

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102682573 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 19

(21) 申请号 201210093064. 1

(22) 申请日 2012. 03. 31

(71) 申请人 上海海洋大学

地址 201306 上海市临港新城沪城环路 999 号

(72) 发明人 黄冬梅 乔欢 何盛琪 王振华

(51) Int. Cl.

G08B 21/10 (2006. 01)

G08B 25/00 (2006. 01)

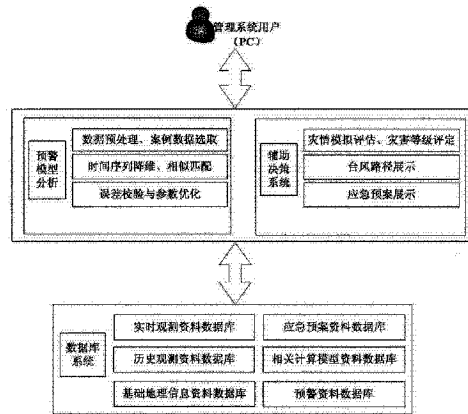
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,包括数据库服务器、预警预测模型分析、辅助决策系统展示、Web 服务器以及管理用户。所述的数据库服务器存储历史监测资料数据、实时监测资料数据、基础地理信息资料数据库、应急预案资料数据、相关计算模型资料数据以及预警资料数据。所述的监测资料数据与预警资料数据均为时间序列数据。所述的预警预测模型分析主要是对数据进行预处理后,对时间序列数据进行分段线性表示达到维压缩的目的,进而与历史监测资料数据进行相似匹配,并根据相似匹配结果做出灾害预警。所述的辅助决策系统基于地理图形信息展示辅助决策信息,并通过部署的 Web 服务器来展示到管理用户客户端。



1. 一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,实时接收远程监测数据,并对监测数据序列进行预警分析,根据分析结果进行预警和辅助决策。其特征在于,包括数据库系统、预警模型分析、辅助决策系统展示、Web 服务器以及管理用户。所述的数据库系统包括历史监测资料数据库、实时监测资料数据库、基础地理信息资料数据库、应急预案资料数据库、相关计算模型资料数据库以及预警资料数据库。所述的预警预测模型分析模块对数据库中的观测数据进行预处理后,对时间序列数据进行分段线性表示达到维压缩的目的,进而将实时监测数据与历史监测资料数据进行相似匹配,并根据相似匹配结果做出灾害预警。如果监测数据达到预警阈值,预警预测模型分析模块将观测数据以及相匹配的历史数据信息存储到预警资料数据库中。所述的辅助决策系统是基于地理图形信息展示辅助决策信息,包括调用预警资料数据、应急预案资料数据对灾害进行模拟展示以及应急预案生成,调用实时监测的台风数据进行展示,辅助决策系统的模拟数据与应急预案资料数据也存储到预警资料数据库中,并通过部署的 Web 服务器来将地图服务和数据展示到管理用户的客户端。

所述的历史监测资料数据库包括存储历史台风名称、台风实测和预报数据、历史风暴潮实测增水位、总水位和天文潮位数据、预报数据以及灾害等级数据。

所述的实时监测资料数据库定时接收远程数据采集系统传输的实时监测数据,设置数据库文件自动扩展与表收缩以适应数据的实时录入。

所述的基础地理信息资料数据库存储基础地理信息数据,包括道路和居民地的空间数据、属性数据以及美国 ESRI 公司提供的遥感影像数据。

所述的应急预案资料数据库存储历史台风预案和设计预案,历史风暴潮预案和设计预案。

所述的相关计算模型资料数据库存储用于选取灾害指标、风暴潮灾情模拟、灾害等级划分的模型以及其中涉及的专家知识。

所述的预警资料数据库存储预警模型分析得到的匹配结果数据、灾情模拟评估数据、灾害等级划分数据,预警资料数据库中的数据在预警解除后存储到应急预案资料数据库中。

所述的预警预测模型分析主要是对数据进行预处理后,对时间序列数据进行分段线性表示达到维压缩的目的,进而与历史监测资料数据进行相似匹配,并根据相似匹配结果做出灾害预警。

所述的辅助决策系统基于地理图形信息展示辅助决策信息,并通过部署的 Web 服务器来展示到管理用户客户端。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,其特征在于,所述的辅助决策系统展示包括对此次风暴潮灾害灾情模拟评估、等级评估、台风路径展示以及根据历史灾情应急预案的推理预案结果。

