外文翻译

**Integrated GIS-Based Logistics Process Monitoring Framework with Convenient Work Processing Environment for Smart Logistics**

在当今竞争激烈的商业环境中，大多数公司都想方设法地管理物流功能，以尽可能高效地满足订单，并最大化现有和未来利润。在这种环境下，物流过程的可视性对于希望从原始供应商到最终目的地的运输过程中对组件、部件或产品进行适当性跟踪的公司至关重要。因此，向所有利益相关者，特别是客户提供关于这种即时和容易识别的可见信息是非常重要的。为了确保物流过程的高水平地理位置的可见性，本文提出了一种基于GIS的物流过程监控环境的实现方式，并将执行者的工作处理环境与监控系统相结合。另外，为了提供更丰富的监控信息，我们描述了在这个工作处理环境中用ECA规则表示的各种监控信息的创建和处理过程。因此，可以提供关于物流过程和资源元素的直观和可见的监控信息。

关键词：基于GIS的BPM，物流流程，流程监控，流程可见性，智能物流。

**I 介绍**

在当今竞争激烈的环境下，许多公司都致力于获得全球市场份额，并充分利用更高的生产和采购效率。现在业务绩效的关键因素是“物流功能”在整个供应链中确保材料、产品和信息畅通的作用[1]。大多数企业旨在及时、高效地向客户提供产品或服务。因此，物流对企业来说非常重要。 在物流系统中，物品在一个或多个工厂生产，运往仓库进行中间仓储，然后运送到零售商或客户[2]。

根据IBM中心，在当今世界，通过提高库存，资产管理和信息的可见性，物流已经成为许多组织供应链运营的关键成本控制领域。确保这种可见性的主要目的之一是提高内部决策能力和运营绩效。通过确保从供应商到最终用户的可视性，从而可以更清楚地了解整个供应链[3]。最近物流已经变得越来越突出，被认为是取得竞争优势的关键因素[4]。由于物流与供应链各个环节都有关系，物流的可见性最终能够在整个供应链上得到更大的展现。因此，为了确保物流过程的高度可见性，本文介绍了实施基于GIS的物流过程监控环境的两个阶段。在这个框架下，可以提供关于物流过程和过程中的产品，人类和车辆等资源元素的直观和可见的监控信息。这个可视化的监控环境与工作处理环境相结合，为企业提供了更加智能的物流环境。

本文的其余部分安排如下。首先，我们在第二节简要地回顾了背景和相关现状。第三节介绍了我们实施基于GIS的物流过程监控环境并整合工作处理环境的方法。接下来，第四节和第五节详细描述了我们的集成框架的实现。在第六节中，我们介绍我们实现的原型系统及其应用。最后，第七部分是结语。

**II 背景和相关研究现状**

1.供应链管理（SCM）和物流

SCM被定义为传统业务功能的系统性、战略性协调和特定公司内部以及供应链内各企业之间的业务功能的策略[5]。SCM的重点是管理关系，使供应链中的各方获得更可观的收入 。与SCM相比，物流是指在整个供应链中运输和定位货物所需的工作。因此，物流是更广泛的供应链框架的一个子集，并且发生在更广泛的供应链框架之内[7]。

根据供应链管理专业委员会（CSCMP），物流管理是规划、实施和控制从原点到消费点的货物，服务和相关信息的高效地，经济有效地流动和储存的过程。功能物流过程也依赖于组织内所有资产的适当地理位置。当一家公司成功协调这些物流流程时，公司可以通过生产，消费，储存和处置这几个阶段跟踪物流流程[8]。

2. 供应链可见性

供应链可视性是指在从制造商到其最终目的地的运输过程中零件、部件或产品被跟踪的能力[9]。可见的供应链将消除或避免问题，并改善公司内部的管理。在今天的世界里，我们知道无论我们计划得多好，问题总会发生。因此，企业必须足够地灵活和智能，才能保证无论这些问题何时发生，都能处理好问题。在本文中，我们不细分供应链和物流，因为SCM是比物流更广泛的概念，物流是供应链的一部分。

3. 相关研究现状

许多研究人员尚未解决这种业务流程管理（BPM）和GIS技术紧密结合的技术的研究。 已经有一些与GIS环境中车辆监控相似的研究。 但是，其中大部分的主要目标是确定车辆在路线上的位置。

