡旋位置和协方差矩阵分别存储到跟踪器的Pre和Cov属性中，并计算与涡旋观测位置的mahalanobis(马氏)距离。马氏距离计算公式如下：

$$[0028] d(X, Y) = \sqrt{(X - Y)^T \Sigma^{-1} (X - Y)}$$

[0029] 其中，X表示预测值向量，Y表示观测值向量， Σ 表示Kalman滤波器的协方差矩阵。由于马氏距离符合卡方分布，所以当涡旋跟踪器的预测值向量与观测值向量的马氏距离大于0.05的显著水平时，认为观测值在预测的误差范围外，跟踪匹配时应排除在外，反之，涡旋观测值在预测的误差范围内，按以下几种情况进行跟踪匹配：

[0030] ●若涡旋跟踪器的预测误差范围内没有匹配到观测值集合中的涡旋，则将该跟踪器从trackerList中取出，加入到步骤1建立的跟踪结果集合completeList中，表明该涡旋的生命演化过程已经追踪结束；

[0031] ●若涡旋跟踪器的预测误差范围内有且仅有一个匹配的涡旋观测值，则从涡旋观测值集合observeList中取出该涡旋，作为跟踪器跟踪到的后继涡旋，用该涡旋的空间位置更新跟踪器的Obs属性，同时，用跟踪器中的Kalman滤波器对涡旋的位置进行修正，用滤波后的涡旋位置及误差矩阵更新跟踪器的Upd和Cov属性，并以此为准进行之后的过程追踪；

[0032] ●若涡旋跟踪器的预测误差范围内存在多个匹配的涡旋观测值，则首先采用图遍历算法提取出二分图中的跟踪器和观测值，计算跟踪器与观测值之间的马氏距离得到距离成本矩阵，然后采用Hungarian算法对该距离成本矩阵进行最优化匹配。对于匹配到观测值的涡旋跟踪器，从涡旋观测值集合observeList中取出该涡旋，作为跟踪器跟踪到的后继涡旋，用该涡旋的空间位置更新跟踪器的Obs属性，并用跟踪器中的Kalman滤波器对涡旋的位置进行修正，用滤波后的涡旋位置和误差矩阵更新跟踪器的Upd和Cov属性，并以此为准进行之后的过程追踪；

[0033] ●若观测值集合中存在未匹配跟踪器的涡旋，则新建一个涡旋跟踪器，添加到涡旋跟踪器集合中。

[0034] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

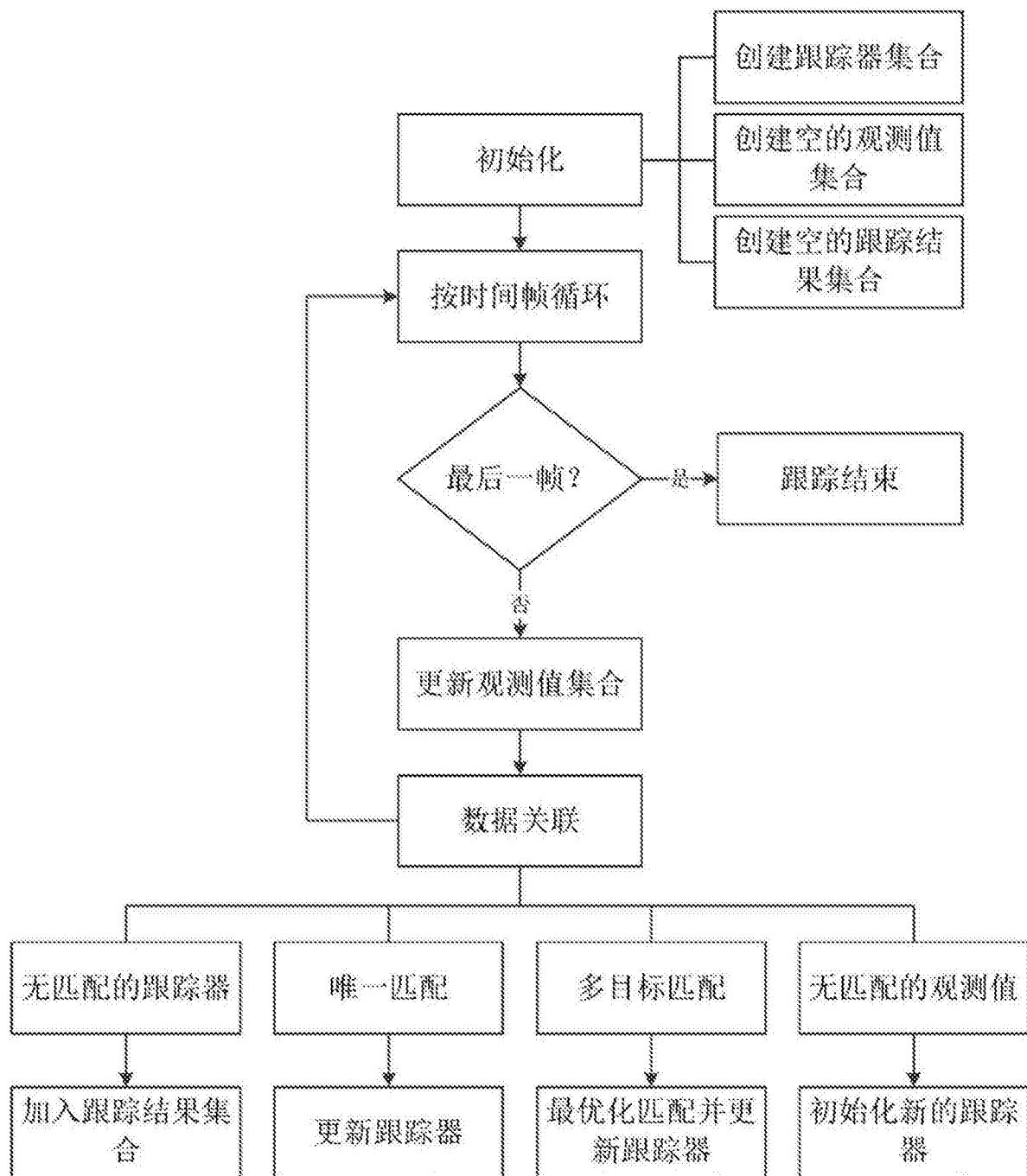


图1