

目次

Schurer 型 Durrmeyer 算子在 Orlicz 空间内的逼近
..... 任美英 (1)

基于 RS 和 GIS 技术的泉州湾河口湿地景观格局变化
..... 马键斌 (4)

墨兰“梦之兰”杂交种子无菌播种繁殖技术
..... 张月娇 (9)

基于纹理特征的武夷岩茶叶片分类方法
..... 林丽惠 (14)

天宝岩自然保护区天然猴头杜鹃矮林林分结构与物种
多样性调查
..... 李霖,林立,游秀华,穆振北,刘君成,林美娇,何东进 (18)

桉树人工林单木材种出材率表的研制 严 洪 (24)

阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维的制备及其药物缓释
性能试验 杨为森, 吴敬林, 王庆铭 (29)

价值理性回归导向下武夷山五夫镇乡村旅游发展
..... 薛盈洲 (34)

滁州市公共自行车租赁点分布的优化配置
..... 张丹丹, 胡贝贝, 许 琼, 信 猛 (39)

物联网感知层网络最优节点分组部署仿真设计
..... 瞿 霞, 华建祥 (44)

非自治具有食饵感染的捕食食饵竞争系统的持久性设计
..... 李 超, 郑 航, 秦天红 (49)

中国 OFDI 影响其出口产品质量的实证分析
..... 邹良华, 曾卫锋 (54)

武夷学院学报



国际标准连续出版物号: ISSN 1674-2109

国内统一连续出版物号: CN 35-1293/G4

第 38 卷 总第 182 期

2019 年 第 12 期(月刊)

编辑委员会

顾 问: 付贤智 黄汉升 兰思仁
杨江帆 李宝银

主 任: 吴承祯

副 主 任: 郑细鸣

编 委: (以姓氏笔画为序)

卢道明 刘卫群 任宇红
许亦善 李宝银 李远华
吴承祯 陈 锋 沈慧芳
杨 昇 张品端 张志雄
张乔根 张国林 郑细鸣
姜景莲 姚进生 赵升云
郭翠莲 梁丽萍 雷能忠
廖 斌

编辑部

主 编: 吴承祯

副 主 编: 郑细鸣 沈慧芳 陈 果

责任编辑: 叶丽娜 冯起国 白 琳
夏婷婷 苏娟娟 聂传朋
张文静

英文审译: 魏景春

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

目次
CONTENTS

基于灰色关联度的福州港发展策略分析
..... 吴剑新 (60)

福建省进出口贸易地区差异分析
..... 谢冰, 丘甜, 吴丽清 (65)

基于厦门高校的互联网环境下经济学自主学习能力的因素
..... 王珊珊, 蒋清泉 (73)

“互联网+”网店形象对大学生购买意愿的影响
..... 韦素娟 (79)

转型应用技术大学背景下园艺专业实践教学改革
..... 刘金仙 (85)

“新工科”背景下建筑信息化课程体系建设与思考
..... 涂劲松, 李瑞霞, 周明, 汪万芬 (88)

《软件测试》课程教学方法的探索
..... 马阿曼 (94)

应用型人才培养模式下《制茶学》课程教学改革
..... 王飞权, 冯花, 王芳 (99)

高职院校勤工助学育人发展路径调查
..... 吴旻, 李霞, 陈蕾羽, 赵诗羽 (105)

第38卷 总目次 (I~VIII)

Schurer 型 Durrmeyer 算子在 Orlicz 空间内的逼近

任美英

(武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300)

摘要: 利用 Hardy 极大函数, Jensen 不等式和连续模等工具研究 Schurer 型 Durrmeyer 算子在 Orlicz 空间内的逼近性质, 得到该算子的逼近阶。

关键词: Schurer 型 Durrmeyer 算子; Orlicz 空间; 连续模; 逼近阶

中图分类号: O174.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0001-03

近年来, 很多学者专注 Orlicz 空间中算子逼近问题的研究, 获得较多研究成果^[1-7]。Cabulea 等(2002)^[8] 引进如下 Schurer 型 Durrmeyer 算子:

$$D_n(f; x) = (n+p+1) \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) \int_0^1 p_{n+p,k}(t) f(t) dt, \quad (1)$$

