

基于 ArcGIS 的木材物流中心选址

邱荣祖 林雅惠 钟聪儿

(福建农林大学交通学院 福州 350002)

摘要: 建立木材物流中心选址模型,研究遗传算法求解选址模型的方法,在此基础上以 ArcGIS 为二次开发平台,采用 VB 语言集成开发木材物流中心选址应用系统。以永安林业(集团)股份有限公司为应用研究对象,建立木材物流空间数据库,并应用系统进行初步选址决策。

关键词: 木材物流中心; 选址; 遗传算法

中图分类号: F253.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-7488(2010)06-0113-05

Location of Timber Logistics Centers Based on ArcGIS

Qiu Rongzu Lin Yahui Zhong Cong'er

(School of Transportation, Fujian Agriculture and Forestry University Fuzhou 350002)

Abstract: In this paper mathematics models for timber logistics centers location were set up and genetics algorithms were applied to solve the problem. Baseed on the models and algorithms, an integrated development on the application system of centers location was carried out where ArcGIS was adopted as its development platform and VB as its programming language. Based on the study object Yong'an Forestry Group Co., Ltd, a timber logistics spatial database was built on which a primary location decision was practiced through the application system.

Key words: timber logistics centers; location; genetics algorithms

木材物流中心是木材物流网络的一个重要节点。木材物流中心选址是整个木材物流系统中具有战略意义的决策问题,合理的木材物流中心选址能有效促进木材生产与消费过程中木材流量的优化分配,并直接关系到配送业务所需的成本和费用水平,更重要的是能为客户提供优质高效的物流服务。在物流领域,选址问题是 NP 问题,应用传统的算法如非线性规划法、混合整数规划法等解决选址问题已有较多的研究。由于木材资源分布、客户分布、供需状况、道路网络、地价水平和自然条件等因素的影响,使木材物流中心选址问题往往比较复杂,传统算法的求解效率及结果的满意程度上存在一定的缺陷,近年来开始尝试利用遗传算法等仿生智能算法求解(王战权等,2001;于波等,2005;吴兵等,2006;林雅惠等,2007)。

ArcGIS 软件作为新一代地理信息处理平台,具有更强的地理数据管理、编辑、显示、分析等功能(汤国安等,2006)。目前 ArcGIS 已广泛应用于林业应用系统,如森林资源管理信息系统(冯秀兰,2001)、木材运输计划决策支持系统等(邱荣祖,

2002;邱荣祖等,2005;张红玲等,2006;Antti,2004)。木材物流系统作为林业系统的支撑系统,几乎贯穿于木材的整个生命周期,并有效地联系着林业与其他行业之间的信息交流。而木材物流中心选址又是木材物流系统的关键部分,ArcGIS 技术正好符合木材物流中心点多、面广、地域性强的特点,其较低的开发和应用管理成本、巨大的扩展空间、可扩展的跨平台特性为木材物流中心选址研究带来便利和效率。本文综合应用 GIS 技术与遗传算法,研究木材物流中心选址优化决策问题。

1 模型与算法

木材物流中心选址模型是进行合理选址的重要前提。由于木材物流系统结构与行为过程的复杂性,只有综合应用定性、半定量与定量分析方法,才能建立恰当的木材物流中心选址模型,而遗传算法作为一种强健的搜索及优化技术,为木材物流中心选址决策模型提供有效的求解方案。

1.1 选址模型

为了便于建立模型,假设系统满足如下一些条

件: 1) 仅在一定的备选范围内考虑物流中心设置; 2) 各需材点的需求量一定且为已知; 3) 单位运输成本为最佳运输路径前提下的取值; 4) 固定投资费用为基本的建设经营费用在预定使用年限内的均摊。

则物流中心选址的目标函数为:

$$\begin{aligned} \min U = & \sum_{i=1}^m \sum_{p=1}^q \sum_{k=1}^o c_{ipk} x_{ipk} + \sum_{p=1}^q \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o c_{pj k} y_{pj k} + \\ & \sum_{p=1}^q \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o g_{pj k} y_{pj k} + \sum_{p=1}^q F_p \delta_p, \\ \text{s. t. } & \sum_{p=1}^q x_{ipk} \leq s_{ik}, \\ & (i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, o), \\ & \sum_{j=1}^n y_{pj k} \leq \sum_{i=1}^m x_{ipk}, \\ & (p = 1, 2, \dots, q; k = 1, 2, \dots, o), \\ & \sum_{p=1}^q y_{pj k} = d_{jk}, \\ & (j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, o), \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^o x_{ipk} \leq Q_p, \\ & (p = 1, 2, \dots, q), \\ & \sum_{p=1}^q \delta_p \leq M, \\ & \delta_p = \begin{cases} 1 & p \text{ 被选上,} \\ 0 & p \text{ 未选上,} \end{cases} \quad (p = 1, 2, \dots, q), \\ & x_{ipk}, y_{pj k} \geq 0. \end{aligned} \quad (1)$$