所述的灾情模拟评估是针对预警提示返回的信息,以该监测时间序列数据为边界条件进行灾情模拟以及淹没范围、淹没水深的展示,并根据相似性度量的结果推理得到此次灾害等级评估结果发送到管理用户。

3. 根据权利要求 1 所述的一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,其特征在于,所述的管理用户在接收预警提示后,对警情发布预警报告。通过 Internet 发送到政府

网站、手机移动终端、海上船载终端以及决策控制中心,由领导专家对灾情做跟踪分析。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,其特征在在于,所述的预警模型分析首先是对实时监测数据和历史监测数据进行数据预处理,在这个过程中要分离历史监测资料数据库中风暴潮灾害发生时监测数据与正常监测数据,提取潮位数据进行分析。对于正常监测数据,根据挑选其中风暴潮多发季节的部分数据作为案例数据,对于历史风暴潮灾害发生时监测数据,则全部作为案例数据。其次是对数据库中的历史监测数据和实时监测数据进行时间序列线性表示,实现数据的降维与压缩。再次是采用时间序列相似性匹配的方法,将实时监测数据与案例数据库中的时间序列数据进行相似性匹配,根据相似性度量的距离值以及预先设定的判断阈值,来判定是否对灾害进行预警。

5. 根据权利要求 2 所述的一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,其特征在在于,所述的时间序列表示方法采用基于特征点的斜率表示方法,具体步骤为:

(1) 给定时间序列 $R = \{r_i = (t_i, x_i)\}_{i=1}^n$, 设 r_i, r_{i+1} 为 R 中第 i 个记录和第 $i+1$ 个记录,将 R 中的数值前者与后者相减,得到新的序列 P ,如下所示:

$$P_i = r_{i+1} - r_i$$

(2) 将时间序列 P 中的数值前后两两相乘,得到新序列 S ,如下所示:

$$S = P_i * P_{i+1}$$

(3) 记录 S 中负值的索引位置,将这些索引值加 1,就可以将索引值与 R 中的序列索引值对应,对应的点即为 R 中的局部极值点;

(4) 对于时间序列 P 中增幅大于 x 并且时间差值小于 a 的点,也加入到特征点的集合中,其中 x 和 a 是系统根据专家知识和实际的监测时间序列率定、优化之后得到的阈值参数,也可以由用户输入;

(5) 寻找时序 S 中零的索引位置,将搜索得到的索引值每个加 1,判断连续出现零的子段序列,如果连续出现零的时间次数大于 m ,则记录出现零的起始索引位置,该点也为特征点,将该点加入特征点集合,其中 m 是根据专家知识和实际的监测时间序列率定、优化之后得到的阈值参数, m 也可以由用户输入;

(6) 利用上述算法,得到一个时序的特征点集合,则该特征点集合将时间序列分为 $n-1$ 段, n 为特征点的总数。此时,时间序列可以由 n 个直线段描述,其直线段序列用 M 表示, M 是一个长度为 k 的 3 元向量 $M = \{MK, MX, ML\}$, M 中第 i 个直线段的斜率由 MK_i 表示,起点的横坐标由 MX_i 表示,直线段的在时间轴的投影长度由 ML_i 表示。

6. 根据权利要求 2 所述的一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,其特征在在于,所述的将降维后的实时监测数据与案例数据库中的时间序列数据进行相似性匹配是分两阶段进行。第一阶段是将监测数据与历史同期的正常监测数据做相似性匹配,如果相似性度量的距离值均不超过第一阶段判断阈值,则不做预警;如果至少 1 条记录超过第一阶段判断阈值,则进入第二阶段,将监测数据与灾害预案库中所有灾害数据做相似性匹配,如果相似性度量的距离值均不超过第二阶段判断阈值,则记录该数据并向管理员用户做预警提示;若有至少一条记录超过第二阶段判断阈值,则说明该监测数据与历史灾害数据相匹配,将监测数据和相匹配的历史灾害数据以及历史灾害数据的相关等级、增水位、天文潮、应急预案等信息发送至管理员用户,做预警提示。

一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于时间序列分析的海洋风暴潮预警系统,特别是一种充分利用历史监测数据对目前监测数据进行分析、预警的系统及方法。

背景技术

[0002] 随着全球经济的快速发展,气候变化频繁,导致全球海洋酸化、海平面上升,海洋灾害频发。海洋灾害主要包括:风暴潮、海啸、波浪和海岸侵蚀、赤潮等等,其中在我国风暴潮发生频率以及造成的灾害居于首位,造成的损失占海洋灾害损失的60%以上,在人员伤亡方面超过地震等陆上灾害。