其中 $f \in C[0, 1+p]$, $x \in [0, 1]$, $n \in \mathbb{N}$, $p \in \mathbb{N} \cup \{0\}$,

$$p_{n+p,k}(x) = \binom{n+p}{k} x^k (1-x)^{n+p-k}.$$

Căbulea 等^[8]研究了算子 $D_n(f; \cdot)$ 在连续函数空间的逼近性质。本文的目的是研究该算子在 Orlicz 空间内的逼近性质。

首先, 引入 Orlicz 空间的一些相关概念。

用 $M(u)$ 和 $N(v)$ 表示互余的 N 函数, 有关 N 函数的概念可见吴从焯^[9]文献。由 N 函数 $M(u)$ 在区间 $[0, 1]$ 上生成的 Orlicz 空间 L_M^* 是指具有有限的 Orlicz 范数 $\|u\|_M = \sup_{\rho(v, N) \leq 1} \left| \int_0^1 u(x)v(x) dx \right|$ 的可测函数的全体 $\{u(x)\}$, 其中 $\rho(v, N) = \int_0^1 N(v(x)) dx$ 是 $v(x)$ 关于 $N(v)$ 的膜。由吴从焯等^[9]研究可知, Orlicz 空间 L_M^* 的 Orlicz 范数也可以表示为:

$$\|u\|_M = \inf_{a>0} \frac{1}{a} \left[1 + \int_0^1 M(au(x)) dx \right].$$

Orlicz 空间中 $f(x)$ 的一阶和二阶连续模分别定义为:

$$\omega_{1,M}(f, t) = \sup_{0 \leq h \leq t} \|f(x+h) - f(x)\|_M,$$

$$\omega_{2,M}(f, t) = \sup_{0 \leq h \leq t} \|f(x+h) + f(x-h) - 2f(x)\|_M.$$

若存在 $u_0 > 0, k > 0$, 使得当 $u \geq u_0$ 时, 有 $M(2u) \leq kM(u)$, 则称 N 函数 $M(u)$ 满足 Δ_2 一条件^[9]。

由 Ramazanov(1984)^[10]研究可知, $\omega_{1,M}(f, t) \rightarrow 0 (t \rightarrow 0)$, $\omega_{2,M}(f, t) \rightarrow 0 (t \rightarrow 0)$ 当且仅当 N 函数 $M(u)$ 满足 Δ_2 一条件。

c 表示与 f, n 无关的正常数, 在不同处可以表示不同的值。

Orlicz 空间 L_M^* 中, 研究得到如下几个结论。

定理 1 $D_n(f; \cdot)$ 是从 L_M^* 到 L_M^* 的有界线性算子, 且 $\|D_n\|_M \leq 1$ 。

定理 2 设 $M(\cdot)$ 满足 Δ_2 一条件, 则对于 $f \in L_M^*$, 当 $n+p \geq 3$ 时, 有 $\|D_n(f; \cdot) - f\|_M \leq c \omega_{1,M}(f, \frac{1}{\sqrt{n+p+2}})$ 。

定理 3 设 $M(\cdot)$ 满足 Δ_2 一条件, 则对于 $f \in L_M^*$, 当 $n+p \geq 3$ 时, 有 $\|D_n(f; \cdot) - f\|_M \leq c \omega_{2,M}(f, \frac{1}{\sqrt{n+p+2}})$ 。

2 几个引理

引理 1^[8] 对于(1)式给出的算子 $D_n(f; \cdot)$, 有

$$1) D_n(1; x) = 1;$$

$$2) D_n(t; x) = \frac{(n+p)x+1}{n+p+2};$$

收稿日期: 2019-07-18

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2018J01428)。

作者简介: 任美英(1965-), 女, 汉族, 教授, 主要从事函数逼近论方向研究。

$$3) D_n(t^2; x) = \frac{(n+p)(n+p-1)x^2 + 4(n+p)x + 2}{(n+p+2)(n+p+3)}.$$

引理 2 对于(1)式给出的算子 $D_n(f; \cdot)$, 有

$$1) |D_n((t-x); x)| \leq \frac{3}{n+p+2};$$

$$2) \text{当 } n+p \geq 3 \text{ 时, } D_n((t-x)^2; x) \leq \frac{1}{n+p+2}.$$

证明:

1) 对于 $x \in [0, 1]$, 由引理 1 易知

$$|D_n((t-x); x)| \leq \frac{3}{n+p+2}.$$

2) 当 $n+p \geq 3$ 时, 由引理 1, 并注意到

$$\max_{x \in [0, 1]} x(1-x) = \frac{1}{4}, \text{ 有}$$

$$\begin{aligned} D_n((t-x)^2; x) &= D_n(t^2; x) - 2xD_n(t; x) + x^2 = \\ &= \frac{2(n+p-3)x(1-x) + 2}{(n+p+2)(n+p+3)} \leq \\ &= \frac{1}{n+p+2}. \end{aligned}$$

