

经济与管理学院

博士

85.	徐 斌 李 南	博士 教授	091 091	粮食分销网络中配送中心选址双层规划模型	工业技术经济	2006.25.10	
86.	徐 斌 李 南	博士 教授	091 091	基于双层规划的粮食配送中心优化问题研究	农业现代化研究	2006.27.11	
87.	张立凡 李 东	博士 教授	09 09	我国石油企业的竞争环境与竞争战略分析	中国石油大学学报（社会科学版）	2006.22.4	
88.	张立凡 李 东	博士 教授	09 09	基于属性约简的石油企业竞争力指标体系构造	工业技术经济	2006.25.10	
89.	张立凡 李 东	博士 教授	09 09	新石油规则下我国石油企业竞争环境分析	现代经济探讨	2006.10	
90.	张立凡 李 东	博士 教授	09 09	基于粗糙—FAHP 方法的石油企业可持续发展能力评价	中国石油大学学报（自然科学版）	2006.30.6	
91.	张立凡 李 东	博士 教授	09 09	石油企业核心竞争力与石油安全关系辨析	企业经济	2006.10	
92.	张立凡 李 东	博士 教授	09 09	基于共生理论的江苏城乡统筹发展研究	江苏农村经济	2006.10	
93.	刘 雷	博士	091	基于项目的动态联盟合作伙伴选择	统计与决策	2006.7	
94.	刘 雷	博士	091	网络环境下大型建设项目风险	集团经济研究	2006.11	
95.	刘 雷	博士	091	基于动态联盟的我国企业资源整合利用的可行性研究	商业研究	2006.18	
96.	刘 斌 陈 剑	博士 教授	091 091	Supply chain coordination with combined contract for a short-life-cycle production	IEEE Transation on System, man and cybernetics-part A: Systems and humans	2006.36.1	
97.	刘 斌 陈 剑	博士 教授	091 091	Joined decision model on ordering and pricing for a short-life-cycle product under stochastic multiplicative demand	IEEE International Conference on Industrial Information	2006	
98.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	企业集群共生演化模型及实证研究	中国管理科学	2006.14.02	
99.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	策略联盟及其协同创新模型研究	管理评论	2006.18.03	
100.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	区域企业集群动态演化模型分析	科技进步与对策	2006.2	
101.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	区域知识溢出的集群效应研究	财贸研究	2006.2	
102.	许箫迪 王子龙	博士 博士	092 092	区域知识溢出的集群效应研究	财贸研究	2006.02	
103.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	高技术产业系统自适应演化与涌现分析	工业技术经济	2006.25.3	
104.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	区域企业集群共生模型及演化机制研究	南京航空航天大学学报	2006.8.1	
105.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	产业集聚水平测度的实证研究	中国软科学	2006.3	
106.	许箫迪 王子龙	博士 博士	092 092	企业生态位 k-r 选择策略研究	管理评论	2006.10	

107.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	高技术产业集聚水平测度方法及实证研究	科学学研究	2006.05	
108.	王子龙 谭清美	博士 教授	092 092	产业空间经济场研究	现代经济探讨	2006.6	
109.	菅利荣 刘思峰	博士 教授	091 091	粗糙模糊决策表概率决策分析的扩展粗糙集方法	东南大学学报	2006.5	
110.	菅利荣 刘思峰	博士 教授	091 091	影响电子商务市场参与方收益的因素分析	商业研究	2006.9	
111.	菅利荣 刘思峰	博士 教授	091 091	项目管理能力体系建设的研究	工业技术经济	2006.25.9	
112.	菅利荣 刘思峰	博士 教授	091 091	连徐公司开展全面预算管理实践的探析	现代管理科学	2006.1	
113.	赵旭	博士后	091	信贷资产证券化的违约风险分析	商业研究	2006.20	
114.	田永强	博士	091	论政策性银行风险的文化建设	河南金融干部学院学报	2006.3	
115.	田永强	博士	091	关于新形势下农业产业化发展问题的思考	农业经济问题	2006.5	
116.	田永强	博士	091	农业政策性银行脆弱性问题研究	金融理论与实践	2006.3	
117.	贾积身	博士	091	修理工单重休假可修系统平均停机时间研究	系统工程与电子技术	2006.28.11	
118.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	自动化车床刀具的更换策略研究	统计与决策	2006.20	
119.	仇伟杰 刘思峰	博士 教授	091 091	GM(1,N)模型的离散化结构解	系统工程与电子技术	2006.28.11	
120.	仇伟杰 刘思峰	博士 教授	091 091	中国固定资产投资与电力生产的动态经济调控	统计与决策	2006.12	
121.	陈伟 刘思峰	博士后 教授	091 091	计算机审计中一种基于孤立点检测的数据处理方法	商业研究	2006.17	
122.	谢琨 刘思峰	博士 教授	091 091	绿色经营战略管理和平衡积分卡构建方法	企业经济	2006.9	
123.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	一类可修系统的最优化管理	集团经济研究	2006.1	
124.	马少林	博士	091	技术创新的可逆性与逆向工程的基本模式研究	科学学与科学技术管理	2006.1	
125.	巩在武 刘思峰	博士 教授	091 091	区间数互补判断矩阵的一致性及其排序	中国管理科学	2006.14.4	
126.	杨文瀚 刘思峰	博士 教授	091 091	供应链企业间互动与技术创新的关系研究	科学学研究	2006.24.5	
127.	夏红芳 刘思峰	硕士 教授	091 091	企业信用风险评判的模糊神经网络方法	华东经济管理	2006.20.3	
128.	宰予东 刘思峰	博士 教授	091 091	基于群决策方法的外包服务商选择研究	河南科学	2006.24.1	
129.	宰予东 刘思峰	博士 教授	091 091	基于模糊分析法的企业资源外包风险研究	河南社会科学	2006.14.2	

130.	宰予东 米传民	博士 教授	091 091	基于灰关联度的企业资源外包的决策 分析	统计与决策	2006.4	
131.	赵 旭	博士后	091	国有商业银行行长人力资本定价分析	金融与经济	2006.3	
132.	张登兵	博士	091	传统决策与博弈论的比较	统计与决策	2006.7	
133.	张登兵	博士	091	创新思维与规范化管理是信息化有效 性的根本保证	集团经济研究	2006.7	
134.	张登兵	博士	091	论自由信息和经济信息	特区经济	2006.2	
135.	张登兵	博士	091	博弈论看合作双赢	集团经济研究	2006.1	
136.	张登兵	博士	091	论灰色系统理论的系统认知哲学	沿海企业与科技	2006.1	
137.	田建艳	博士	091	低功耗智能网络水表的设计	电脑开发与应用	2006.19.1	
138.	仇伟杰	博士	091	基于状态空间模型与 KALMAN 滤波 的中国电力需求分析	工业技术经济	2006.25.2	
139.	王 萍	博士	091	德国的环境保护及其对我国的启示	世界经济与政治论坛	2006.2	
140.	杨 清	博士	091	企业集群的跨国发展问题：以中山古 镇灯饰企业集群为案例	企业经济	2006.9	
141.	夏红芳	博士	091	金融外包国际动态及对中国金融企业 的启示	浙江金融	2006.11	
142.	于亦文	博士	091	中国证券市场交易机制对价格形成的 影响研究	预测	2006.25.2	
143.	于亦文	博士	091	实际波动率与 GARCH 模型的特征比 较分析	管理工程学报	2006.20.2	
144.	周 辉	博士	091	我国商业银行商务模式创新的趋势分 析	金融与经济	2006.5	
145.	仇伟杰	博士	091	基于三角白化函数的中国电力工业发 展水平评估	华北电力大学学报	2006.33.3	
146.	吴 洁 刘思峰	博士 教授	091 091	基于知识供应链的知识创新与转移模 型研究	科技进步与对策	2006.12	
147.	吴 洁 刘思峰	博士 教授	091 091	基于熵理论的知识创造机理研究	工业技术经济	2006.25.7	
148.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	退化可修系统最优更换策略	系统工程理论方法应用	2006.15.1	
149.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	基于停机时间的单重休假可修系统的 优化策略研究	集团经济研究	2006.2 (下)	
150.	贾积身 刘思峰	博士 教授	091 091	基于 ExSpect 语言的维修过程建模与 仿真	系统工程与电子技术	2006.28.1	
151.	万 军 刘思峰	博士 教授	091 091	基于灰色系统理论的高频上证综合指 数研究	统计与决策	2006.7	
152.	万 军 刘思峰	博士 教授	091 091	日已实现波动的估计研究	统计与决策	2006.10	