[0003] 现阶段,用于海洋灾害预报的方法基本采用数值预报方法。数值预报方法主要是利用大型、快速的电子计算机求解描述海洋灾害现象的方程组来制作海洋灾害预报的方法。其预测过程的预算量庞大,耗时长且消耗较多的资源。在数值预报中,由于一些小尺度或接近于小尺度运动的无法在预测模型中确切的反应出来,再加上数值预报方法的模型中参数的确定缺乏客观准确的方法,从而导致了预测结果的准确性降低。

[0004] 同时在数值预报方法中,模型的建立是基于历史的灾害数据,数据比较少,这种基于小样本数据建立的单一模型来模拟复杂系统是很困难的。因此需要在已有的宝贵历史资料上,运用科学的计算机技术对这一自然灾害进行预报预警,更好地为政府决策提供技术支撑。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,充分利用历史监测数据,对风暴潮进行预报、预警。

[0006] 为了实现以上目的,本发明是采用如下技术方案实现的:

[0007] 一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,实时接收远程监测数据,并对监测数据序列进行预警分析,根据分析结果进行预警和辅助决策。其特征在于,包括数据库系统、预警模型分析、辅助决策系统展示、Web 服务器以及管理用户。预警预测模型分析模块主要是对数据库中的观测数据进行预处理后,对时间序列数据进行分段线性表示达到维压缩的目的,进而将实时监测数据与历史监测资料数据进行相似匹配,并根据相似匹配结果做出灾害预警。如果监测数据达到预警阈值,预警预测模型分析模块将观测数据以及相匹配的历史数据信息存储到预警资料数据库中。辅助决策系统是基于地理图形信息展示辅助决策信息,包括调用预警资料数据、应急预案资料数据对灾害进行模拟展示以及应急预案生成,调用实时监测的台风数据进行展示,辅助决策系统的模拟数据与应急预案资料数据也存储到预警资料数据库中,并通过部署的 Web 服务器来将地图服务和数据展示到管理用户的客户端。

[0008] 所述的数据库服务器存储历史监测资料数据、实时监测资料数据、基础地理信息资料数据库、应急预案资料数据、相关计算模型资料数据以及预警资料数据。所述的监测资

料数据与预警资料数据均为时间序列数据。所述的监测资料数据与预警资料数据均为时间序列数据。历史监测资料数据库包括存储历史台风名称、台风实测和预报数据、历史风暴潮实测增水位、总水位和天文潮位数据、预报数据以及灾害等级数据。实时监测资料数据库定时接收远程数据采集系统传输的实时监测数据,设置数据库文件自动扩展与表收缩以适应数据的实时录入。基础地理信息资料数据库存储基础地理信息数据,包括道路和居民地的空间数据、属性数据以及美国 ESRI 公司提供的遥感影像数据。应急预案资料数据库存储历史台风预案和设计预案,历史风暴潮预案和设计预案。相关计算模型资料数据库存储用于选取灾害指标、风暴潮灾情模拟、灾害等级划分的模型以及其中涉及的专家知识。预警资料数据库存储预警模型分析得到的匹配结果数据、灾情模拟评估数据、灾害等级划分数据,预警资料数据库中的数据在预警解除后存储到应急预案资料数据库中。

[0009] 所述的辅助决策系统展示包括对此次风暴潮灾害灾情模拟评估、等级评估、台风路径展示以及根据历史灾情应急预案的推理预案结果。灾情模拟评估是针对预警提示返回的信息,以该监测时间序列数据为边界条件进行灾情模拟以及淹没范围、淹没水深的展示,并根据相似性度量的结果推理得到此次灾害等级评估结果发送到管理用户。

[0010] 所述的 Web 服务器通过 Web Services 传输 XML 格式数据返回到管理用户。

[0011] 所述的管理用户在接收预警提示后,对警情发布预警报告。通过 Internet 发送到政府网站、手机移动终端、海上船载终端以及决策控制中心,由领导专家对灾情做跟踪分析。

[0012] 上述预警模型分析首先是对实时监测数据和历史监测数据进行数据预处理,在这个过程中要分离历史监测资料数据库中风暴潮灾害发生时监测数据与正常监测数据,提取潮位数据进行分析。对于正常监测数据,根据挑选其中风暴潮多发季节的部分数据作为案例数据,对于历史风暴潮灾害发生时监测数据,则全部作为案例数据。其次是对数据库中的历史监测数据和实时监测数据进行时间序列线性表示,实现数据的降维与压缩。再次是采用时间序列相似性匹配的方法,将实时监测数据与案例数据库中的时间序列数据进行相似性匹配,根据相似性度量的距离值以及预先设定的判断阈值,来判定是否对灾害进行预警。