引理 3^[10] 设 $M(\cdot)$ 满足 Δ_2 一条件, 则对于 $f \in L_M^*$,

有 $\theta_f(x) \in L_M^*$, 且 $\|\theta_f(x)\|_M \leq c \|f\|_M$, 其中

$\theta_f(x) = \sup_{\substack{0 \leq t \leq 1 \\ t \neq x}} \frac{1}{t-x} \int_x^t |f(u)| du$ 是函数 $f(x)$ 的 Hardy 极大函数。

对于 $f(x) \in L_M^*$, 把 $f(x)$ 延拓到 $[0, 1]$ 外, 使得当 $x \notin [0, 1]$ 时, $f(x) = 0$ 。

令 $g(x) = \frac{1}{t} \int_0^t f(x+u) du$, 则显然有 $g(x) \in L_M^*$ 且

$$\|g\|_M \leq \|f\|_M, \quad \|g'\|_M \leq \frac{1}{t} \omega_{1,M}(f, t),$$

$$\|g-f\|_M \leq \omega_{1,M}(f, t).$$

引理 4 对于上述 $g(x) \in L_M^*$, 当 $n+p \geq 3$ 时, 有

$$\|D_n(g; \cdot) - g\|_M \leq \frac{c}{\sqrt{n+p+2}} \|g'\|_M.$$

证明: 对于 $x \in [0, 1]$, 由引理 1 得

$$\begin{aligned} |D_n(g; x) - g(x)| &= \\ &= |(n+p+1) \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) \int_0^1 p_{n+p,k}(t) [g(t) - g(x)] dt| \leq \\ &= (n+p+1) \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) \int_0^1 p_{n+p,k}(t) \left| \int_x^t |g(u)| du \right| dt \leq \\ &= \theta_g(x) D_n(|t-x|; x). \end{aligned}$$

由正线性算子的 Cauchy-Schwarz 不等式及引理

2 得

$$\begin{aligned} |D_n(g; x) - g(x)| &\leq \theta_g(x) D_n(|t-x|; x) \leq \\ &\leq \theta_g(x) [D_n((t-x)^2; x)]^{\frac{1}{2}} \leq \frac{1}{\sqrt{n+p+2}} \theta_g(x). \end{aligned}$$

再由引理 3 知,

$$\|D_n(g; \cdot) - g\|_M \leq \frac{1}{\sqrt{n+p+2}} \|\theta_g\|_M \leq \frac{c}{\sqrt{n+p+2}} \|g'\|_M.$$

引理 5^[11] 对于 $f(x) \in L_M^*$, 有

$$1) f_i'' \in L_M^*;$$

$$2) \|f_i - f\|_M \leq \frac{1}{2} \omega_{2,M}(f, t);$$

$$3) \|f_i'\|_M \leq \frac{1}{t} \omega_{2,M}(f, t);$$

$$4) \|f_i''\|_M \leq \frac{1}{t^2} \omega_{2,M}(f, t);$$

其中 $f_i(x) = \frac{1}{2t^2} \int_{-\frac{t}{2}}^{\frac{t}{2}} \int_{-\frac{t}{2}}^{\frac{t}{2}} [f(x+u+v) + f(x-u-v)] du dv$ 为 $f(x)$ 的 Steklov 平均函数。

2 定理的证明

定理 1 由于 $\sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) = 1, \int_0^1 p_{n+p,k}(t) dt = \frac{1}{n+p+1}$,

故由 N 函数凸性、积分型 Jensen 不等式得

$$\|D_n(f; \cdot)\|_M = \inf_{a>0} \frac{1}{a} \left[1 + \int_0^1 M(aD_n(f; x)) dx \right] \leq$$

$$\inf_{a>0} \frac{1}{a} \left[1 + \int_0^1 \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) dx M((n+p+1) \int_0^1 p_{n+p,k}(t) af(t) dx) \right] \leq$$

$$\inf_{a>0} \frac{1}{a} \left[1 + \int_0^1 \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) dx \frac{\int_0^1 p_{n+p,k}(t) M(af(t)) dt}{\int_0^1 p_{n+p,k}(t) dt} \right] =$$

$$\inf_{a>0} \frac{1}{a} \left[1 + \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) dx \frac{\int_0^1 p_{n+p,k}(t) M(af(t)) dt}{\int_0^1 p_{n+p,k}(t) dt} \right] =$$

$$\inf_{a>0} \frac{1}{a} \left[1 + \int_0^1 \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(t) M(af(t)) dt \right] = \|f\|_M.$$