153.	周 辉 刘思峰	博士 教授	091 091	企业持续竞争优势的生内性与动态性 源泉	预测	2006.25.3	
154.	周 辉 刘思峰	博士 教授	091 091	论企业战略执行与控制系统优化	现代经济探讨	2006.1	
155.	周 辉 刘思峰	博士 教授	091 091	战略预见的竞争优势：基于不确定环境的全景分析	商业研究	2006.11	
156.	章 玲 刘思峰	博士 教授	091 091	应用规范化公式的 MCDM 的保序研究	中国工程科学	2006.8.12	
157.	章 玲 刘思峰	博士 教授	091 091	Comparison analysis of maut expressed in terms of choquet integral and utility axioms	1 st International Symposium on Systems and Control in Aerospace and Astronautics	2006.1.19	
158.	李存芳 周德群	博士 教授	091 091	企业核心竞争力决定模型构建于评价实证	商业经济与管理	2006.176.6	
159.	侯雅莉 周德群	博士 教授	091 091	价格补贴契约对三阶层供应链的协调	系统工程	2006.24.4	
160.	朱佩枫 周德群	博士 教授	091 091	耦合民间资本和东部衰退矿区优势要素改造西部小煤矿模式探析	工业技术经济	2006.25.12	
161.	朱佩枫 周德群	博士 教授	091 091	走出区域支柱产业选择的误区	工业技术经济	2006.25.7	
162.	楚 俊 林芳强	博士 教授	091 091	基于 DEMATEL 方法的煤炭企业跨区投资进入模式因素分析	经济问题探索	2006.12	
163.	朱佩枫 周德群	博士 教授	091 091	新时期群体性堵路现象初探	山西财经大学学报	2006.28.1	
164.	陈洪涛 黄国良	博士 教授	091 091	中国上市公司股利支付水平实证研究	中国矿业大学学报	2006.35.1	
165.	陈洪涛 黄国良	博士 教授	091 091	中国上市公司股利分配意愿实证研究	海南金融	2006.212.7	
166.	陈洪涛 黄国良	博士 教授	091 091	山雨欲来：煤电价格二次联动呼之欲出	金融纵横·财富	2006.5.5	
167.	陈洪涛 黄国良	博士 教授	091 091	基于行为金融理论的有限理性股利政策分析	煤炭经济研究	2006.298.4	
168.	许丽君 江可申	博士 教授	095 09	基于委托—代理理论的旅游企业集团化发展模式研究	集团经济研究	2006.102	
169.	陆 琳 谭清美	博士 教授	091 091	一类随机需求 VRP 的混合粒子群算法研究	系统工程与电子技术	2006.28.2	
170.	陆 琳 谭清美	博士 教授	091 091	核心竞争力构建策略研究	商业研究	2006.02	
171.	许丽君 江可申	博士 教授	093 093	作为旅游资源的西夏历史文化利用现状及其类型特征	南京航空航天大学学报 (社科版)	2006.8.2	
172.	许丽君 江可申	博士 教授	093 093	导游薪酬构成指标体系研究	旅游科学	2006.6	
173.	匡 梅 江可申	博士 教授	093 093	中国能源新战略探讨	决策参考	2006.7	
174.	汪本强 江可申	博士 教授	093 093	我国上市公司资本结构、融资期望和股权偏好研究	工业技术经济	2006.25.6	

175.	汪本强 江可申	博士 教授	093 093	中国航空工业上市公司经营绩效综合评价研究	经济问题探索	2006.8	
176.	汪本强 江可申	博士 教授	093 093	航空工业上市公司资本结构影响因素的实证分析	南京航空航天大学学报	2006.8.2	
177.	汪本强 江可申	博士 教授	093 093	中国航空工业产业规模、集中度与绩效的关系研究	科技进步与对策	2006.1	
178.	汪本强 江可申	博士 教授	093 093	航空工业上市公司资本结构与绩效的关系	统计与决策	2006.6	
179.	王建玲 刘思峰	博士 教授	092 091	品牌延伸影响要素的灰色优势分析	Grey System Theory and Its Application 论文集	2006.178	
180.	王建玲 刘思峰	博士 教授	093 093	移动电子商务发展影响因素的灰色关联分析	商业时代	2006.25.7	
181.	王建玲 刘思峰	博士 教授	093 093	Forecasting of LYG Port Effect on LX Highway Traffic Based on GM(1,1)	IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics	2006	
182.	谭 宏 宁宣熙	博士 教授	091 091	现代造船企业主要技术经济的特征	科学管理研究	2006.24.6	
183.	章丽厚 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于生命周期理论的民营企业可持续发展研究	企业经济	2006.9	
184.	张冬青 宁宣熙	博士 教授	091 091	考虑收入因素的旅行时间价值模型研究	系统工程学报	2006.21.1	
185.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	京津冀地区发展民航产业集群研究	中国工业经济	2006.3	
186.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	机场投资补贴不能一刀切	中国投资	2006.7	
187.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	民航旅客登机流程的系统优化策略	民航管理	2006.7	
188.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	机场旅客值机系统优化研究	中国民用航空	2006.66.6	
189.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	航空运输便捷性问题优化策略	管理世界	2006.6	
190.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	机场投资补贴的区域划分研究	民航管理	2006.6	
191.	王志清 宁宣熙	博士 教授	091 091	我国机场发展中应解决的若干问题	综合运输	2006.2	
192.	柯飞帆 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于网格的联盟企业运营模式	系统工程理论方法应用	2006.15.4	
193.	柯飞帆 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于 Petri 网和 UML 的工作流模型设计	南京航空航天大学学报	2006.38.1	
194.	柯飞帆 宁宣熙	博士 教授	091 091	装备制造业在利用外资过程中的技术创新问题研究	世界经济与政治论坛	2006.2	
195.	雄崇俊 宁宣熙	博士 教授	091 091	中国综合交通各运输方式协调发展评价研究	系统工程	2006.24.6	
196.	雄崇俊 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于灰色关联理论的民航客运影响因素研究	统计与决策	2006.1	
197.	雄崇俊 宁宣熙	博士 教授	091 091	运用熵的组合预测法对我国客运总量的预测	统计与决策（理论版）	2006.3	

198.	雄崇俊 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于熵的组合预测法研究	科技进步与对策	2006.23.4	
199.	曹细玉 宁宣熙	博士 教授	091 091	易逝品二次订货中批发价格更新的零 售商订货策略	统计与决策	2006.7	
200.	曹细玉 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于联合广告下供应链的合同设计、 道德风险与协调性	统计与决策	2006.6	
201.	曹细玉 宁宣熙	博士 教授	091 091	基于预算费用约束下易逝品零售商的 订货策略	统计与决策	2006.3	
202.	曹细玉 宁宣熙	博士 教授	091 091	易逝品供应链中的联合广告投入、订 货策略与协调问题研究	系统工程理论与实践	2006.26.3	
203.	谭 宏 宁宣熙	博士 教授	091 091	企业国际竞争力理论模型与计量方法 研究	商业研究	2006.14	
204.	谭 宏 宁宣熙	博士 教授	091 091	造船产业贸易政策与我国造船企业国 际竞争力研究	财经问题研究	2006.5	
205.	卢 锋	博士	091	论中国汽车工业可持续发展的能源创 新模式	甘肃社会科学	2006.2	
206.	宋祖铭 宁宣熙	博士 教授	091 091	企业实施敏捷制造过程的研究	企业经济	2006.6	
207.	陈 琪 宁宣熙	博士 教授	091 091	按生产要素分离人力物力贡献价值及 其模型的设计	江苏科技大学学报	2006.6.3	
208.	朱礼龙 周德群	博士 教授	091 091	自主创新：中国汽车产业的崛起之路 ——以安徽汽车产业自主创新发展为 例	企业经济	2006.3	
209.	朱礼龙 周德群	博士 教授	091 091	安徽江淮汽车集团员工职业生涯规划的 儒家文化渊源	职业时空	2006.7	
210.	周春光 刘思峰	博士 教授	091 091	外商直接投资对产品出口贡献的效应 分析	管理世界	2006.1	
211.	杨文瀚 刘思峰	博士 教授	091 091	The grey prediction of change trend of Chinese financial industry's credit size	The Journal of Grey System	2006.18.1	
212.	成桂芳 宁宣熙	博士 教授	091 091	虚拟企业隐性知识传播模型研究	科技进步与对策	2006.23.4	
213.	张小雪 陈万明	博士 教授	092 092	中国对外贸易与就业：基于协整和误 差修正模型的分析	浙江工商大学学报	2006.6	
214.	王剑武 李宗植	博士 教授	096 096	城市化：统筹城乡新发展	商业研究	2006.22	
215.	王剑武 李宗植	博士 教授	096 096	提升吸纳外资能力，促进中部崛起	光明日报	2006 年 11 月 6 日	
216.	王天营	博士	091	经济调查误差控制研究	统计与决策	2006.4	
217.	王天营	博士	091	对我国“第二劳动市场”发展的思考	经济问题	2005.12	
218.	王天营	博士	091	江浙沪制造业的比较研究	经济问题	2006.11	