文献中，与车辆路线问题，车队管理，有时间间隔的运输等有关的接载和运送问题有多不同的论述。大多数论述的主要概念是使用各种方法，找到满足给出约束的解决方案。其中一些仅在GIS布局中显示结果。我们的研究并不打算找出上述问题的解决方案。 此外，还有一些与包裹运送监控控制系统有关的研究。他们大多数描述了使用位置信息来捕获车辆的位置，速度和方向，以及通过GPS，GIS等优化路径。

在[10]中，尽管他们使用GIS，GPS和优化技术来控制包裹递送服务并进行提货和运送监控，但作者侧重于运送序列规划，并没有考虑BPM的观点。虽然[11]的研究提出了物流环境中的实时跟踪以及跟踪系统的具体实现，但作者着重于在邮政物流中RFID的实施。在ESRI的白皮书[12]中，作者利用GIS技术进行保险索赔处理，并将描述GIS技术如何成为更有利的索赔流程的一部分作为案例进行了研究。虽然GIS被应用于索赔流程，利用它处理数据的组织，分析和规划以管理流程，但[12]中仍不包括基于BPM方法的模型化流程。在其他案例中，还有基于地图的监控方法，如UPS的ORION和FedEx的SenseAware。其中，ORION主要侧重于路径优化，而SenseAware在供应链中通过基于传感器的物流处理各种信息。

**III. 综合框架方法**

1.将GIS应用于物流过程监控

BPM是一种系统化的方法，使组织的工作流程更加有效和高效。业务流程是一个或一组能够完成特定组织目标的活动[13]。BPM系统（BPMS）可以设计、执行、监控、分析和改进依照BPM生命周期（如图1所示）持续管理的流程。由于流程监控阶段的主要目标是提供关于流程执行总体状态的关键信息，通过提供高度可见的信息，使用户能够直观地识别和快速解释信息是流程监控的重要因素。

如前所述，物流是当今业务中的重要功能之一。原材料和产品在地理位置上一直在移动。考虑到物流过程的这些特点，我们引入了将GIS技术应用到物流过程监控环境中的方式，不仅可以获得物流过程本身的地理可见性，而且还获得产生诸如产品，服务，参与者和车辆等综合资源。这些资源还会继续推进这个过程。

GIS是一个涉及到许多不同的技术、过程和方法的相当广泛的术语[14]。如今，地理/空间信息和现有的多样化业务信息通过整合，可以被广泛应用于空间分析，提供信息和决策等领域。由于这些原因，GIS技术可以成为许多支持定位的应用程序的基础。

2.基于GIS的物流过程监控系统的工作处理

接下来，我们提出一种集成架构，使用户能够直观地识别流程的当前状态，并在前面提到的物流过程监控环境中处理其任务。在BPM环境中，当用户执行其工作列表中任务时，将获取提供给公司或客户的大多数监控信息。工作列表是一个与流程参与者相关的工作项目列表。工作项目是由参与者在流程实例中处理的任务。

当启动定义的进程时，将创建一个流程实例。之后，该过程通过重复创建和处理活动实例而进行。每个活动实例由进程引擎自动分配给相关执行者的工作列表，然后由该执行者处理。执行者通过开始和完成工作来处理活动实例。因此，我们介绍了我们的系统架构，它能够提供一个工作处理环境。在这个环境中，通过将地理位置信息映射到每个工作项，可以基于执行者的位置自动识别和处理工作项，这类似于确保一个过程的地理可见性的方式。

3. 问题称述

供应链和物流的范围非常广泛。根据[6]，供应链中的网络，流程，范围，产品，客户，供应商，业务和信息都有很多复杂性。我们处理交付过程——供应链运营参考模型[15]中的一个过程时，要考虑到这些复杂性。在这个过程中地理位置上的移动和产品、资源等要素的流动很重要。

这个过程一般是前向物流的形式。然而，在现实世界中，逆向物流可以包括在前向物流中，因为如果客户想要将货物退回到原点，那么货物应该从客户处退回。因此，我们特别关注提货和交付流程，主要包括交货，取货和运输等任务。此外，它具有任务重复的结构特点。为了设计一个接载和交付过程，这个过程在概念上通过活动和连接这些活动的链接形成 。正式地，流程定义如下[16]。

定义1（过程）。 过程p被定义为元组，其中A = {ap | p = 0,1,2，...，I}是一组活动，<A, L>，L = {lpq =（ap，aq）| p，q∈I}是由活动对形成的链接集合，其中每个活动，例如，lpq∈L表示第p个活动紧接在第q个活动之前。