[0013] 在对海洋时间序列的相似性分析中,首先有两个关键问题需要解决。一个是如何对时间序列表示,另一个是如何对时间序列的相似度进行度量。这两个关键问题如何解决决定着算法的效率和准确度。时间序列数据具有高维性、复杂性、海量性和噪声干扰等特点,直接在原始监测序列上进行分析不但难度大,影响计算和存储上方面的性能,而且还影响算法的准确性。因此本发明首先利用时间序列的表示方法提取时间序列的主要波动特征,对时间序列维数约简和压缩,在更高的层次上对时间序列进行重新描述。本发明对于时间序列表示方法采用基于特征点的斜率表示方法,具体步骤为:

[0014] (1) 给定时间序列 $R = \{r_i = (t_i, x_i)\}_{i=1}^n$, 设 r_i 、 r_{i+1} 为 R 中第 i 个记录和第 $i+1$ 个记录,将 R 中的数值前者与后者相减,得到新的序列 P , 如下所示:

[0015] $P_i = r_{i+1} - r_i$

[0016] (2) 将时间序列 P 中的数值前后两两相乘,得到新序列 S , 如下所示:

[0017] $S = P_i * P_{i+1}$

[0018] (3) 记录 S 中负值的索引位置,将这些索引值加 1,就可以将索引值与 R 中的序列索引值对应,对应的点即为 R 中的局部极值点;

[0019] (4) 对于时间序列 P 中增幅大于 x 并且时间差值小于 a 的点,也加入到特征点的序列中,其中 x 和 a 是根据专家知识和实际的监测时间序列率定、优化之后得到的阈值参数,也可以由用户输入;

[0020] (5) 寻找时序 S 中零的索引位置,将搜索得到的索引值每个加 1,判断连续出现零的子段序列,如果连续出现零的时间次数大于 m ,则记录出现零的起始索引位置,该点也为特征点,将该点加入特征点集合,其中 m 是根据专家知识和实际的监测时间序列率定、优化之后得到的阈值参数, m 也可以由用户输入;

[0021] (6) 利用上述算法,得到一个时序的特征点集合,则该特征点集合将时间序列分为 $n-1$ 段, n 为特征点的总数。此时,时间序列可以由 n 个直线段描述,其直线段序列用 M 表示, M 是一个长度为 k 的 3 元向量 $M = \{MK, MX, ML\}$, M 中第 i 个直线段的斜率由 MK_i 表示,起点的横坐标由 MX_i 表示,直线段的在时间轴的投影长度由 ML_i 表示。

[0022] 在预警模型分析中,本发明根据相似性匹配分析结果,分两阶段发送预警提示。第一阶段是将监测数据与历史同期的正常监测数据做相似性匹配,如果相似性度量的距离值均不超过第一阶段判断阈值,则不做预警;如果至少 1 条记录超过第一阶段判断阈值,则进入第二阶段,将监测数据与灾害预案库中所有灾害数据做相似性匹配,如果相似性度量的距离值均不超过第二阶段判断阈值,则记录该数据并向管理员用户做预警提示;若有至少一条记录超过第二阶段判断阈值,则说明该监测数据与历史灾害数据相匹配,将监测数据和相匹配的历史灾害数据以及历史灾害数据的相关等级、增水位、天文潮、应急预案等信息发送至管理员用户,做预警提示。

[0023] 与现有技术相比,本发明充分利用了历史监测数据,通过目前监测数据与历史数据的相似性匹配来发现目前监测序列的规律信息,进而利用这种实时数据与历史数据的相关性进行风暴潮灾害预警,同时提供相关的辅助决策服务,及时发出预警消息。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明风暴潮灾害预警系统结构图。

[0025] 图 2 为发明时间序列分段线性表示的流程图。

[0026] 图 3 为 FSA_{e_study} 状态转移图。

[0027] 图 4 为应急预案设计路线示意图。

[0028] 图 5 为本发明预警警报装置的组成示意图图。

具体实施方式

[0029] 本发明公开了一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,下面结合附图对具体的实施方式进行了说明。

[0030] 如图 1 所示,一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统,实时接收远程监测数据,并对监测数据序列进行预警分析,根据分析结果进行预警和辅助决策。其特征在于,包括数据库系统、预警模型分析、辅助决策系统展示、Web 服务器以及管理用户。预警预测模型分析模块主要是对数据库中的观测数据进行预处理后,对时间序列数据进行分段线性表示达到维压缩的目的,进而将实时监测数据与历史监测资料数据进行相似匹配,并根据相似匹配结果做出灾害预警。如果监测数据达到预警阈值,预警预测模型分析模块将观测