粮食分销网络中配送中心选址双层规划模型

徐斌¹ 李南¹ 白芳²

¹ (南京航空航天大学, 南京 210016) ² (南京航空航天大学, 南京 210016)

〔摘要〕 在考虑区域粮食分销网络中粮食物流宏观决策部门和客户双方利益的基础上, 对粮食配送中心选址问题建立双层规划模型, 同时, 根据粮食运量大、安全性要求高和区域粮食分销网络的特点, 合理表示运输费用函数, 引入粮食安全储备和只考虑单一运输工具, 最后通过一个算例对模型求解。

〔关键词〕 粮食分销网络 配送中心选址 双层规划模型

〔中图分类号〕 U492.3 〔文献标识码〕

0 引言

继2004年5月23日, 国务院决定全面放开粮食购销市场后, 粮食购销市场化的改革一直在进行, 但我国传统的粮食物流体系是在计划经济环境下建立、发展起来的, 同时在计划经济时代, 我国对粮食物流的规划采用表上作业法, 与目前的社会主义市场经济体制及粮食流通体制改革已不相适应。现今粮食物流体系的落后现状以及缺少对粮食物流进行科学化研究的方法, 已经成为我国社会经济快速发展的重要制约因素之一, 所以, 迫切需要采用科学的方法对市场经济条件下的粮食物流进行系统化研究。

在粮食物流系统中, 粮食配送中心居于重要的枢纽地位, 起着承上启下的作用。在其上游是粮食产地, 其下游则是零售商、消费者。较佳的粮食配送中心选址方案可以有效地节省费用, 促进生产和消费的协调与配合, 保证粮食物流系统的平衡发展。它一经选定就将长时间运营, 它不仅与运行费用直接相关, 而且对工作效率及粮食物流控制水平会产生很大影响。因此, 粮食配送中心的合理选址就显得十分重要。

正是基于粮食配送中心及其位置的重要作用, 本文对粮食配送中心选址问题展开研究, 在考虑区域粮食分销网络中粮食物流宏观决策部门和客户双方利益的基础上, 对粮食配送中心选址问题建立双层规划模型, 同时, 根据粮食运量大、安全性要求高和区域粮食分销网络的特点, 合理表示运输费用函数、引入粮食安全储备和只考虑单一运输工具, 最后通过一个算例对模型求解。

1 双层规划模型

双层规划是多层规划的一个特例, 相对与其它多层规划, 双层规划建模、求解更简单易行, 所以得到更多学者的青睐。例如: 在文献[4]中, 作者就将双层规划和双方一致规划(mutually consistent (MC) programming)引入到交通控制问题中。文献[5]中, 采用双层规划理论对路网中的最大车流量和最大可用停车位进行建模分

析。文献[6]中, 采用双层规划方法对具有人口和出口的私人公路的通行费设计优化问题展开分析。

双层规划包括上层领导者(leader)的目标决策和下层跟随者(follower)的目标决策[8]。在配送中心选址问题中, 上层决策部门(leader)可以通过政策和管理来改变某个配送中心的位置和配送成本, 从而影响下层客户(follower)对配送中心的选择, 但不能控制他们的选择。客户则立足于自身, 对现有的配送中心进行比较, 根据自己的需求特点、行为习惯和经济效益来选择配送中心对其服务。这种关系可以用双层规划模型(Bi-level programming model)来进行描述, 其基本思想为下面的数学模型:

$$(U) \quad \min_x F(x, y) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad G(x, y) \leq 0 \quad (2)$$

其中对每一个固定的 x , y 是下述规划问题的解向量。

$$(L) \quad \min_y f(x, y) \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \quad g(x, y) \leq 0 \quad (4)$$

其中 $x \in R^n$, $y \in R^m$, 函数 $F, f: R^n \times R^m \rightarrow R$, $G: R^n \times R^m \rightarrow R^p$, $g: R^n \times R^m \rightarrow R^q$

双层规划模型由两个子模型(U)和模型(L)组成, 其中(U)称为上层规划, (L)称为下层规划。 F 是上层规划模型的目标函数, x 为上层规划的决策变量, G 是对变量 x 的约束; f 为下层规划模型的目标函数, y 为下层规划的决策变量, g 是对变量 y 的约束。上层决策者通过设置 x 的值影响下层决策者, 因此限制了下层决策者的可行约束集, 而下层决策者的行为反过来又会通过 y 影响上层的决策。下层决策变量 y 是上层决策变量 x 的函数, 即 $y = y(x)$, 此函数一般被称为反应函数。

区域粮食分销网络中粮食配送中心选址的优化问题涉及到两种具有明显不同目标函数的决策者(两层利益主体)——粮食物流宏观决策部门(粮食局或大型粮油企业)和客户(经销或零售商), 因此, 采用双层规划模

型描述这种关系比传统的单层规划方法更符合实际情况。
2 区域粮食分销网络中配送中心选址双层规划建模

在本文所述的区域粮食分销网络中粮食配送中心选址的优化问题中,定义配送中心为广义的,它包括粮食中转站、加工厂、储备库等,简称为粮食配送中心。上层规划(U)可以描述为粮食物流宏观决策部门(粮食局或大型粮油企业)在允许的固定投资范围内确定最佳的粮食配送中心的地点以使得本身总成本最小(包括运输成本、固定成本和变动成本)。而下层规划(L)则描述了在多个配送中心存在的条件下,客户选择在不同配送中心之间的粮食购买模式,它的目标是使客户的花费最低。

通常,粮食运输中有运量大的特点,所以在本模型中不考虑车辆空载和车辆路径问题,即从配送中心到客户的路线是放射线状的,也就是从设施点出发的运输车辆每次访问一个客户后,就返回该配送中心,这样整个过程的运输费用就表示为直接返回距离的函数;同时,由于考虑的是区域问题,故在模型中只考虑一种短途运输工具——汽车,而不考虑适用于长途运输的火车、轮船等运输工具;考虑到对粮食的安全性要求较高,所以,粮食配送中心在满足客户的需求后,还必须按规定的粮食储备率留有一定量的库存,以确保粮食安全。(通常这项任务由国家和地方粮食储备库来完成)因此,广义配送中心容量需大于客户需求量,同时总费用中应包含库存费用。

在本文中采用的数学模型比传统的单层模型更接近于配送中心的实际情况,属于非线性混合0-1规划。根据粮食和区域粮食分销网络的特点,建立粮食配送中心选址双层规划模型如下:

本模型的上层规划为:

$$(U) \min F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} s_{ij} + \sum_{j=1}^n z_j h_j + \sum_{j=1}^n z_j p(v_j) \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n z_j h_j \leq B \quad (6)$$

$$(1 - \frac{\theta}{1+\theta}) \sum_{j=1}^n z_j v_j \geq \sum_{i=1}^m d_i \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n z_j \geq 1; \quad (8)$$

$$z_j = \begin{cases} 1, & \text{在第 } j \text{ 个备选地址建粮食配送中心;} \\ 0, & \text{第 } j \text{ 个备选地址不建粮食配送中心;} \end{cases} \quad (9)$$

其中: m 为客户总数; n 为配送中心的备选地址数; C_{ij} 为第 i 个客户由 j 地点的配送中心提供服务的广义单位运量费用 ($i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$); X_{ij} 为第 i 个客户在 j 地点的配送中心购买的粮食量; s_{ij} 为地点 i 与地点 j 之间的距离; h_j 为在 j 地建配送中心的固定投资; B 为修建配送中心的总投资预算; v_j 为拟建配送中心的容量; $p(v_j)$ 为配送中心 j 的变动费用与其容量 v_j 有关, θ 为粮食储备率(粮食储备率是反映粮食安全水平的一个重要指标。联合国粮农组织在20世纪80年代确定的粮食储存量的一般标准是应占消费量的17%~18%^[3]。一般取 $\theta=17\%$)。