链接是移动的很好表示，因为链接指示活动的连接及其优先相关性。因此，我们认为提货和交付过程中的运送任务是两个活动之间的链接。流程建模可能会根据流程设计师的不同观点而有所不同。

表1显示了执行者的订单列表示例。执行者访问地点以处理提供的订单，并使用移动设备（PDA或智能手机）处理提货或交付任务。然后将结果发送到系统。此时，执行者将根据访问所有位置的最佳（或最短）路径移动并返回原点。

表1中的标签“序列”表示基于路径的访问次序。地理编码后的坐标和序列字段将被填写（在阶段1，稍后）。如果在执行过程中没有发生问题，那么实际的流程实例将如3所示。

流程实例由实际启动的建模过程创建。 在一般的过程监控中，流程实例的整个结构在过程完成之前是不确定的。 在本文所述的提货和交付过程中，处理分配给执行者的所有订单的最佳路径应在活动开始之前确定。 由于活动实例是通过与订单相对应的一对一关系创建的，而执行者单独执行其过程，因此也可以在执行提取和传递过程之前事先确定流程实例结构。

如果N是执行者在一天中要处理的订单数，则流程实例定义如下。

定义2（流程实例）。 流程实例被定义为有向图p’= <A’，L’>，其中A’= {a’i| i = 0,1,2，...，N + 1}是活动实例的集合，L’= {lij=（a’i，a’j）| 0≤i≤N，j = i + 1}是由活动对实例形成的链路实例集合。 在此定义中，a’0和a’(N+ 1)分别表示流程实例中的起始和终止节点。 然后l’(0,1)和l’(N，N + 1)分别表示从原点到第一个节点，从最后一个节点到原点的移动。 紧接在第j个活动实例之前的第i个活动实例由l’(i,j)表示。 第j个表示在第i个活动实例完成后移动到的下一个位置。

在图论中，顶点的入边数称为顶点的入度，写为in\_degree（v），顶点的出边数为其出度，写为out\_degree（v）。 在本文的提货和交付过程中，流程实例中包含的所有活动实例都由执行者处理。 因此，对于任何活动实例a’i∈A，其out\_degree（a’i）和in\_degree（a’i）等于1，除了开始和结束活动实例。 这意味着所有的活动实例都被顺序处理，没有拆分和合并结构。 本研究中讨论的物流过程监控主题集中在正确处理实例。 比较图2和图3，我们可以看到流程实例比进程本身更有效地监视流程的具体状态并详细提供监控信息。

在特定时间点创建和执行流程实例后，监控整个流程和活动状态对于公司和客户都很重要。 对于在特定地区进行处理的订单，企业需要知道谁执行了它，正在运行什么设备，正在处理的任务等等。 客户还想直观地了解送货员的当前位置以及他们收到产品的时间。 现有系统中与物流相关的交货信息的获取仍处于较低水平。 然而，总体状况信息，特别是地理可见度，还不够高。

为了改善物流过程监控环境，我们确保物流过程的地理可见性，同时提出将工作处理环境与监控环境相结合的框架。 首先，使用订单数据，我们创建与订单和链接实例相对应的活动实例，将活动实例之间的连接表示为可在GIS环境中表示的空间数据。

**IV 基于GIS的物流过程监控框架的实施**

我们提出的为流程实例创建空间数据并将其投影到地图上的方法是一个简单的想法，用于在地理上表示和可视化执行的流程实例的状态。 在GIS领域和空间数据库系统中，有两种基本的空间数据类型表示现实世界中的对象，光栅和向量。 在向量数据模型中，对象简单地表示为点，线或多边形。 向量数据由空间数据库中的几何类型（代替特征类型）存储和管理。

根据定义2，流程实例由一组活动和链接实例组成。通过创建这两种元素的几何数据，数据可以包含位置信息。因此，每个活动和链接实例可以分别表示一个订单的位置和两个位置之间的路径。该流程实例的几何数据可以投影到地图上。处理接货或交付任务的每个执行者都有自己的责任区域，并且在该地区发生的每个订单都有其产品的交付或接收地址。特定位置可以以各种方式表示，例如通过地址或坐标。可以将地址映射到表示地理空间中的位置的x和y坐标，或地址的建筑物。