数据以及相匹配的历史数据信息存储到预警资料数据库中。辅助决策系统是基于地理图形信息展示辅助决策信息,包括调用预警资料数据、应急预案资料数据对灾害进行模拟展示以及应急预案生成,调用实时监测的台风数据进行展示,辅助决策系统的模拟数据与应急预案资料数据也存储到预警资料数据库中,并通过部署的 Web 服务器来将地图服务和数据展示到管理用户的客户端。

[0031] 所述的数据库服务器存储历史监测资料数据、实时监测资料数据、基础地理信息资料数据库、应急预案资料数据、相关计算模型资料数据以及预警资料数据。所述的监测资料数据与预警资料数据均为时间序列数据。历史监测资料数据库包括存储历史台风名称、台风实测和预报数据、历史风暴潮实测增水位、总水位和天文潮位数据、预报数据以及灾害等级数据。实时监测资料数据库定时接收远程数据采集系统传输的实时监测数据,设置数据库文件自动扩展与表收缩以适应数据的实时录入。基础地理信息资料数据库存储基础地理信息数据,包括道路和居民地的空间数据、属性数据以及美国 ESRI 公司提供的遥感影像数据。应急预案资料数据库存储历史台风预案和设计预案,历史风暴潮预案和设计预案。相关计算模型资料数据库存储用于选取灾害指标、风暴潮灾情模拟、灾害等级划分的模型以及其中涉及的专家知识。预警资料数据库存储预警模型分析得到的匹配结果数据、灾情模拟评估数据、灾害等级划分数据,预警资料数据库中的数据在预警解除后存储到应急预案资料数据库中。

[0032] 如图 2 所示,在上述系统中,预警预测模型是关键模块,主要通过以下过程来实现:

[0033] (1) 对原始数据做预处理,做成部分时间序列(截取长度应当比灾害库中短)。

[0034] 在这个过程中要分离历史监测资料数据库中风暴潮灾害发生时监测数据与正常监测数据,提取潮位数据进行分析。数据预处理过程主要是在时间轴上按照定长取点作为指定长度时间序列数据的起始点,并按照如下公式对时间序列的幅值进行规范化处理,作成部分时间序列:

$$[0035] \quad x_i = (x_i - X_{\text{MIN}}) / (X_{\text{MAX}} - X_{\text{MIN}})$$

[0036] 其中, x_i 为进行规范化的值, X_{MIN} 为时间序列的最小值, X_{MAX} 为时间序列的最大值。在此应用归一法,规约后的时间序列数据保持了原始数据的完整性,挖掘所需的时间和内存资源较少,挖掘更有效,产生相同(或几乎相同)的分析结果。

[0037] (2) 对于正常监测数据,根据挑选其中风暴潮多发季节的部分数据作为案例数据,对于历史风暴潮灾害发生时监测数据,则全部作为案例数据。对数据库中的历史监测数据和实时监测数据进行时间序列线性表示,实现数据的降维与压缩。本发明对于时间序列表示方法采用基于特征点的斜率表示方法,具体步骤为:

[0038] 1) 给定长度为 n 的时间序列 $R = \{r_i = (t_i, x_i)\}_{i=1}^n$, 设 r_i, r_{i+1} 为 R 中第 i 个记录和第 $i+1$ 个记录,将 R 中的数值前者与后者相减,得到新的序列 P , 如下所示:

$$[0039] \quad P_i = r_{i+1} - r_i$$

[0040] 2) 将时间序列 P 中的数值前后两两相乘,得到新序列 S , 如下所示:

$$[0041] \quad S = P_i * P_{i+1}$$

[0042] 3) 记录 S 中负值的索引位置,将这些索引值加 1,就可以将索引值与 R 中的序列索

引值对应,对应的点即为 R 中的局部极值点,加入到特征点的序列集合 $N = \{n_j = (t_j, n_j)\}_{j=1}^q$ 中;

[0043] 4) 对于时间序列 P 中增幅大于 x 并且时间差值小于 a 的点,也加入到特征点的集合 T 中,其中 x 和 a 是根据专家知识和实际的监测时间序列率定、优化之后得到的阈值参数,也可以由用户输入。对于参数 x 和 a 的确定方法采用基于有限状态自动机 (Finite State Automaton, FSA) 的验证方法。FSA 是一种重要的工具,在软件设计、验证、语法分析,以及状态识别等领域有极其广泛的应用。具体步骤如下:

[0044] 定义 1 累积误差 E:将时间序列分段成多段子序列后,各子序列与原序列的累积误差的总和 E 定义为

$$[0045] \quad E = \sqrt{\sum_{i=1}^N e_i^2}, e_i = (t_i, x_i) - (t_j, n_j), \text{其中 } t_i = t_j, i = 1 \cdots n, j = 1 \cdots q$$

[0046] 定义 2 FSA_{e_study} : FSA_{e_study} 是一个五元组形式 $M = (Q, \Sigma, \delta, S, F)$ 状态转移如图 2 所示。其中:

[0047] a) $Q = \{S, q_1, q_2\}$ 是状态集合;

[0048] b) $\Sigma = \{E\}$;

[0049] c) $\delta: Q \times E \rightarrow Q$ 是状态转换函数,定义如表 1。由起始状态 S 开始,当累积误差满足精度时,转移到状态 q_1 时,运算终止;否则,当转移到状态 q_2 时,优化分段参数 a 与 x,继续分段,并计算累计误差值;

[0050] d) $S \in Q$ 是初始状态;

[0051] e) $F \subseteq Q$ 是终止状态集合,当满足 $E < \theta$ (θ 由专家知识给定) 时结束。

表 1 FSA_{e_study} 状态转移函数

Q/E	$E < \theta$	$E \geq \theta$
S	q_1	q_2
q_1	q_1	\emptyset
q_2	q_1	q_2

[0052] 5) 寻找时序 S 中零的索引位置,将搜索得到的索引值每个加 1,判断连续出现零的子段序列,如果连续出现零的时间次数大于 m,则记录出现零的起始索引位置,该点也为特征点,将该点加入特征点集合。其中 m 是根据专家知识和实际的监测时间序列率定、优化之后得到的阈值参数,也可以由用户输入;

[0053] 6) 利用上述算法,得到一个时序的特征点集合,则该特征点集合将时间序列分为 n-1 段, n 为特征点的总数。此时,时间序列可以由 n 个直线段描述,其直线段序列用 M 表示, M 是一个长度为 k 的 3 元向量 $M = \{MK, MX, ML\}$, M 中第 i 个直线段的斜率由 MK_i 表示,起点的横坐标由 MX_i 表示,直线段的在时间轴的投影长度由 ML_i 表示。将时间序列数据按照上面的方法进行表示后,可以计算时间序列的模式距离,对序列进行相似性度量:

[0054] 定义 3 斜率模式距离:给定序列的线性分段表示 $M_i = \{MK_i, MX_i, ML_i\}$ 和 $M_j = \{MK_j, MX_j, ML_j\}$, 则 M_i 与 M_j 的模式距离定义为:

$$[0055] \quad d(M_i, M_j) = \left(|MX_i - MX_j| + \frac{|ML_i - ML_j|}{|ML_i + ML_j|} + \frac{|MK_i - MK_j|}{|MK_i + MK_j|} \right) / 3$$

[0056] 定义 4 基于斜率模式的动态模式距离:

$$[0057] \quad D_{warp}(M_i, M_j) = d(M_i, M_j) + \min \begin{cases} D_{warp}(M_i, rest(M_j)) \\ D_{warp}(rest(M_i), M_j) \\ D_{warp}(rest(M_i), rest(M_j)) \end{cases}$$

[0058] 其中 $D_{warp}(M_i, M_j)$ 为模式的 DTW 距离, $rest(M_j)$ 表示序列 M_j 去除末尾元素之后的序列, $d(M_i, M_j)$ 是定义 1 中的斜率模式距离。

[0059] 辅助决策系统展示包括对此次风暴潮灾害灾情模拟评估、等级评估、台风路径展示以及根据历史灾情应急预案的推理预案结果。

[0060] 所述的灾情模拟评估是针对预警提示返回的信息, 以该监测时间序列数据为边界条件进行灾情模拟以及淹没范围、淹没水深的展示, 并根据相似性度量的结果推理得到此次灾害等级评估结果发送到管理用户。

[0061] 所述的台风路径展示由系统通过 Web 服务器访问基础地理信息数据以及台风路径数据, 在管理用户端展示, 包括台风路径的图形展示、台风数据的表格展示以及台风风向、等级的玫瑰图。

[0062] 如图 4 所示, 为应急预案设计路线示意图, 应急预案展示是根据历史风暴潮灾害分析和设计风暴潮灾害分析来计算应采取的工程性和管理性措施, 同时针对受灾区域, 基于房屋、道路、河流等基础地理信息数据进行撤离路径分析。