目标函数中的三项分别表示上层利益主体的运输成本,固定成本和变动成本。约束(6)表示固定投资费用总额满足总投资预算约束;约束(7)表示粮食配送中心除储备粮外,必须满足客户对粮食的总需求量;约束(8)表示至少建立一个粮食配送中心。

上层目标函数是从粮食物流宏观决策部门的角度出发使总的运输费用和固定投资费用最小。式中 X_{ij} 由下层规划求得。在现实配送系统中,某个客户从某配送中心的购买量会受到其他客户购买量的影响,如果当多个客户从同一配送中心购买粮食时,在这一配送中心处购粮的广义费用就会增加,因此有些客户可能会选择其他配送中心,相应的在这一配送中心的粮食购买量就会减少。为了反映这一现象,可以用一个需求函数来描述这种关系:

$$X_{ij} = D_{ij}(u_{ij}) \quad (10)$$

式中 u_{ij} 为第 i 个客户从第 j 个配送中心购入粮食的最小花费。

因此可以这样描述下层规划:

$$(L) \min f = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \int_0^{X_{ij}} D^{-1}(y) dy \quad (11)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} = d_i; \forall i=1, 2, \dots, m \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq (1 - \frac{\theta}{1+\theta} z_j v_j); \forall j=1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$X_{ij} \leq M z_j; \forall i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (14)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (15)$$

$D^{-1}(\cdot)$ 为需求函数的反函数,为连续函数; v_j 为配送中心的容量; d_i 为客户 i 的需求量; M 为任意大的正数。

约束(12)表示对客户的供给量等于其需求量;约束(13)表示各粮食物流配送中心向各个客户的输出量小于或等于其可输出量;约束(14)表示只有备选地建立粮食物流中心时,才可以向客户输出粮食;约束(15)表示输出量非负。同时对于给定的 u 可以计算出目标函数的 Hessian 矩阵是正定的,因此模型(L)有唯一解。

下层目标函数是确定客户在各个客户配送中心购买的粮食量,以使客户费用最低。

综上所述,处于上层的粮食物流宏观决策部门决定在某几个地点建立粮食配送中心,目的是使整个粮食分销系统总费用最小;下层客户从自身角度出发,选择自认为其广义费用最小的粮食配送中心为其提供服务,也就是其选择行为符合用户最优准则。

3 求解算法

由于双层规划模型的非凸性,一般来说,求解双层规划问题非常困难,有时即使能找出双层问题的解,通常也只可能是局部最优解而非全局最优解^[7]。

许多学者已对双层及多层规划进行了大量的研究,提出了一些有效的解决方法。文献[9]中就对三层多目标非线性决策问题展开研究,其中利用模糊集理论,建立模糊决策模型。文中还提到解决三层规划的方法还有:混和极值点搜索算法、补充松弛变量的混合整数规划方法、罚函数方法。这些方法同样可以应用到解决双层规

划问题中来。

求解双层规划问题的关键在于找到反应函数的具体形式,但这是比较难的。本文借鉴文献[10]和[11]中的方法,采用补充松弛变量的混合整数规划方法,建立反应函数,对模型进行分析。对模型(L)进行分析可以看出,约束条件(14)已经表示出了客户在各个粮食配送中心粮食购买量与粮食配送中心选址方案之间的关系。虽然对于一个固定的 $z_j(\forall j)$,下层问题中的约束可以省去,但为了得到反应函数的具体形式,可以将约束(14)化为如下形式(但不加入模型中):

$$X_{ij} = Mz_j - y_{ij}, \quad \forall i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n; \quad (16)$$

其中: y_{ij} 为松弛变量。当 $z_j=0$ 时,可以直接得出 X_{ij} 及 y_{ij} 的值,当 $z_j=1$ 时,可以利用已有的方法解下层模型(L),求得平衡状态下客户在各分销中心分配的需求量 X_{ij}^* ,然后利用式(19)计算松弛变量 y_{ij}^* 的。这样得到的所有反应函数的关系都可以写为

$$X_{ij} = Mz_j - y_{ij}^* \quad \forall i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n \quad (17)$$

将上述关系代入上层目标函数中,可用已有的方法进行求解,如分枝定界法,对于从上层问题求出的最优解,再一次求下层问题,就可以得到客户在各粮食配送中心的粮食购买量,重复上面的步骤,又可以得到一组新的选址方案。如此重复计算,最后有望收敛于双层规划模型的最优解。

4 算例分析

本节通过设计一个简单的算例来求解区域粮食分销网络中配送中心选址双层规划模型。为了计算方便,算例中的数值及函数形式都是假定的。在实际应用中,应通过实际观测用统计方法来校正。

假设系统中只有四个客户(A1、A2、A3、A4),三个配送中心候选点(B1、B2、B3)。假设各客户需求函数的反函数具有一致的形式,采用广义费用函数形式为:

$$u_{ij} = D^{-1}(X_{ij}) = a'_j s_{ij} + a_j (X_{ij})^{b_j} - k_j z_j, \quad i=1, 2, 3, 4, j=1, 2, 3; \text{其中, } a'_j, a_j, b_j, k_j \text{ 为参数, } a'_j = a' = 0.1, a_j = a = 0.1, b_j = b = 0.2, k_j = k = 0.3, j=1, 2, 3.$$

假设模型中的各参数值如下:客户需求量: $D = (15 \ 10 \ 20 \ 30)$;建各配送中心所需的固定投资: $H = (13 \ 17 \ 18)$;粮食配送中心的容量: $V = (v_1 \ v_2 \ v_3) = (40 \ 50 \ 40)$;配送中心到客户的距离: $s_{11} = 1, s_{12} = 3, s_{13} = 5, s_{21} = 2, s_{22} = 2, s_{23} = 4, s_{31} = 3, s_{32} = 3, s_{33} = 3, s_{41} = 4, s_{42} = 5, s_{43} = 2$ 。

配送中心的变动费用: $p(v) = (p(v_1) \ p(v_2) \ p(v_3)) = (4 \ 5 \ 4)$;配送中心向客户销售粮食的广义单位运量费用: $C = C_{ij} = 0.2$;修建配送中心的总投资预算: $B = 31$;粮食储备率: $\theta = 17\%$;求解精度要求: $\epsilon = 0.05$;很大的正数 $M = 1000$ 。

计算步骤为:第1步 初始化,假设首先在所有备选地址都修建粮食配送中心,即 $z_0 = (1 \ 1 \ 1)$,并设 $k = 0$;第2步 求解下层问题,得到均衡条件下各客户从各配送中心的粮食购买量 x^* 及反应函数的关系: $x^*, X_{ij} = Mz_j - y_{ij}$ (具体形式省略);第3步 将所得线性关系代入上层规划目标函数中,求得一组新的选址方案: $z_1 = (0$

$1 \ 1)$;第4步 判断是否收敛,若 $\left| \frac{F_{k+1} - F_k}{F_k} \right| \leq \epsilon$,

得到选址结果;否则,转到第2步。经过迭代,最后得到配送中心最优选址结果为 $z^* = (1 \ 1 \ 0)$,即只在第一个和第二个备选地址建粮食物流配送中心,使得双层规划模型取得最优解,也就是,粮食物流宏观决策部门和客户的成本最低。此时客户的购粮方案为: $x_{11} = 8, x_{12} = 7, x_{13} = 0, x_{21} = 4, x_{22} = 6, x_{23} = 0, x_{31} = 8, x_{32} = 12, x_{33} = 0, x_{41} = 14, x_{42} = 16, x_{43} = 0$ 。此时的上层和下层成本分别为: $F_1 = 88, F_2 = 2$ 。

5 结论

考虑到区域粮食分销网络中不同利益主体的实际愿望,本文采用双层规划模型来描述区域粮食分销网络中粮食配送中心的选址问题。由于充分考虑了客户的利益、粮食和粮食物流的特点,因此,本文中建立的粮食配送中心的选址模型,能很好地协调粮食分销网络中各方的利益,进而达到优化粮食分销网络规划的目的。同时,模型中用了许多假设,在以后的研究中可以进一步去掉这些假设,不断扩展思路,对粮食物流展开更深入的研究。