地理编码是通过将描述性位置特定元素与参考数据中的描述性位置特定元素进行比较来将x-y坐标对分配给位置的描述的过程。地理编码过程被定义为翻译地址条目，搜索参考数据中的地址以及将最佳候选或候选作为点特征传递到地图上所涉及的步骤。位置精度指示每个地理编码点与地址[17]的“真实”位置的距离。图4示出了找到特定地址的位置的示例。在本文中，地理编码的质量不是重点，我们假设地理编码的结果是准确的。如果给定订单的位置被确定，就能够确定访问顺序。找到访问所有地点和返回的最佳路径与旅行推销员问题基本上是一样的问题，存在各种解决方案。

在本研究中，当根据给定订单的地址确定地理编码结果的位置时，就有可能求出其最优路径。PostGIS [18]支持实现这种线性几何来访问所有节点的方法。后续部分将使用以下功能来对序列进行地理编码和排序：

■geometry geoCoding（(address）：将地址转换为x-y坐标的函数。 它返回一个表示适当位置（包括点几何）的几何。

■array sortOrders（[orders]）：通过最优路径顺序排序顺序的函数。 它返回排序列表。

活动和链接实例集合，以及几何数据集合的创建步骤描述如下。

第一阶段：创建活动实例几何

A.使用地理编码将地址转换为坐标

B.确定订单的访问顺序

C.按排序顺序列表创建活动

D.创建活动实例几何

第二阶段：创建链接实例几何

A.活动实例几何的位置调整

B.创建链接实例几何

第三阶段：过程实例投影在地图上的可视化

**V 工作处理环境与基于GIS的过程监控系统的整合**

接下来，我们将描述一个具有可以直接处理任务的监控系统上的工作处理环境的集成框架。 执行者可以通过点击我们监控屏幕上的活动实例来访问他们的工作项并方便地处理。 通过直接访问工作项来处理活动的过程是使用状态转换模型引入的。 通过使用与该状态转换模型相关联的ECA规则[19] - [20]描述各种监视信息的创建和处理，可以容易地理解该过程。

1. 过程和活动实例的状态转换模型

流程和活动（即主要的BPMS管理对象）在执行业务流程时更改其状态。 图9（a）和9（b）分别说明了过程和活动的状态转换。

在设计和部署之后，进程保持在READY状态，授权用户可以通过生成启动事件并将进程转换为执行状态来执行。 如果进程完成，则进入EXECUTING状态。 或者，由于错误，该进程可能处于FAILED状态或被用户ABORTED。

活动的状态转换模式比过程更复杂。 让我们在一个过程中考虑一个任务。 当所有前面的任务完成时，它被分配给一个用户。 如果用户接受任务，则输入执行状态。 执行后，活动状态模型进入三个完成状态之一，与进程相同。

主要对象过程和活动主要发生的事件在[22]中有描述。 我们的研究重点是与正常执行状态相关的事件，如READY，EXECUTING和FINISHED。

2. 用于监测信息的ECA规则

在我们基于GIS的物流过程监控环境中，我们尝试将执行者的工作处理环境与监控系统进行整合。 在执行者执行流程实例时，创建和控制各种监视信息。 为了提供丰富的监控信息，我们描述使用ECA规则创建和控制监控数据的过程。

创建流程实例时，可以在实际执行开始之前设置各种值。 每个活动的类型都有其预期执行时间（EET），并且可以使用已执行的活动的平均执行时间来计算。 此外，每个链路都有其预期的移动时间（EMT），可以通过其距离和平均速度来计算。 使用EET和EMT，可以根据活动开始或结束时间间隔的当前时间来计算和更新预期到达时间（EAT）。 这些类型的监控信息很重要，而EAT对客户尤其有用。

di的EET = 不同活动类型的平均执行时间，

l’(i,j)的EMT = l’(i,j)长度/平均速度,

从当前位置a’c到a’i 的 EAT =

当前时间+

当一个流程实例被创建时，一个执行者离开起始地点来处理执行者自己的任务。此外，执行者在完成所有任务之后返回原点，然后完成流程实例。来/去起始点的离开和到达时间是流程实例的开始和结束时间，分别表示为startingTime和finishedTime。类似地，每个活动实例的开始和结束时间表示为startTime和finishedTime，分别表示从a’i-1到a’i到达的时间和从a’i到a’i+ 1的出发时间。当相关事件发生时，可以使用可用的时间值处理函数立即捕获这些时间，表示为currentTime :: timestamp = now（）。进程和活动实例的开始和结束事件的发生时间可以使用ECA规则来表示。