[0063] Web 服务器通过 Web Services 传输 XML 格式数据返回到管理用户, 也可以接收管理员用户的数据请求从数据库获得数据后返回到管理用户。

[0064] 如图 5 所示, 管理用户在接收预警提示后, 对警情发布预警报告。通过 Internet 发送到政府网站、手机移动终端、海上船载终端以及决策控制中心, 由领导专家对灾情做跟踪分析。同时实时发布灾害数据信息服务。

[0065] 综上所述, 本发明是一种基于时间序列分析的风暴潮灾害预警系统, 通过目前监测数据与历史数据的相似性匹配来发现目前监测序列的规律信息, 进而利用这种实时数据与历史数据的相关性进行风暴潮灾害预警, 同时提供相关的辅助决策服务, 及时通过多种途径发出预警消息。

[0066] 以上所述仅为举例性, 而非为限制性。本说明书内容不应理解为对本发明的限制, 任何未脱离本发明的精神与范畴, 均应包含于申请范围之内。

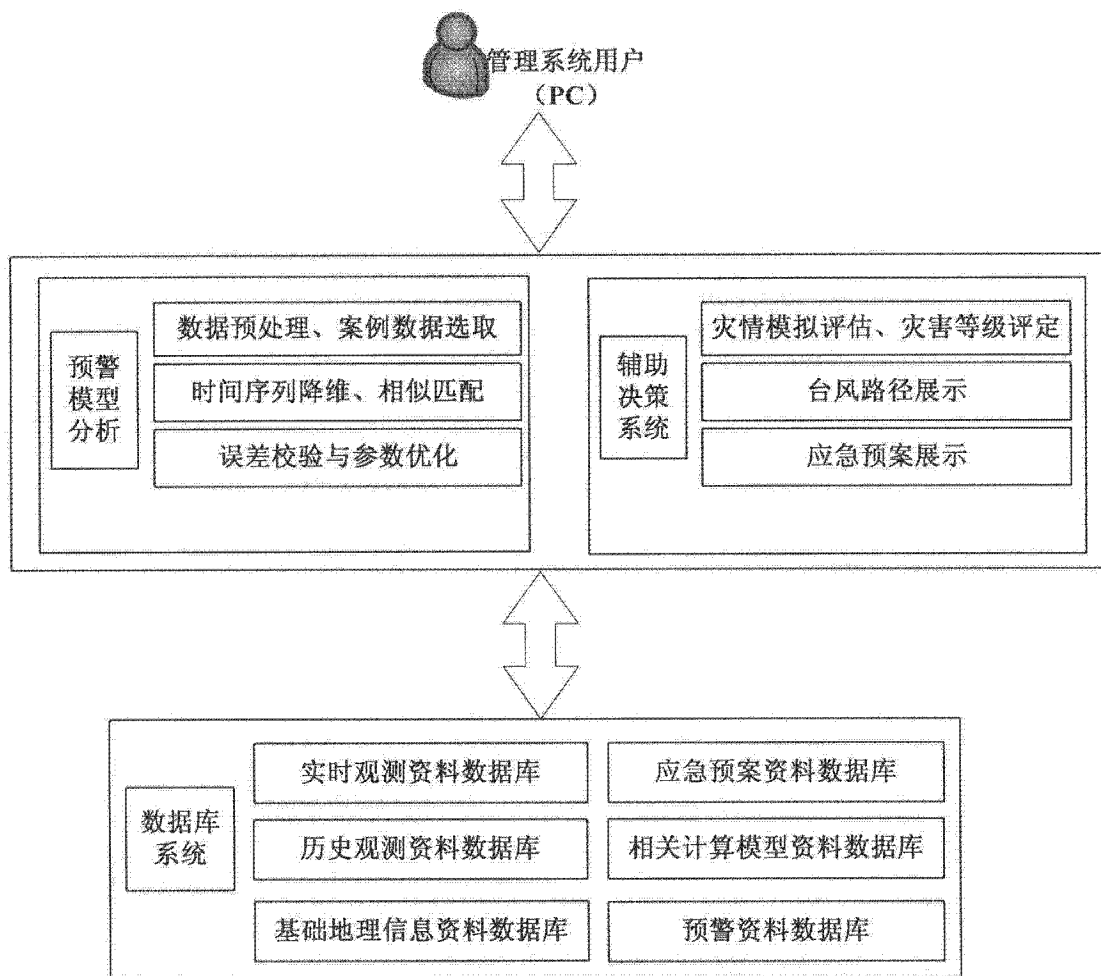


图 1

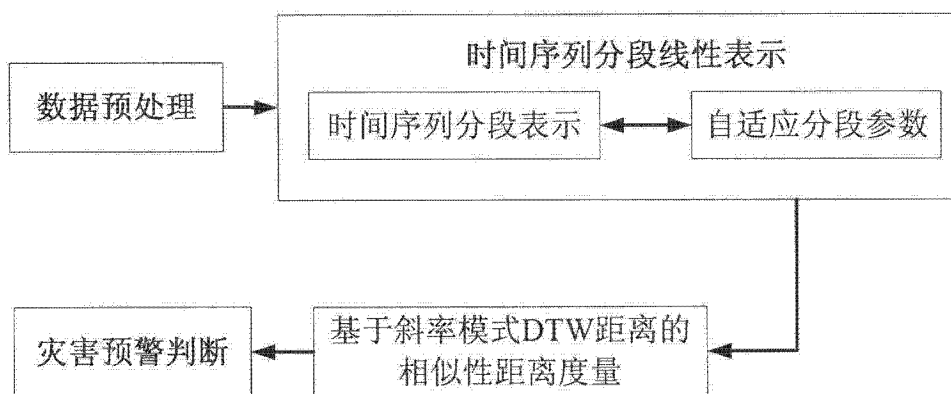


图 2

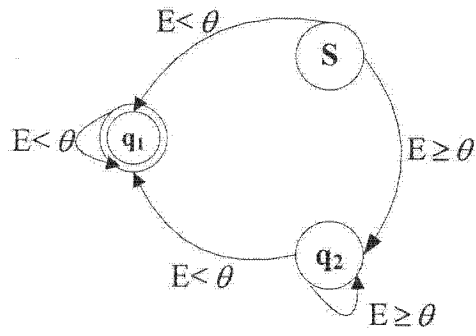


图 3

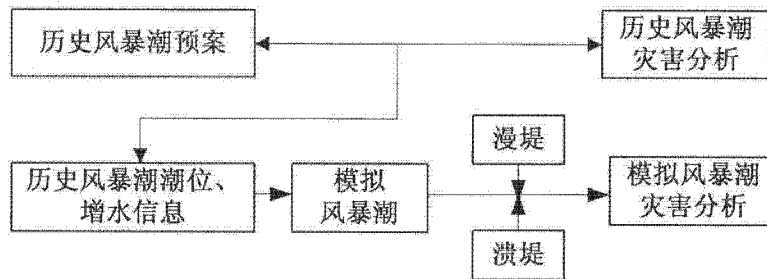


图 4

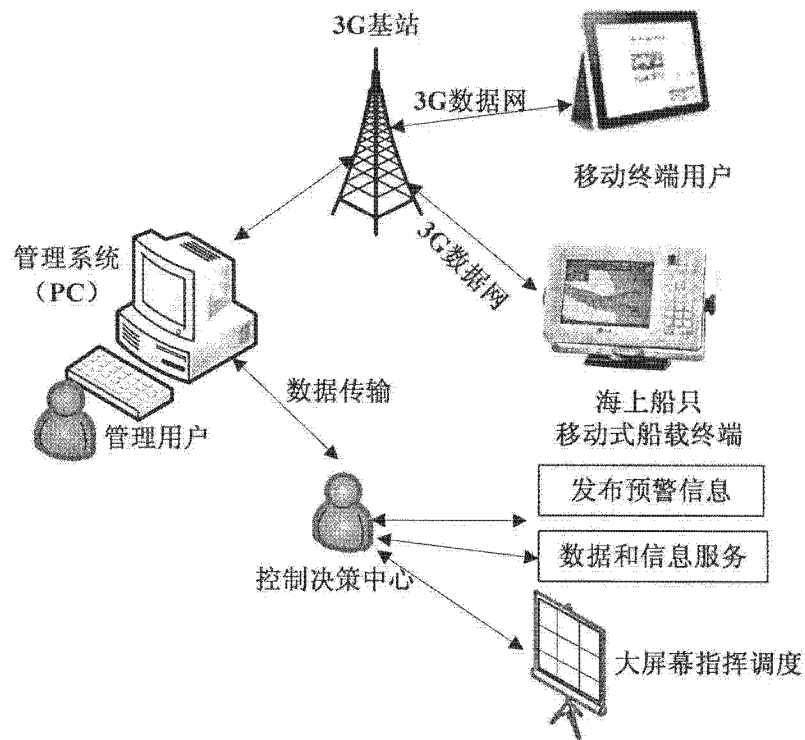


图 5