参考文献

1. 孙会君,高自友.供应链分销系统双层优化模型[J].管理科学学报,2003,6(3):66~70
2. 侯立军.中国粮食物流科学化研究[M].中国农业出版社,2002
3. 徐力行.中国官方粮食储备合理规模的确定依据[J].现代经济探讨,2004,7:56~58
4. Halim Ceylan, Michael G.H.Bell. Genetic algorithm solution for the stochastic equilibrium transportation networks under congestion. Transportation Research Part B, 2005, 39: 169~185
5. M.L.Tam, William H.K.Lam. Maximum car ownership under constraints of road capacity and parking space. Transportation Research Part A, 2000, 34: 145~170
6. Hai Yang, Xiaoning Zhang, Qiang Meng. Modeling private highways in networks with entry exit based toll charges. Transportation Research Part B, 2004, 38: 191~213
7. Ben - Ayed O, Boyce D E, Blair C E. A general bi - level linear programming formulation of the network design problem [J]. Transportation Research, 1988, 22B: 311~318
8. O.E.Emam. A fuzzy approach for bi - level integer non - linear programming problem. Applied Mathematics and Computation: 2006, 172: 62~71
9. M.S.Osman, M.A.Abo - Sinna, A.H.Amer, O.E.Emam. A multi - level non - linear multi - objective decision - making under fuzziness. Applied Mathematics and Computation, 2004, 153: 239~252
10. S.S.Hsu, Y.J.Lai, L.E.Stanley, Fuzzy and Multi - Level Decision - Making, Springer - Verlag Ltd, London, 2001

作者简介 徐斌,南京航空航天大学博士生。研究方向:物流系统优化。李南,南京航空航天大学经济与管理学院教授,博士生导师。研究方向:工业工程、技术经济及管理、研发与创新管理。白芳,南京航空航天大学民航学院。

基于双层规划的粮食配送中心优化问题研究

徐斌¹, 李南¹, 白芳²

(1. 南京航空航天大学经济与管理学院, 江苏 南京 210016; 2. 南京航空航天大学民航学院, 江苏 南京 210016)

摘要:在考虑区域粮食分销网络中粮食物流宏观决策部门和客户双方利益的基础上,对粮食配送中心选址问题建立双层规划模型,同时,根据粮食运量大、安全性要求高和区域粮食分销网络的特点,合理表示运输费用函数,引入粮食安全储备和只考虑单一运输工具,并建立粮食配送中心运输车辆路径优化模型,对配送车辆的路径进行优化,最后通过一个算例进行了验证。

关键词:粮食配送中心;选址问题;双层规划;车辆路径

中图分类号:U492.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-0275(2006)专刊-0151-04

Research for Optimization Problem of Grain Distribution Centers Based on Bi-level Programming

XU Bin¹, LI Nan¹, BAI Fang²

(1. College of Economic and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China;

2. Civil Aviation College, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: Considering the benefits of the network design departments and the customers in local grain distribution network, it makes a bi-level programming model to describe the location of grain distribution centers in local grain distribution network. And according to characteristics of large traffic of grain, high safety requirements, local grain distribution network, it makes cost object function more reasonable, considers security reserves of grain and only considers one kind of vehicles. And make an optimization model for routine of transportation vehicles to optimize their routine. Finally a numerical example is given to illustrate the application of the models and its algorithm.

Key words: grain distribution centers; location problem; bi-level programming; vehicle routine

继2004年5月23日,国务院决定全面放开粮食购销市场后,粮食购销市场化的改革一直在进行,但我国传统的粮食物流体系是在计划经济环境下建立和发展起来的,而在计划经济时代,我国对粮食物流规划采用的表上作业法,与目前的社会主义市场经济体制及粮食流通体制改革已不相适应。同时,我国目前粮食物流系统中大量仓、场、站、点布局不合理,粮食运输缺乏有效的组织和管理,对流、倒流等现象严重,这极大地浪费了我国有限的运输资源,提高了粮食企业的成本,也使得粮食质量难以保证,对我国粮食安全构成很大的威胁。因此,现今粮食物流体系的落后现状以及缺少对粮食物流进行科学化的研究,已经成为我国社会经济快速发展的重要制约因素之一,所以,迫切需要采用科学的方法,对市场经济条件下的我国粮食物流进行系统化研究。

在粮食物流系统中,粮食配送中心居于重要的枢纽地位,起着承上启下的作用。在其上游是粮食产地,其下游则是零售商、消费者。较佳的粮食配送中心选址方案,可以有效地节省费用,促进生产和消费的协调与配合,保证粮食物流系

统的平衡发展。它一经选定就将长时间运营,它不仅与运行费用直接相关,而且对工作效率及粮食物流控制水平会产生很大影响。因此,粮食配送中心的合理选址就显得十分重要。同时,科学、合理地对粮食运输车辆进行调度,不仅可以避免粮食运输的迂回、对流、倒流,降低粮食企业的成本,提高其竞争力,还可以节约运输资源、进一步保障粮食安全。

正是基于粮食配送中心及其位置的重要作用和粮食运输车辆路径优化的重要意义,本文对粮食配送中心选址问题和粮食运输车辆路径优化问题展开研究,在考虑区域粮食分销网络中粮食物流宏观决策部门和客户双方利益的基础上,对粮食配送中心选址问题建立双层规划模型,同时,根据粮食运量大、安全性要求高和区域粮食分销网络的特点,合理表示运输费用函数、引入粮食安全储备和只考虑单一运输工具,并立足于我国粮食物流的现状,针对许多已有粮食配送中心都配备有自己的粮食运输车辆的现实,对选定的配送中心的自有运输车辆路径进行优化,最后通过一个算例进行了

收稿日期:2006-06-16;修回日期:2006-09-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60572170),航空科学基金资助项目(03J52075)。

作者简介:徐斌(1979—),男,蒙古族,内蒙古阿拉善左旗人,博士生,研究方向:粮食物流系统优化;李南,女,授,博士生导师,研究方向:工业工程,技术经济及管理,研发与创新管理。

验证。

1 双层规划模型

双层规划是多层规划的一个特例,相对与其它多层规划,双层规划建模、求解更简单易行,所以得到更多学者的青睐。例如:将双层规划和双方一致规划(mutually consistent (MC) programming)引入到交通控制问题中^[1];用双层规划理论对路网中的最大车流量和最大可用停车位进行建模分析^[2];采用双层规划方法对具有入口和出口的私人公路的通行费设计优化问题展开分析^[3]。

双层规划包括上层领导者(leader)的目标决策和下层跟随者(follower)的目标决策^[4]。在配送中心选址问题中,上层决策部门(leader)可以通过政策和管理来改变某个配送中心的位置和配送成本,从而影响下层客户(follower)对配送中心的选择,但不能控制他们的选择。客户则立足于自身,对现有的配送中心进行比较,根据自己的需求特点、行为习惯和经济效益来选择配送中心对其服务。这种关系可以用双层规划模型(Bi-level programming model)来进行描述,其基本思想为下面的数学模型:

$$(U) \quad \min_x F(x, y) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } G(x, y) \leq 0 \quad (2)$$

其中对每一个固定的 x, y 是下述规划问题的解向量。

$$(L) \quad \min_y f(x, y) \quad (3)$$

$$\text{s.t. } g(x, y) \leq 0 \quad (4)$$

其中 $x \in R^n, y \in R^m$, 函数 $F, f: R^n \times R^m \rightarrow R, G, g: R^n \times R^m \rightarrow R^l$, $g: R^n \times R^m \rightarrow R^m$ 。

双层规划模型由两个子模型(U)和模型(L)组成,其中(U)称为上层规划,(L)称为下层规划。 F 是上层规划模型的目标函数, x 为上层规划的决策变量, G 是对变量 x 的约束; f 为下层规划模型的目标函数, y 为下层规划的决策变量, g 是对变量的约束。上层决策者通过设置 x 的值影响下层决策者,因此限制了下层决策者的可行约束集,而下层决策者的行为反过来又会通过 y 影响上层的决策。下层决策变量 y 是上层决策变量 x 的函数,即 $y=y(x)$,此函数一般被称为反应函数。

区域粮食分销网络中粮食配送中心选址的优化问题涉及到两种具有明显不同目标函数的决策者(两层利益主体)——粮食物流宏观决策部门(粮食局或大型粮油企业)和客户(经销或零售商),因此,采用双层规划模型描述这种关系比传统的单层规划方法更符合实际情况。