显然, 算子 $D_n(f; \cdot)$ 是线性的, 因此 $D_n(f; \cdot)$ 是从 L_M^*

到 L_M^* 的有界线性算子, 且 $\|D_n\|_M \leq 1$ 。

定理 2 对 $f(x) \in L_M^*$ 及引理 4 中的 $g(x) \in L_M^*$, 当 $n+p \geq 3$ 时,

$$\begin{aligned} & \|D_n(f; \cdot) - f\|_M \leq \\ & \|D_n(f-g; \cdot) - (f-g)\|_M + \|D_n(g; \cdot) - g\|_M \leq \\ & (1 + \|D_n\|_M) \|f-g\|_M + \frac{c}{\sqrt{n+p+2}} \|g\|_M \leq \end{aligned}$$

$$2\omega_{1,M}(f,t) + \frac{c}{\sqrt{n+p+2}} \frac{1}{t} \omega_{1,M}(f,t).$$

$$\text{取 } t = \frac{1}{\sqrt{n+p+2}} \text{ 则 } \|D_n(f; \cdot) - f\|_M \leq c\omega_{1,M}(f, \frac{1}{\sqrt{n+p+2}}).$$

定理 3 (1) 设 $f''(x) \in L_M^*$, 当 $n+p \geq 3$ 时, 由拉格朗日中值定理和引理 2 得

$$\begin{aligned} & |D_n(f; x) - f(x)| = \\ & |(n+p+1) \sum_{k=0}^{n+p} p_{n+p,k}(x) \int_0^1 p_{n+p,k}(t)(t-x)f'(\xi)dt| \leq \\ & |D_n((t-x); x)| |f'(x)| + |D_n((t-x)^2; x)| |\theta_{f''}(x)| \leq \\ & \frac{3}{n+p+2} (|f'(x)| + |\theta_{f''}(x)|). \end{aligned}$$

于是, 由相关文献^[9]和引理 3 知

$$\begin{aligned} \|D_n(f; \cdot) - f\|_M &= \sup_{\rho(\nu, N) \leq 1} \left| \int_0^1 (D_n(f; x) - f(x)) \nu(x) dx \right| \leq \\ & \frac{3}{n+p+2} \left(\sup_{\rho(\nu, N) \leq 1} \|f'\|_M (1 + \rho(\nu, N)) + \right. \\ & \left. \sup_{\rho(\nu, N) \leq 1} \|\theta_{f''}\|_M (1 + \rho(\nu, N)) \right) \leq \\ & \frac{c}{n+p+2} (\|f'\|_M + \|\theta_{f''}\|_M) \leq \\ & \frac{c}{n+p+2} (\|f'\|_M + \|f''\|_M). \end{aligned}$$

(2) 对于 $f(x) \in L_M^*$, 当 $n+p \geq 3$ 时, 注意到引理 5 中 $f_i'' \in L_M^*$, 由上述(1)的证明可得

$$\begin{aligned} & \|D_n(f; \cdot) - f\|_M \leq \\ & \|D_n(f-f_i; \cdot) - (f-f_i)\|_M + \|D_n(f_i; \cdot) - f_i\|_M + \|f_i - f\|_M \leq \\ & (1 + \|D_n\|_M) \|f-f_i\|_M + \frac{c}{n+p+2} (\|f_i'\|_M + \|f_i''\|_M) \leq \end{aligned}$$

$$\omega_{2,M}(f,t) + \frac{c}{n+p+2} \left(\frac{1}{t} \omega_{2,M}(f,t) + \frac{1}{t^2} \omega_{2,M}(f,t) \right).$$

$$\text{取 } t = \frac{1}{\sqrt{n+p+2}} \text{ 则 } \|D_n(f; \cdot) - f\|_M \leq \omega_{2,M}(f, \frac{1}{\sqrt{n+p+2}}).$$

参考文献:

- [1] AKGÜN R, ISRAFILOV D M. Simultaneous and converse approximation theorems in weighted Orlicz spaces[J]. Bull Belg Math Soc Simon Stevin, 2010, 17(1): 13-28.
- [2] CUENYA H, LEVIS F, MARANO M, et al. Best local approximation in Orlicz spaces [J]. Numer Funct Anal Optim, 2011, 32(11): 1127-1145.
- [3] 王晓丽. Orlicz 空间中 Kantorovich 型 Shepard 算子($\lambda=1$)逼近的 Jackson 阶[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2014, 43(6): 674-679.
- [4] 沈宗山, 杨柱元. 修正的 Durrmeyer-Bernstein 算子在 Orlicz 空间中的逼近等价定理[J]. 云南民族大学学报(自然科学版), 2016, 25(6): 550-553.
- [5] 孙芳美, 吴嘎日迪. 一类新型 Szász-Kantorovich-Bezier 算子在 Orlicz 空间内的逼近[J]. 纯粹数学与应用数学, 2017, 33(2): 168-176.
- [6] COSTARELLI D, SAMBUCINI A R. Approximation results in Orlicz spaces for sequences of Kantorovich max-product neural network operators[J]. Results Math, 2018, 73(1): 1-15.
- [7] 高媛, 吴嘎日迪. 一类 Durrmeyer 型插值算子在 Orlicz 空间内的逼近[J]. 高师理科学刊, 2019, 39(6): 1-4.
- [8] CABULEA L A, TODEA M. Generalizations of Durrmeyer type[J]. Acta Univ Apulensis Math Inform, 2002, 4(4): 37-44.
- [9] 吴从焮, 王廷辅. 奥尔里奇空间及其应用[M]. 哈尔滨: 黑龙江科技出版社, 1983.
- [10] RAMAZANOV A R K. On approximation by polynomials and rational functions in Orlicz spaces[J]. Anal Math, 1984(10): 117-132.
- [11] 布和额尔敦. Bernstein-Durrmeyer 算子在 Orlicz 空间的逼近阶[J]. 内蒙古师大学报, 1997, 26(4): 6-9.

(责任编辑: 叶丽娜)

On Approximation by Schurer Type Durrmeyer Operators in Orlicz Spaces

REN Meiyang

(School of Mathematics and Computer Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: In this paper, approximation properties of Schurer type Durrmeyer operators are studied in Orlicz spaces by the tools of Hardy maximal function, Jensen inequality and modulus of continuity and so on. And the degree of approximation is obtained.

Key words: Schurer type Durrmeyer operators; Orlicz spaces; modulus of continuity; degree of approximation

基于 RS 和 GIS 技术的泉州湾河口 湿地景观格局变化

马键斌

(永安市林业局, 福建 永安 366000)

摘要: 基于 RS、GIS 和景观生态学, 利用泉州湾河口湿地 1997 年、2005 年、2015 年 3 期的 TM 影像为数据源, 结合泉州湾河口湿地的实际特征, 在 3 期的 TM 影像的基础上, 利用 ArcGIS 软件的几何精校正、配准、再通过 Fragstat4.2 的空间分析功能对泉州湾河口湿地的空间分布规律进行了进行深入分析, 得到各期湿地景观类型的分布图。从而建立转移矩阵, 运用景观格局指数模型, 从斑块类型水平和景观水平 2 个方面来分析泉州湾河口湿地景观格局变化, 为出台湿地保护政策提供理论依据。

关键词: 河口湿地; 景观类型; 景观格局指数; 变化分析; 泉州湾

中图分类号: P901 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0004-05

全球湿地面积占陆地总面积的 4%~6%^[1], 湿地是地球三大生态系统之一, 被誉为“地球之肾”。湿地介于陆地生态系统与水生生态系统之间, 无论是天然, 还是人工, 也不管是长久或是暂时的沼泽地、泥炭地、水域地带, 低潮时水深不超过 6 m 的水域都可以称为湿地^[2]。湿地具有多种生态环境功能, 在区域生态平衡中起着重要作用^[3-4]。湿地生态系统不仅有调节气候、涵养水源、固碳释氧、保护生物多样性的基本服务功能, 还具有分洪削峰, 调节水位, 缓解堤坝压力等不同于其它生态系统的特有功能^[5]。随着经济社会的快速发展, 湿地生态系统受人类活动影响的程度加深, 在加上一系列不可抗力的因素, 湿地生态系统受到了严重侵害。近几年, 人们对湿地的保护越来越重视, 同时湿地如何可持续发展也成为人们研究的重点。2003 年我国湿地景观的调查首次使用了 3S 技术, 至此, RS 和 GIS 技术成为湿地研究的一种重要方法^[6-7]。通过几年的发展, 更多人和物投入到湿地的研究当中, 对湿地的了解也日趋完善, 更加深刻地领会到研究湿地生态系统服务功能的工作, 不仅能为人们开发及利用湿