式中: c_{ipk} 为从伐区楞场 i 到木材物流中心 p 的第 k 种等级木材的单位运输成本, 元 $\cdot \text{m}^{-3}$; $c_{pj k}$ 为从木材物流中心 p 到需材点 j 的第 k 种等级木材的单位运输成本, 元 $\cdot \text{m}^{-3}$; x_{ipk} 为从供材点 i 到木材物流中心 p 的第 k 种等级木材的运输量, m^3 ; $y_{pj k}$ 为从木材物流中心 p 到需材点 j 的第 k 种等级木材的运输量, m^3 ; $g_{pj k}$ 为物流中心 p 对第 k 种等级木材的流转单价 (包括装卸费、机械损耗费、电费、管理费、人员工资福利等的均摊); F_p 为被选木材物流中心 p 的年均固定费用; δ_p 为整数变量, 当 $\delta_p = 1$ 时表示 p 地被选中, 当 $\delta_p = 0$ 时表示 p 地未被选中; s_{ik} 为供材点 i 所能提供的第 k 种等级木材的供应量, m^3 ; d_{jk} 为需材点 j 对第 k 种等级木材的需求量, m^3 ; Q_p 为木材物流中心 p 的最大吞吐能力, m^3 ; o 为木材等级数; M 为可兴建的物流中心的最大数目。

1.2 模型求解算法

木材物流中心选址问题比较复杂, 需要对木

材物流中心的个数和位置与中转运输问题进行合理分配与协调进而确定出使总费用最小的方案。本文采用可重复自然数编码的遗传算法 (李大卫, 2000), 通过编码、适应度函数设计、遗传代数等参数的选择、选择交叉变异等遗传操作对该问题进行求解。其中编码是: 对 q 个备选物流中心依次编号为 $1, 2, \dots, q$ 。随机生成初始染色体 $h = (x_1, x_2, \dots, x_l)$, 其中 $x_i \in [1, q]$, $i = 1, 2, \dots, l$ 。染色体长度 $l = mo + no$, 前 m 个基因表示供材点 1 至 m 分别对哪个备选物流中心供应第 1 种木材, 第 $m + 1$ 至 $2m$ 个基因表示供材点 1 至 m 分别对哪个备选物流中心供应第 2 种木材, \dots , 第 $m(o - 1) + 1$ 至 mo 个基因表示供材点 1 至 m 分别对哪个备选物流中心供应第 o 种木材; 第 $mo + 1$ 至 $mo + n$ 个基因表示需材点 1 至 n 所需的第 1 种木材分别由哪个备选物流中心提供, 第 $mo + n + 1$ 至 $mo + 2n$ 个基因表示需材点 1 至 n 所需的第 2 种木材分别由哪个备选物流中心提供, \dots , 第 $mo + n(o - 1) + 1$ 至 $mo + no$ 个基因表示需材点 1 至 n 所需的第 o 种木材分别由哪个备选物流中心提供。由以上分析可知, 当一条染色体产生后, 其不仅可以表示木材的流向, 根据各基因的取值同时还可确定哪些备选物流中心被选中。

2 系统设计

2.1 需求分析

2.1.1 功能需求 本研究的系统功能主要体现在决策支持上, 这是用户对新系统解决结构化与半结构化决策问题能力的要求。根据木材生产与加工企业一般的木材生产与需求情况, 结合实际的木材物流操作流程, 系统实现木材物流过程中涉及的数据管理、查询统计、专题图制作、空间分析等基本功能, 并通过设计木材物流中心选址的决策支持模块, 实现木材物流中心选址功能, 以求进一步提高企业的木材物流管理水平。

2.1.2 数据需求 木材物流中心选址是一个涉及大量地理空间数据与属性数据的复杂决策过程。根据前面对木材物流中心选址流程的分析, 所需的数据包括空间数据、属性数据、业务数据。空间数据主要将国家基本比例尺地形图上与选址研究有关的各类要素按照一定的规则分层、按照标准分类编码, 对各要素的空间位置及相互间空间关系等数据进行采集、编辑、处理形成空间数据。研究所需的空间数据有: 林相图、道路图、地形图等其他基础地理数据; 属性数据主要是空间要素具体的属性信息。研究所