2 粮食配送中心选址双层规划建模

在本文所述的区域粮食分销网络中粮食配送中心选址的优化问题中,定义配送中心为广义的,它包括粮食中转站、加工厂、储备库等,简称为粮食配送中心。上层规划(U)可以描述为粮食物流宏观决策部门(粮食局或大型粮油企业)在允许的固定投资范围内确定最佳的粮食配送中心的地点以使得本身总成本最小(包括运输成本、固定成本和变动成本)。而下层规划(L)则描述了在多个配送中心存在的条件

下,客户选择在不同配送中心之间的粮食购买模式,它的目标是使客户的花费最低。

通常,粮食运输中有运量大的特点,所以在本模型中暂时不考虑车辆空载和车辆路径问题,即先假设从配送中心到客户的路线是放射线状的,也就是从设施点出发的运输车辆每次访问一个客户后,就返回该配送中心,这样整个过程的运输费用就表示为直接返回距离的函数;同时,由于考虑的是区域问题,故在模型中只考虑一种短途运输工具——汽车,而不考虑适用于长途运输的火车、轮船等运输工具;考虑到对粮食的安全性要求较高,所以,粮食配送中心在满足客户的需求后,还必须按规定的粮食储备率留有一定量的库存,以确保粮食安全(通常这项任务由国家和地方粮食储备库来完成)。因此,广义配送中心容量须大于客户需求量,同时总费用中应包含库存费用。

在本文中采用的数学模型比传统的单层模型更接近于配送中心的实际情况,属于非线性混合 0-1 规划。根据粮食和区域粮食分销网络的特点,建立粮食配送中心选址双层规划模型如下:

本模型的上层规划为:

$$(U) \quad \min F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij} s_{ij} + \sum_{i=1}^n z_i h_i + \sum_{i=1}^n z_i (v_i) \quad (5)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n z_i h_i \leq B \quad (6)$$

$$(1 - \frac{\theta}{1+\theta}) \sum_{i=1}^n z_i v_i \geq \sum_{j=1}^m d_j; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n z_i \geq 1; \quad (8)$$

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{在第 } i \text{ 个备选地址建粮食配送中心;} \\ 0, & \text{在第 } i \text{ 个备选地址不建粮食配送中心;} \end{cases} \quad (9)$$

其中: n 为配送中心的备选地址数; m 为客户总数; C_{ij} 为由 i 地点的配送中心向第 j 个客户提供服务的广义单位运量费用($i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$); X_{ij} 为第 j 个客户在 i 地点的配送中心购买的粮食量; s_{ij} 为地点 i 与地点 j 之间的距离; h_i 为在 i 地建配送中心的固定投资; B 为修建配送中心的总投资预算; v_i 为拟建配送中心的容量; $p(v_i)$ 为配送中心的变动费用与其容量 v_i 有关, θ 为粮食储备率(粮食储备率是反映粮食安全水平的一个重要指标。联合国粮农组织在 20 世纪 80 年代确定的粮食储存量的一般标准是应占消费量的 17%—18%^[5]。一般取 $\theta=17\%$)。

目标函数中的三项分别表示上层利益主体的运输成本,固定成本和变动成本。约束(6)表示固定投资费用总额满足总投资预算约束;约束(7)表示粮食配送中心除储备粮外,必须满足客户对粮食的总需求量;约束(8)表示至少建立一个粮食配送中心。

上层目标函数是从粮食物流宏观决策部门的角度出发使总的运输费用和固定投资费用最小。式中 X_{ij} 由下层规划求得。在现实配送系统中,某个客户从某配送中心的购买量会受到其他客户购买量的影响,如果当多个客户从同一配送中心购买粮食时,在这一配送中心处购粮的广义费用就会增加,因此有些客户可能会选择其他配送中心,相应的在这一

配送中心的粮食购买量就会减少。为了反映这一现象,可以用一个需求函数来描述这种关系:

$$X_{ij}=D_i(u_{ij}) \quad (10)$$

式中 u_{ij} 为第 i 个客户从第 j 个配送中心购入粮食的最小花费。

因此可以这样描述下层规划:

$$(L) \quad \min f = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \int_0^{X_{ij}} D^{-1}(y) dy \quad (11)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^n X_{ij} = d_j; \forall j=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq (1 - \frac{\theta}{1+\theta}) z_i v_i; \forall j=1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$X_{ij} \leq M z_i; \forall i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m \quad (14)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad (15)$$

$D^{-1}(\cdot)$ 为需求函数的反函数,为连续函数; v_j 为配送中心的容量; d_i 为客户 i 的需求量; M 为任意大的正数。

约束(12)表示对客户的供给量等于其需求量;约束(13)表示各粮食物流配送中心向各个客户的输出量小于或等于其可输出量;约束(14)表示只有备选地建立粮食物流中心时,才可以向客户输出粮食;约束(15)表示输出量非负。同时对于给定的 u 可以计算出目标函数的 Hessian 矩阵是正定的,因此模型(L)有唯一解。

下层目标函数是确定客户在各个客户配送中心购买的粮食量,以使客户费用最低。

综上所述,处于上层的粮食物流宏观决策部门决定在某几个地点建立粮食配送中心,目的是使整个粮食分销系统总费用最小;下层客户从自身角度出发,选择自认为其广义费用最小的粮食配送中心为其提供服务,也就是其选择行为符合用户最优准则。

3 粮食配送中心选址双层规划模型求解算法

由于双层规划模型的非凸性,一般来说,求解双层规划问题非常困难,有时即使能找出双层问题的解,通常也只能是局部最优解而非全局最优解^[6]。

许多学者已对双层及多层规划进行了大量的研究,提出了一些有效的解决方法。文献^[7]中就对三层多目标非线性决策问题展开研究,其中利用模糊集理论,建立模糊决策模型。文中还提到解决三层规划的方法还有:混和极值点搜索算法、补充松弛变量的混合整数规划方法、罚函数方法。这些方法同样可以应用到解决双层规划问题中来。

求解双层规划问题的关键在于找到反应函数的具体形式,但这是比较难的。本文采用补充松弛变量的混合整数规划方法,建立反应函数,对模型进行分析。对模型(L)进行分析可以看出,约束条件(14)已经表示出了客户在各个粮食配送中心粮食购买量与粮食配送中心选址方案之间的关系。虽然对于一个固定的 $z_i(\forall j)$,下层问题中的约束可以省去,但为了得到反应函数的具体形式,可以将约束(14)化为如下形式(但不加入模型中):

$$X_{ij} = M z_j - y_{ij}, \forall i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m \quad (16)$$

其中: y_{ij} 为松弛变量。当 $z_j=0$ 时,可以直接得出 X_{ij} 及 y_{ij} 的值,

当 $z_j=1$ 时,可以利用已有的方法解下层模型(L),求得平衡状态下客户在各分销中心分配的需求量 X_{ij}^* ,然后利用式(19)计算松弛变量的。这样得到的所有反应函数的关系都可以写为 y_{ij}^* 的。这样得到的所有反应函数的关系都可以写为

$$X_{ij} = M z_j - y_{ij}^*, \forall i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m \quad (17)$$

将上述关系代入上层目标函数中,可用已有的方法进行求解,如分枝定界法,对于从上层问题求出的最优解,再一次求下层问题,就可以得到客户在各粮食配送中心的粮食购买量,重复上面的步骤,又可以得到一组新的选址方案。如此重复计算,最后有望收敛于双层规划模型的最优解。

4 粮食配送中心车辆路径优化问题建模

采用上述算法求得粮食配送中心选址结果后,还需对配送中心车辆路径进行合理规划,有利于进一步降低粮食配送中心的成本。根据现代物流理论的知识,建立粮食配送中心车辆路径规划模型如下:

$$\min F = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^m \sum_{k=1}^l s_{ijk} x_{ijk} \quad (18)$$

$$\text{s.t.} \quad x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{车辆 } k \text{ 直接由 } i \text{ 驶到 } j; \\ 0, & \text{否则;} \end{cases} \quad \forall i, j=0, 1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, l; \quad (19)$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{客户 } i \text{ 的粮食由车辆 } k \text{ 运输 } j; \\ 0, & \text{否则;} \end{cases} \quad \forall i=0, 1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, l; \quad (20)$$

$$z_{ijk} = x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{车辆 } k \text{ 经过地点 } i \text{ 和 } j; \\ 0, & \text{否则;} \end{cases} \quad \forall i, j=0, 1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, l; \quad (21)$$

$$\sum_{k=1}^l y_{ij} = \begin{cases} 1, & i=1, 2, \dots, m; \\ 1, & i=0; \end{cases} \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^n d_i y_{ik} \leq q, \forall k=1, 2, \dots, l; \quad (23)$$

$$\sum_{i=0}^m x_{ijk} = y_{jk}, \forall j=0, 1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, l; \quad (24)$$

$$\sum_{j=0}^m x_{ijk} = y_{ik}, \forall i=0, 1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, l; \quad (25)$$

$$x_{ijk} + x_{jik} = z_{ijk}, \forall i, j=0, 1, 2, \dots, m; K=1, 2, \dots, l, i \neq j; \quad (26)$$