地资源起到指导作用, 还能为人们提供保护湿地资源的方向。

近年来泉州湾河口湿地的生态环境面临很大压力。其一, 市政工程、大型房地产开发以及新城区建设一定程度上侵占了湿地的自然景观; 其二, 互花米草面积迅速扩散, 造成了严重的物种入侵; 其三, 对湿地的围、填等开发利用强度过大^[8-9]。在受到上述情况的侵害下, 泉州湾河口湿地急需一个行之有效的管理及发展的方法打破它的困境, 因此通过对泉州湾河口湿地生态系统景观格局的演变分析可以很好地探究河口湿地的发展及变化规律, 从而更好地为湿地管理政策制定提供依据, 为泉州湾河口湿地的可持续发展提供方向。

1 研究区概况

泉州湾河口湿地位于泉州湾, 是晋江和洛阳江的入海口, 地处泉州市近郊外。2003 年泉州湾河口湿地内湾建立了保护区, 保护区范围面积为 7 008.84 hm², 地理坐标为: 24°47'21"~24°59'50" N, 118°37'44"~118°42'46" E。泉州湾河口湿地具有丰富的生物多样性, 已记录 1 000 多个物种^[10]。泉州湾周边, 湿地景观、人文景观、自然风光、海丝文化互相映衬, 交相辉映, 在多种文化并存下形成了独具泉州湾湿地特色的文化积

收稿日期: 2019-08-14

基金项目: 福建省属公益类科研院所专项(2017R1011-7, 2015R1011-3)。

作者简介: 马键斌(1988-), 男, 汉族, 助理工程师, 主要从事林业研究。

淀^[1]。本研究区域在泉州湾河口湿地省级自然保护区的范围上外扩 1 km,面积 14 402.52 hm²。

2 数据及研究方法

2.1 数据收集

采用 1997 年、2005 年及 2015 年 3 期的 Landsat TM 遥感影像作为主要数据源,影像空间分辨率为 30 m×30 m,选取数据的时间为 6 月、7 月、8 月,同时参考 2016 年 SPOT5 卫星数据,影像空间分辨率为 5 m×5 m。

2.2 数据处理方法

2.2.1 遥感影像的处理

采用 Landsat TM 遥感影像图,以 ArcGIS 为基准平台,首先利用正射的 SPOT 影像对已经经过拼接、增强处理、大气校正及辐射校正步骤预处理的 TM 影像进行几何精校正、配准,之后对校正后的 TM 影像进行解译、验证,最后根据验证结果做出修改。

2.2.2 遥感影像的解译

通过对 TM 影像的解译,以《湿地分类》标准为基础,结合泉州湾河口湿地的实际特征,最后再经野外调查验证后得到泉州湾河口湿地 1997 年、2005 年和 2015 年的景观分类图。经过解译判读分为 8 类,即滩涂、互花米草、红树林、水域、建设用地、养殖场、农田以及其它林地。3 期影像的分类结果如图 1 所示。

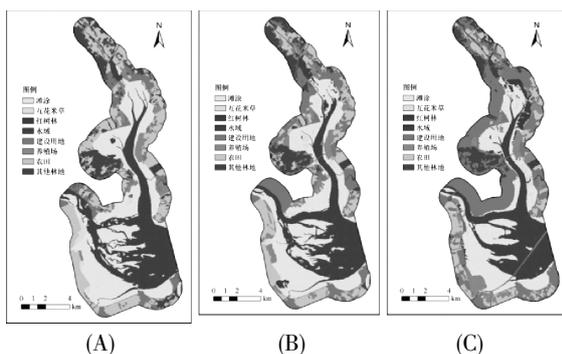


图 1 1997 年、2005 年和 2015 年 3 期景观分类图

Fig. 1 Three stages of landscape classification in 1997, 2005 and 2015

3 泉州湾河口湾湿地景观格局动态变化分析

3.1 景观对应指标

景观指数是一个简单的量化指标,它反映了组成结构和空间配置方面的特点,它集成了景观格局的信息^[12]。

3.2 景观结构及格局特征分析

3.2.1 景观结构变化分析

通过解译 3 期遥感影像,利用 ArcGIS10.1 中的数据处理工具箱,统计各景观类型的面积,发现 3 期各个景观类型的面积都发生显著变化,面积明显下降的是农田景观与滩涂景观,面积明显上升的是建设用地景观,面积上升率最高的是红树林景观。