需的属性数据有：道路长度、道路等级、土地利用类型、土地面积、地块等级及其相应基础地价等；业务数据则是指各供材点的供材量与客户的需材量、各材种的单位运输成本等。

2.2 系统开发环境

2.2.1 硬件环境 网络服务器：Pentium IV 以上，512 M 以上内存，32 M 以上显卡；客户端：Pentium II 以上，64 M 以上内存，16 M 以上显卡；数据输入设备：扫描仪 1 台；输出设备：为 VGA 彩显 1 台（分辨率 800 × 600 以上），彩色打印机 1 台。

2.2.2 软件环境 系统软件：Microsoft Windows 2000 或 Microsoft Windows XP Professional；GIS 平台：ArcGIS 9.0 与 ArcView 3.2a；应用程序服务器：ServletExec 4.2 以上；面向对象程序设计语言：Visual Basic 6.0；系统数据库：Oracle 9i；其他软件：Access 2003，Excel。

2.3 系统结构设计

2.3.1 空间数据库建立 本研究的空间数据库按数据的形成方式进行组织，主要数据组成可以分为 3 种情况：一是仅用于分析的原始数据，在数据内容上不做改变，这类数据可以直接使用；二是根据空间分析的需要，由原始数据直接生成的数据，为保护原始数据不被破坏，便于以后重复利用，可对这类原始数据做备份；三是由原始数据提取或缓冲处理等自动生成的新图层数据。空间数据库将随备选地决策分析过程的不断深入而逐步完善。

2.3.2 应用系统结构 基于 ArcGIS 对木材物流中心选址进行集成二次开发，研究所设计的系统既包括 ArcGIS 软件的所有功能，尤其是其对空间数据的处理、管理和分析功能，又通过 VB 高效、方便的编程特点，实现木材物流中心选址的科学决策功能。系统的主要结构如图 1 所示。

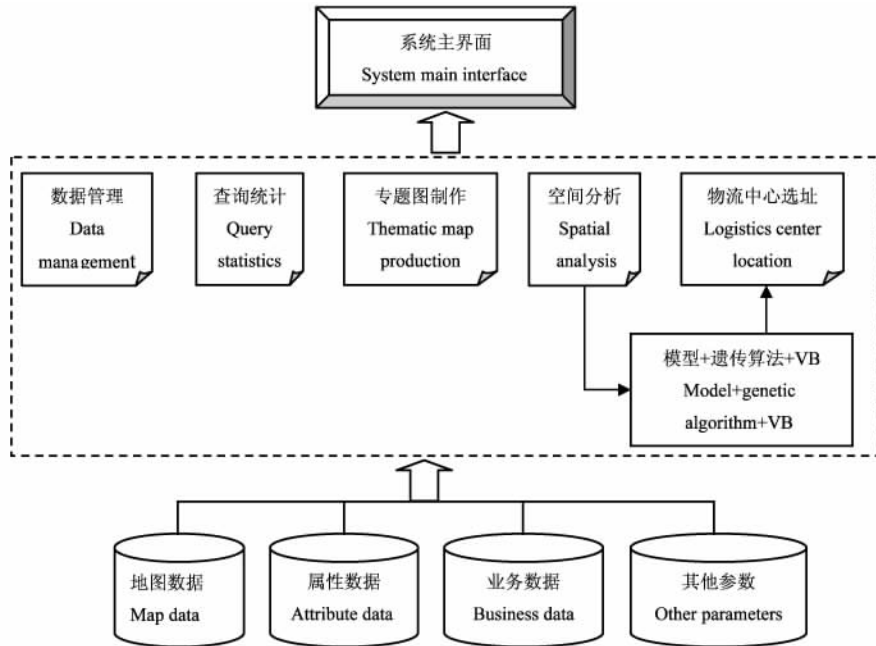


图 1 系统结构

Fig.1 Structure of system

2.3.3 接口关键技术 木材物流中心选址研究以 ArcGIS 组件 ArcObjects 为基础，用高级语言 VB 进行集成二次开发。开发所涉及的接口技术主要包括扩展用户接口、创建自定义命令以及在 ArcMap 中加载工具这 3 个步骤。

1) 扩展用户接口 由于 ArcGIS 允许用户通过增加按钮、工具、工具控件等方法来扩展 ArcGIS 框架(刘仁义等,2006)。因此,通过创建包含一些特定接口的类:如 ArcGIS 系统结构中最底层的 System 类库,它包含了构成 ArcGIS 的其他类库提供