其中: x_{ijk} 表示车辆由地点 i 驶到地点 j , l 为粮食运输车辆的数目,其余符号意义与选址问题的中的相同。

目标函数(18)为车辆行驶路径最短;约束(22)表示每个客户所需粮食仅由一辆车运输,所有粮食由辆车协同运输;约束(23)表示车辆运输的粮食满足车辆容量限制;约束(24)和(25)表示到达和离开每个客户的车辆仅有一辆,同时,确保车辆从粮食配送中心出发,最终回到配送中心;约束(26)保证避免粮食运输的迂回和对流。

5 算例分析

本节通过设计一个简单的算例,并对其建立粮食配送中心选址双层规划模型及粮食配送中心车辆路径优化模型,通

过求解模型以说明运用现代物流理论的方法对粮食物流系统进行优化的有效性。为了计算方便,算例中的数值及函数形式都是假定的。在实际应用中,应通过实际观测用统计方法来校正。

假设某粮食公司拟在三个配送中心候选点(B1、B2、B3)上选择一个地点,建设一个小型粮食配送中心,对四个主要客户(A1、A2、A3、A4)服务,同时,粮食公司利用自有运输车辆向客户运输粮食。现将对粮食配送中心选址和粮食运输车辆路径进行科学、合理规划。为了简化计算,不考虑竞争因素。假设各客户需求函数的反函数具有一致的形式,采用广义费用函数形式为:

$$u_{ij}=D^{-1}(X_{ij})=a'_{ij}+a_j(X_{ij})^{b_j}-k_jz_j, i=1,2,3,4, j=1,2,3;$$

其中, a'_j, a_j, b_j, k_j 为参数,根据统计数据科学分析得到:

$$a'_j=a'_j=1; a_j=a=1; b_j=b=2; k_j=k=1, j=1,2,3。$$

假设模型中的各参数值如下:某一时期客户需求量(单位:t): $D=(5 \ 10 \ 5 \ 10)$; 建各配送中心所需的固定投资(单位:万元): $H=(130 \ 170 \ 180)$; 小型粮食配送中心的仓容(单位:t): $V=(v_1 \ v_2 \ v_3)=(100 \ 150 \ 100)$; 配送中心到客户的距离(单位:km): $s_{11}=80, s_{12}=120, s_{13}=150, s_{14}=180, s_{21}=100, s_{22}=100, s_{23}=200, s_{24}=250, s_{31}=150, s_{32}=150, s_{33}=150, s_{34}=100。$

配送中心的变动费用(单位:万元): $p(v)=(p(v_1) \ p(v_2) \ p(v_3))=(4 \ 5 \ 4)$; 配送中心向客户销售粮食的广义单位运量费用: $C=C_{ij}=0.4$ (元/(t·km)); 修建配送中心的总投资预算: $B=200$ 万元; 粮食储备率: $\theta=17\%$; 求解精度要求: $\varepsilon=0.05$; 很大的正数 $M=1000000$ 。假设对该小型粮食配送中心配备两辆容量都为 20t 的粮食运输车。

5.1 粮食配送中心选址问题求解

计算步骤为:

1) 初始化,假设首先在所有备选地址都修建粮食配送中心,即 $z_0=(1 \ 1 \ 1)$,并设 $k=0$;

2) 求解下层问题,得到均衡条件下各客户从各配送中心的粮食购买量 x^* 及反应函数的关系: $x^*, X_{ij}=MZ_j-y_{ij}$ (具体形式省略);

3) 将所得线性关系代入上层规划目标函数中,求得一组新的选址方案: $z_1=(0 \ 1 \ 0)$;

4) 判断是否收敛,若 $\left| \frac{F_{k+1}-F_k}{F_k} \right| \leq \varepsilon$, 得到选址结果;否则,转到步骤 2。

经过迭代,最后得到配送中心最优选址结果为 $z^*=(1 \ 0 \ 0)$,即在第一个备选地址建小型粮食物流配送中心,使得双层规划模型取得最优解,也就是,粮食公司和客户的成本最低。此时的上层和下层成本分别为: $F_1=470$ 万元, $F_2=236$ 万元。

5.2 粮食配送中心车辆路径问题求解

客户间距离如表 1 所示:

说明:表 1 中 0 表示选定的配送中心的地址,1-4 表示客户的地址。

将选址得到的结果代入路径优化目标函数(18),并将各参数及数据代如约束条件(19)-(26),采用分支定界法,计算得到结果如下:车辆 1 的行进路线为:0-4-2-0; 车辆 2 的行

进路线为:0-1-3-0。此时,粮食运输车辆总行驶里程最短,为 810km。

表 1 客户间距离及客户需求量表 (单位:km)

S_{ij}	0	1	2	3	4
0	0	80	120	150	180
1	80	0	130	80	200
2	120	130	0	150	200
3	150	80	150	0	200
4	180	200	200	200	0
需求量(t)		5	10	5	10

6 结论

考虑到区域粮食分销网络中不同利益主体的实际愿望,本文采用双层规划模型来描述区域粮食分销网络中粮食配送中心的选址问题。由于充分考虑了客户的利益、粮食和粮食物流的特点,因此,本文中建立的粮食配送中心的选址模型,能很好地协调粮食分销网络中各方的利益,进而达到优化粮食分销网络的目的;充分考虑了目前我国粮食运输中存在的对流、倒流等不良现象,本文建立的粮食配送中心车辆路径优化模型,能够对粮食运输车辆进行合理调配、组织,降低了成本,并且避免了粮食运输的迂回、对流和倒流。

同时,为了简化计算,模型中用了许多假设,在以后的研究中可以进一步去掉这些假设,不断扩展思路,对粮食物流展开更深入的研究。

参考文献:

- [1] Halim Ceylan, Michael G.H. Bell. Genetic algorithm solution for the stochastic equilibrium transportation networks under congestion. *Transportation Research Part B* 2005(39):169-185.
- [2] M.L. Tam, William H.K. Lam. Maximum car ownership under constraints of road capacity and parking space[J]. *Transportation Research Part A*, 2000(34):145-170.
- [3] Hai Yang, Xiaoning Zhang, Qiang Meng. Modeling private highways in networks with entry-exit based toll charges[J]. *Transportation Research Part B*, 2004(38):191-213.
- [4] O.E. Emam. A fuzzy approach for bi-level integer non-linear programming problem[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2006(172):62-71.
- [5] 徐力行. 中国官方粮食储备合理规模的确定依据[J]. *现代经济探讨*, 2004(7):56-58.
- [6] Ben-Ayed O, Boyce D E, Blair C E. A general bi-level linear programming formulation of the network design problem[J]. *Transportation Research*, 1988(22B):311-318.
- [7] M.S. Osman, M.A. Abo-Sinna, A.H. Amer, O.E. Emam. A multi-level non-linear multi-objective decision-making under fuzziness[J]. *Applied Mathematics and Computation*, 2004(153):239-252.
- [8] S.S. Hsu, Y.J. Lai, L.E. Stanley. *Fuzzy and Multi-Level Decision-Making*, Springer-Verlag Ltd, London, 2001.
- [9] 孙会君, 高自友. 供应链分销系统双层优化模型[J]. *管理科学学报*, 2003(3):66-70.
- [10] 侯立军. 中国粮食物流科学化研究[N]. 中国农业出版社. 2002.