3.2.2 景观类型动态度

景观类型动态度表达的是某区一定范围和时间内的某种景观类型面积的变化情况,其表达式为^[13]:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:K 为土地利用类型动态度;U_a、U_b 分别为 a 时期、b 时期土地利用类型的数量;T 为时段,当 T 为年时,K 值就是该土地利用类型年变化率。

由表 1 可知,从 1997 年至 2015 年,泉州湾河口湿地的土地利用类型变化呈现“一增一减”趋势,滩涂、水域、农田及其他林地呈下降趋势。红树林、互花米草、养殖场和建设用地呈上升趋势。

3.2.3 景观结构信息熵变化规律

信息熵描述的是自发过程不可逆性的状态函数^[14]。信息熵是反映景观结构系统的重要状态特征量。景观结构信息熵大小反应的是结构均衡程度,熵值小,景观类型就少,而景观类型面积的差值反倒越大;反之,熵值大,景观类型就多,景观类型面积的差值则小。通过 3 期景观类型的面积变化计算各年的景观结构信息熵,得到表 2。

表 1 研究区景观类型动态变化

Tab. 1 Dynamic change of landscape type in the study area

| 景观类型 | 滩涂 | 互花米草 | 红树林 | 水域 | 建设用地 | 养殖场 | 农田 | 其他林地 |
|----------------|-----------|--------|--------|----------|----------|--------|-----------|----------|
| 1997 年 | 4 499.64 | 276.03 | 32.40 | 3 717.36 | 1 368.36 | 570.24 | 2 712.51 | 1 225.98 |
| 2015 年 | 3 115.62 | 423.63 | 326.70 | 3 216.51 | 4 282.65 | 840.60 | 1 273.86 | 922.95 |
| ΔU | -1 384.02 | 147.60 | 294.30 | -500.85 | 2 914.29 | 270.36 | -1 438.65 | -303.03 |
| K(1997—2015)/% | -1.71 | 2.97 | 50.46 | -0.75 | 11.83 | 2.63 | -2.95 | -1.37 |

表 2 各时期景观结构和信息熵

Tab. 2 The landscape structure and information entropy of each period

| 年份 | 滩涂/% | 互花米草/% | 红树林/% | 水域/% | 建设用地/% | 养殖场/% | 农田/% | 其他林地/% | 信息熵 |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 1997 | 31.24 | 1.92 | 0.22 | 25.81 | 9.50 | 3.96 | 18.83 | 8.51 | 1.909 8 |
| 2005 | 28.97 | 2.66 | 1.00 | 23.88 | 16.54 | 5.34 | 14.06 | 7.54 | 1.909 9 |
| 2015 | 21.63 | 2.94 | 2.27 | 22.33 | 29.74 | 5.84 | 8.84 | 6.41 | 1.952 6 |

从表 2 可知,各个时期的各个景观结构各不相同,每个景观类型都发生了一定程度的变化,从信息熵来看,前 8 a 熵值几乎没有转变,后 10 a 的熵值变大,主要原因是建设用地景观的面积大幅增加,影响了熵值向无序度的方向发展。

3.3 湿地景观演化及其景观特征分析

3.3.1 景观类型水平的特征分析

以 ArcGIS 10.1 及 Fragstats 4.2 软件为基础,得到图 2,从景观类型和景观格局进行评价分析来看,研究区内水域景观的平均斑块分维数最高,其次为农田景观。总的来看,各个景观的分维数都不大,都在 1.14 以内,而且各个景观类型的分维数在 1997 年到 2015 年这一时段中变幅都很小。建设用地和养殖场的平均斑块分维数呈现下降趋势,说明其形状趋于规则。滩涂先降后不变,说明前期形状复杂程度降低,后期保持不变。互花米草、红树林逐渐上升,说明其形状趋于复杂。水域保持在 1.12 左右,形状相对较为复杂;农田景观先升后降,形状逐渐趋于稳定;其他林地先降后升,形状越来越复杂。

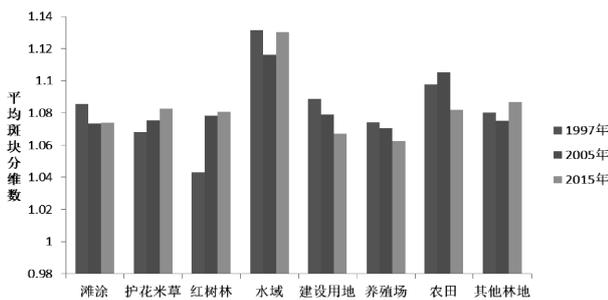


图 2 1997 到 2015 年不同景观类型平均斑块分维数
Fig. 2 Average patch fractal dimension of different landscape types from 1997 to 2015