服务的组件,定义了大量开发者可以实现的接口; SystemUI 类库则包含了用户界面组件接口定义 ICommand, Itool 和 IToolControl 等接口。开发者可以使用这些接口来扩展 UI 组件。本文采用把类编译成可以嵌入 ArcGIS 框架的 ActiveX DLL,从而实现基于 COM 的命令。

2) 创建自定义命令 根据上述的选址模型和算法,在 VB 环境下编写一个自定义命令扩展组件,这个组件实现了木材物流中心选址的科学决策,可以用在应用程序 ArcMap 中。

3) ArcMap 中加载工具 通过上述方法开发好一个 ActiveX DLL 程序后,便可在 ArcMap 环境下加载 ActiveX DLL 程序。首先用鼠标右击工具栏,点击弹出的上托式菜单中的〈Customize〉菜单项,然后在 Customize 对话框中,根据被加载 DLL 的类型切换到“Toolbars”或者“Commands”页,再点击〈Add From File〉按钮。在“打开文件”对话框中,选择被加载的 DLL 文件,并点击〈打开〉按钮。此时完成根据物流中心选址要求所建立的工具在 ArcGIS 中的无缝地集成。用户可以在 ArcMap 中实现木材物流中心选址空间的管理和分析以及科学的决策。

3 应用分析

以永安林业(集团)股份有限公司的木材物流数据为基础,研究在永安境内建立木材物流中心的选址问题。

3.1 数据准备

本案例所需的地理空间数据采用 1:5 万比例尺基础地理信息数据和 1:5 万森林资源基础数据。主要图层有:林相、境界、居民地、交通、水系、地貌、工农业设施及管线等。业务数据来自永林集团森林经

营分公司及永安人造板厂。已知永林集团 7 个采育场年均原木及薪材的供应量、6 个外购薪材来源地的年均薪材供应量、永安人造板厂的年均薪材需求量以及原木及薪材的单位木材流转单价。

3.1.1 空间数据处理 空间数据资源为分幅的矢量数据,需根据研究区域对其进行拼幅、提取数据及消除数据误差等操作。通过以上处理,制作永林各采育场森林经营范围及其中间楞场、永安人造板厂的空间分布图。地图的所有其他信息如路长、土地面积、土地利用类型等都在属性库中,所以还要根据研究需要将必要的信息加载到属性库中。

3.1.2 空间数据库建立 本系统采用 Oracle 9i 为后台空间数据库,并通过 ArcSDE 建立连接。

3.2 物流中心备选地选择

本系统首先利用 ArcGIS 软件本身所具有的空间分析与处理功能,在永安境内查找土地利用类型、高程及交通条件、土地面积等满足建立木材物流中心要求的地块作为优选区域后再根据拟建的木材物流中心的吞吐能力设计确定出 4 个备选地块。各采育场质心、备选地块及人造板厂四者构成的木材物流结点的空间分布如图 2 所示。