我国石油企业的竞争环境及竞争战略分析

张立凡¹, 巩在武²

(1 南京航空航天大学 人文学院, 江苏 南京 210016 2 南京航空航天大学 经济管理学院, 江苏 南京 210016)

[摘 要] 随着经济全球化和国际间竞争的日益加剧, 企业经营环境发生了变化, 石油企业必须适应环境变化, 及时调整自己的发展战略, 提升国际竞争能力。利用 SWOT 分析方法, 可分析我国石油企业面临的内外部环境, 找出其竞争优势、劣势及所面临的机遇与挑战, 制定相应的竞争战略, 为我国石油企业增强竞争能力提供决策参考。

[关键词] 石油企业; SWOT 分析; 竞争战略

[中图分类号] F407.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-5595(2006)04-0012-(04)

2006年, 是我国“十一五”发展规划的开局之年, 也是我国加入 WTO 后保护石油市场的最后一年, 从今以后, 我国石油企业的竞争环境将发生新的变化。一方面, 我国石油企业要加快“走出去”进入国际市场, 另一方面, 国内石油市场也将全面放开, 国际跨国石油公司会涌入国内石油市场。这既是一种难得的发展机遇, 也是一种严峻的挑战。面对当前新的竞争形势, 我们只有认清竞争环境, 才能在更深层次上参与国际竞争。本文利用 SWOT 框架分析了我国石油企业当前的竞争优势 (strength)、劣势 (weakness) 及所面临的新机遇 (opportunity) 与挑战 (threat), 并给出相应的战略对策。

一、我国石油企业的竞争环境分析

(一) 我国石油企业的优势 (S)

1 竞争实力逐步增强。重组改制后, 我国三大石油公司竞争实力逐步增强, 正快速跻身于世界石油大公司前列。在美国《石油情报周刊》2004年公布的世界最大 50 家石油公司排名中, 中石油位居第 10 位。在公开上市的石油公司中, 中国石油天然气股份公司市值排名第 5 位, 其油气总储量在世界石油公司排名中位居第 15 位, 油气总产量居第 12 位, 石油炼制能力和油品销售量分别居第 11 位和第 19 位。中石化的炼油能力和乙烯生产能力分别居世界

第 4 位和第 7 位。2004 年底, 中石油、中石化、中海油的资产总额分别达到 9137、6203、1533 亿元。^[1] 同时, 三家石油公司不断扩展海外业务, 正逐步发展为跨国石油公司, 具备了与世界大型跨国公司竞争的實力。

2 生产要素成本较低。与国外跨国石油公司相比, 我国石油企业低成本优势明显。首先, 我国石油企业拥有一支技术素质较强的队伍。因我国劳动力资源丰富, 石油企业劳动力的供给成本比国外石油公司低得多。其次, 在我国现有的经济发展水平下, 石油企业的其他生产要素, 如土地、办公场所等成本相对较低。第三, 随着我国市场化进程的推进, 石油企业目前已经形成了完整的销售网络和稳定的产品销售渠道, 如成品油的销售, 中国有近 9 万座加油站, 其中半数以上由中石化、中石油直接经营, 而其他近半数的加油站也多依附于两大集团, 形成了一级集散、二级批发、三级零售的成品油销售网络体系。而对跨国石油公司而言, 面对一个全新的市场, 必须支付额外成本来熟悉市场、建立客户关系等, 这在无形中增加了成本。

3 后发优势成为可能。石油产业属于资本和技术密集型产业。经过多年的发展, 我国石油企业虽然在资金、技术和管理经验方面有了很大的提高, 但

[收稿日期] 2006-03-23

[作者简介] 张立凡 (1968-), 女, 辽宁抚顺人, 高级讲师, 南京航空航天大学博士研究生。

同国外先进水平相比,还有较大差距,短期内完成赶超较为困难。随着我国对WTO条款的履行,各大石油公司纷纷登陆国内石油市场,在带来大量资本的同时,也将先进的管理经验、营销理念、营销方法带到了中国市场。我们可以积极开展国际合作,取得资金、技术和先进的管理经验。通过学习、模仿,可以少走弯路,充分发挥后发优势,争取最大限度地吸收国外的先进技术成果,以较低的研发成本和适用的技术,生产出市场需要的产品。

(二)我国石油企业的劣势(W)

1 资源约束较大。我国是世界上人均石油资源较为贫乏的国家。随着经济的发展,我国石油的供需矛盾愈来愈大。据国家统计局资料显示,2004年原油产量1.75亿吨,同比增长2.9%,原油进口量为1.23亿吨,同比增长34.8%,国内石油产量的增长远远不能满足经济增长的需求,今后我国更多地依赖国外石油已不可避免。2004年以来,由于国际油价上涨,原油贸易支出达325.9亿美元,同比增加79.4%。^[1]由此可见,对外油依赖愈多,企业经营风险愈大。而国外大公司的原油自给率相对较高,如BP阿莫科公司的原油自给率达70%,雪佛龙公司则达80%,其抗风险能力自然相对较强。^[2]

2 盈利能力不强。首先,在原油生产方面,由于技术、管理和资源等多方面原因,我国原油生产开采成本普遍偏高,大体为13美元/桶,而国外大石油公司的开采成本为6美元/桶左右。其次,在成品油生产方面,成品油的成本与炼油厂的规模相关,国外最大炼油厂的规模达4085万吨/年,平均规模为540万吨/年。我国最大的炼油厂规模仅为1600万吨/年,平均规模只有378万吨/年。^[1]同时,由于企业布局分散,总体技术水平不高,创新能力弱,劳动效率低等原因,导致我国石油企业整体盈利能力较差。^[2]2004年中石油、中石化的人均税后利润为3万美元和1.1万美元,而BP和EXXON则为15万美元和29.5万美元。^[1]

3 市场经验不足。长期以来,我国石油企业的生产和营销基本上是封闭式运行的,没有融入国际贸易的大环境。就上游产品而言,今后将会越来越依赖国际石油市场,国际油价的波动,会对企业产生显著影响。事实已经证明,由于缺乏国际贸易经验,企业的经营风险大大增加,严重影响了企业效益。就下游产品而言,目前由于产品与市场的结合机制不完善,企业不能针对市场需求和产品用途发展趋势进行研究和开发,技术含量和附加值高的产品仍大量依赖进口。同时,由于国内石化企业市场敏感

性和前瞻性不强,缺乏对产品流向的监控机制,难以把握市场占有情况,从而无法制定切合实际的国内外市场竞争策略。

4 自有技术缺乏。我国石油企业的生产技术大部分是引进国外公司的技术,一般通过技术转让协议或与国外公司合作获得,只有使用权没有所有权,因此,企业无论是改造还是扩建,仍需依赖专有技术提供商,加大了专有技术使用成本,同时,由于技术转让协议、合资合作谈判艰难使得项目进展缓慢。^[3]例如中海油的某大型石油化工项目,技术引进和合资合作历时长达十年,严重影响了企业的发展。

(三)我国石油企业的机会(O)

1 市场需求旺盛。石油和化工产业目前正处于全球化的景气上升周期,盈利水平逐年提升。随着我国经济的持续、快速发展,石油企业也有了广阔的发展空间。2004年我国石油消费继续以两位数的速度增长,其中成品油较上年增长19.7%。目前,我国已经成为世界第二大石油消费国。近年来,我国与石油相关行业的经济运行总体形势良好,市场需求强劲。例如汽车行业,汽车保有量的大幅度增加使得汽柴油的消费快速增长。2004年我国汽车保有量增加,突破500万辆,新增汽柴油消费700万吨左右。^[1]农业、交通运输业、纺织服装、塑料橡胶、化学建材、电子电器等相关行业的加速发展,都使得石油企业主要产品销量大幅增长,我们有着巨大的国内市场资源,为国内石油企业的发展提供了良好的契机。

2 竞争环境改善。加入WTO后,我国享有有序、稳定的成员国待遇,给我们提供了全新的国际大市场,总体上有利于我国石油企业在平等的条件下参与国际竞争。上游部分,有利于我国石油企业在海外进行勘探、开发,获得更多的海外石油资源。中游部分,我国目前很多石化产品的原料需要大量进口,关税的减让使这些化工原料、辅料的进口价格及运输成本降低,有利于石化企业降低成本,从而增大化工产品的出口。辅助服务部分,由于引进技术、设备、仪器和零部件关税的降低,有利于企业降低投资成本和运行成本,缩短企业技术更新改造的周期,加快产品开发速度,提高产品质量。服务贸易的开放,有利于我国石油企业增加融资渠道,降低资金成本,改善支付手段。

(四)我国石油企业面临的威胁(T)

1 市场份额逐步缩减。随着石油产品进口关税的降低,非关税壁垒的取消和国外公司拥有分销权