最初，在启动流程实例之前，事先设置链接实例的活动实例和EMT的EET。 但是，并不是每个任务都按照现实世界中的这些预期时间执行。因此，当一个执行者到达某处执行a’i并且a’i发生时，从前面的第（i-1）的位置到第i个位置的运送时间l’（i-1，i）,能够被精确地计算出来。另外，如果当前活动实例的执行完成，并且a’i的Finish状态已经发生，那么我们能够知道实际的执行时间a’i.execution\_time。

在进程开始时，EET和EMT的这些设置时间经常更改为在实际执行和运动期间消耗的时间，而执行者处理其任务并反复移动。因此，当表演者到达a'i或离开a'i的位置时，应该重新更新EAT。无论执行者到达，离开还是两者，时间都可以更新。那么问题是什么时候更新EAT。这是与提供监控信息的频率或准确性相关的问题。

规则R-C1和R-C2之间的区别在于计算EAT时是否包括当前活动的EET。这意味着EAT在靠近执行者的位置的准确性更高。最后，过程完成，计算最后一个运动时间，如规则R-B1。

**VI 原型系统的实现**

1. 系统架构与结果

将基于GIS的监控环境应用于提取和交付过程，并将工作处理环境集成到我们提出的监控系统中。 我们需要BPMS来管理采用实际BPM方法采用的流程，包括流程建模工具来设计流程模型，以及一个流程执行引擎来实际进行模型化流程。 然而，在本研究中，我们假设BPMS存在，我们的实施范围仅限于物流过程监控系统和工作处理环境。

我们使用PostgreSQL（v9.1）和PostGIS（v1.5）作为空间数据库和GeoServer（v2.1）作为地图/功能服务器。该原型是使用JavaScript和Openlayers（v2.12）实现的，并在网络浏览器中运行。

当图11的顶部所示的一般流程实例投影到同一图中所示的地图上时，我们可以看到它是一个具有地理可见性的优秀监控环境。当进程由进程引擎自动执行和控制时，监视系统提供与其执行和各种状态有关的信息。如图11所示，可以通过三种颜色简单地区分基于执行者当前位置的流程实例的执行状态。

在流程执行过程中没有异常情况下，其状态根据活动状态进行分类。 要执行的活动实例首先是红色，执行时，它们变为蓝色，然后在正常执行完成后变为绿色。 对于NOT PASSED和PASSED，路径也分别以红色或绿色表示。 执行者所追踪的路径由蓝色的虚线显示。

2. 丰富的监控信息和应用

在我们基于地理可见度的监测环境中，可以提供更丰富的信息以及一般信息。 我们提出的框架的丰富监控信息根据企业，客户和执行者的观点进行分类，因此更有意义和有用。 另外，我们可以考虑多种方式来获取大量有用的监控信息。 例如，在我们的框架中应用关系时空数据模型[23]是管理各种空间事件的良好应用。

此外，可以利用我们的创新框架作为各种应用的基础。 一个例子是将移动导航系统集成到我们的框架中。 图12显示了我们监控屏幕的扩展镜头。 如果导航功能集成在该屏幕中，则可以向执行者提供大量有用的信息。 该功能可以持续提供这些有用的信息，直到执行者到达他们的下一个位置。 带来的优点是可以消除不必要的时间和精力损失，例如检查下一个位置和到达那里的路径。

**VII 结论**

为实现物流过程监控中的智能物流，我们引入了基于GIS的综合物流过程监控框架，其中包括工作处理环境。 通过这一主要研究，我们首先确定了接收和交付流程的地理位置，从而提供了更高层次的监控信息。 此外，综合工作处理环境通过ECA规则进行表示，可以使执行者根据其位置以更简单和更智能的方式识别，访问和处理其工作项。

虽然定量测量我们基于GIS的监测环境的效率和可用性并不容易，但在物流环境中和在需要考虑与地理运动和流量相关的位置信息的过程中，效果是显而易见的。在广义上，可以建立系统的物流过程管理环境和灵活的供应链，以确定可预测的特殊和危险的问题，并在我们的环境中妥善应对和反应。因此，由于企业的物流竞争力和利用监控信息作为快速决策依据的能力都有所提高，智能物流可能在我们的框架下实现。最后，物联网（IoT）的可视化至关重要，因为它允许用户更好地与环境中的对象进行交互[24]。总之，我们的研究是与BPM和GIS技术融合的一个很好的例子，随着随着时间的推移，物联网环境发生变化，我们框架中使用的过程将能够与更多种类的对象进行视觉交互。