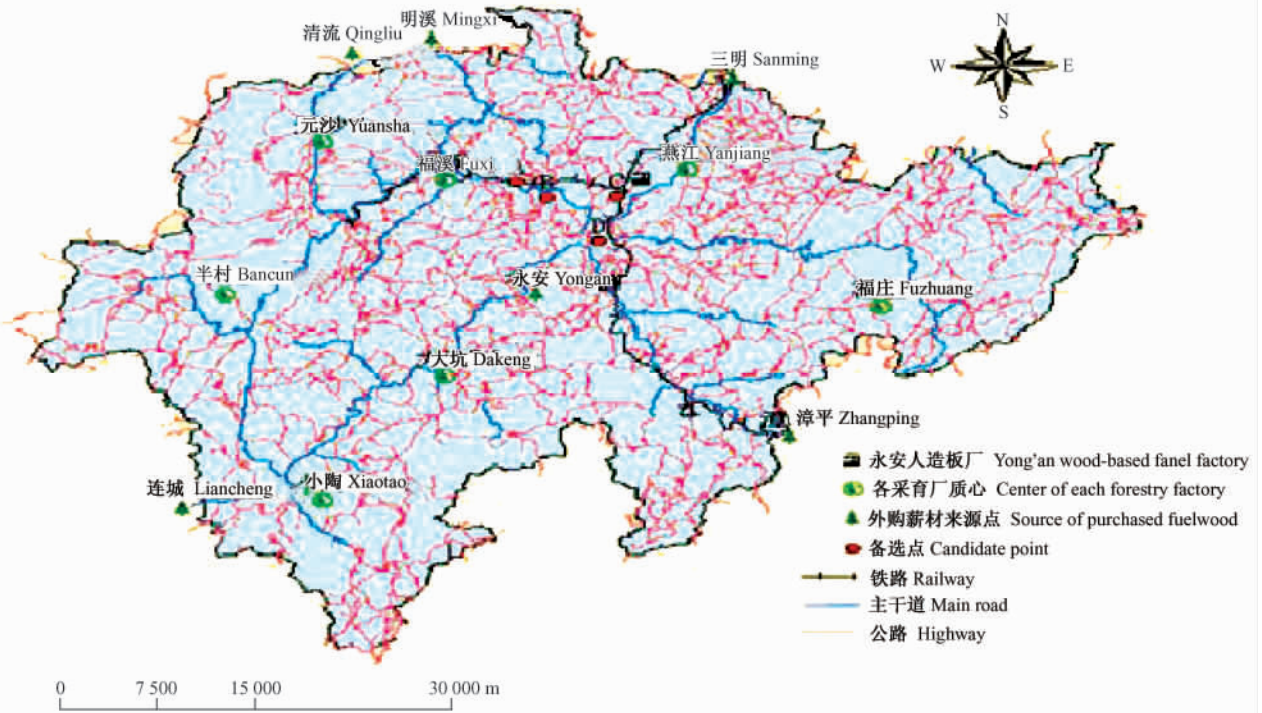


图 2 木材物流结点空间分布

Fig.2 The spatial position of timber logistics nodes

3.3 基于 ArcGIS 的木材物流中心选址

通过 ArcGIS 的空间分析功能获得备选地块后,将相关模型参数和算法系数通过交互方式输入系

统。备选地 B 和 C 被选为木材物流中心的建设地。木材最佳配送方案为: 22322322333233333333。选址模型的目标函数值为 13 359 428 元,这包括每年

永林集团所需承担的木材运输费、中转费及木材物流中心年均固定建设费。

4 结论与讨论

木材物流中心选址是一个复杂 NP 问题。以运输成本与运营成本之和最小为目标函数, 建立木材物流中心的选址模型, 采用可重复自然数编码的遗传算法求解木材物流中心选址模型。在此基础上以 ArcGIS 为二次开发平台, 采用 VB 语言集成开发木材物流中心选址应用系统, 初步应用表明: 系统具有较好的外观效果, 较强的数据库功能, 而且可靠性好、易于移植、便于维护。但由于在建立模型中作了一些假设和简化, 如只考虑新建木材物流中心的情况, 没考虑现在可用的物流仓库或其他设施以及木材库存控制情况等, 需要进一步研究。

参 考 文 献

冯秀兰, 蔡 霞. 2001. 基于 GIS 的集体森林资源信息管理系统的研制与开发. 北京林业大学学报, 23(3): 47-50.

李大卫. 2000. 可重复自然数编码遗传算法的最优群体规模. 鞍山钢铁学院学报, 23(6): 419-423.

- 林雅惠, 钟晓燕, 钟聪儿. 2007. 基于遗传算法的木材物流中心选址研究. 运筹与管理, 16(6): 51-57.
- 刘仁义, 刘 南. 2006. ArcGIS 开发宝典. 北京: 科学出版社.
- 邱荣祖. 2002. 基于 GIS 的木材运输计划决策支持系统. 林业科学, 38(1): 117-121.
- 邱荣祖, 黄德华, 翁发进, 等. 2005. 基于 GIS 的伐区楞场位置决策系统. 林业科学, 41(1): 211-214.
- 汤国安, 杨 昕. 2006. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程. 北京: 科学出版社.
- 王战权, 杨东援, 汪 超. 2001. 配送中心选址的遗传算法研究. 物流技术, (3): 11-14.
- 吴 兵, 罗荣桂, 彭伟华. 2006. 基于遗传算法的物流配送中心选址研究. 武汉理工大学学报, 28(2): 89-91.
- 于 波, 李引珍. 2005. 基于改进遗传算法的物流配送点选址问题研究. 兰州交通大学学报, 24(4): 135-137.
- 张红玲, 孙成明. 2006. 基于 GIS 的扬州市数字林业管理信息系统的设计构思. 中国科技信息, (5): 114.
- Antti A. 2004. Integration of work tasks and supply chains in wood harvesting-cost savings or complex solutions? Journal of Forest Engineering, 15(2): 26-41.

(责任编辑 石红青)