3.3.2 景观格局水平的特征分析

3.3.2.1 景观破碎度指数分析

从表 3 可以看出,研究区的景观结构在不同时期各不相同。从各个时期看,1997 年斑块数量为 354,2005 年斑块数量为 415,2015 年斑块数量为 398,总的看来,2015 年斑块数量比 1997 年多了 44,这说明研究区的景观结构受到了外界的干扰;斑块密度由 1997

年的 2.457 9 增加至 2015 年的 2.763 4,说明湿地景观趋于复杂、破碎化更严重。2015 年与 1997 年相比,最大斑块占景观面积比例也呈现增长趋势,这种变化说明 2015 年的破碎化比 1997 年的破碎化更加严重,景观结构也比 1997 年的更加复杂。

表 3 景观破碎度指数

Tab. 3 Landscape fragmentation index

| 年份 | 斑块数量/块 | 斑块密度/(块/hm ²) | 最大斑块占景观面积比例(LPI)/% |
|--------|--------|---------------------------|--------------------|
| 1997 年 | 354 | 2.457 9 | 24.027 7 |
| 2005 年 | 415 | 2.881 4 | 20.219 6 |
| 2015 年 | 398 | 2.763 4 | 27.644 5 |

3.3.2.2 景观聚集度指数分析

湿地景观的聚集程度主要与景观的形状指标、平均斑块分维数、蔓延度指数、斑块结合度 4 个指标相关联。从表 4 中可以看出,景观蔓延度指数与斑块结合度变化幅度很小,说明景观受少数大斑块控制。景观形状指标,从 1997 到 2005 年和 2005 年到 2015 年这 2 个时段看,先是增加了 6.10%之后降低了 2.37%,发生这样变化的原因是原有占优势的景观斑块面积减少,从优势度高变为优势度低,综合来看,发现 1997 年到 2015 年间滩涂景观面积减少了 1 384.02 hm²、农田景观减少了 1 438.65 hm²,而建设用地景观增加了 2 914.29 hm²,产生这样变化的原因是泉州湾河口湿地随着社会的发展变迁中,自然景观在城镇化过程中被人为地转变为建设用地,从而导致自然景观的主导地位降低。

表 4 景观聚集度指数

Tab. 4 Landscape fontagion index

| 年份 | 景观形状指标 | 平均斑块分维数 | 蔓延度指数 | 斑块结合度 |
|--------|----------|----------|---------|----------|
| 1997 年 | 15.862 0 | 51.693 2 | 1.086 3 | 98.774 1 |
| 2005 年 | 16.829 0 | 48.972 4 | 1.082 4 | 98.574 3 |
| 2015 年 | 16.430 7 | 49.024 5 | 1.080 0 | 99.054 3 |

3.3.2.3 景观多样性指数分析

经过计算得到泉州湾河口湿地的景观多样性指数(表 5)。可以看出,研究区的香农多样性指数 1997 到 2005 年增加 5.37%,2005 到 2015 年增加 0.24%,呈现持续上升趋势;香农均匀度指数 1997 到 2005 年增加 5.38%,2005 到 2015 年减少 6.14%,景观分布比 1997 年相比更加不均匀。

表 5 景观多样性指数

Tab. 5 Landscape diversity index

| 年 份 | 香农多样性指数 | 香农均匀度指数 |
|--------|---------|---------|
| 1997 年 | 1.678 2 | 0.807 0 |
| 2005 年 | 1.768 4 | 0.850 4 |
| 2015 年 | 1.772 6 | 0.798 2 |

3.3.3 不同景观类型间的转移变化

以通过矩阵计算得出各个时段的景观类型转换面积作为基础,建立不同时段景观类型间的转移矩阵,对研究区景观演化的过程进行分析比较。1997 到 2015 年转移矩阵见表 6,泉州湾河口湿地 1997 到

2015 年的景观类型变化最大的主要是滩涂、农田及建设用地。滩涂、农田面积减少分别减少 1 384.02 hm²、1 438.65 hm²。建设用地面积增加 2 914.29 hm²。

4 结论与讨论

基于景观分类的原则,将研究区景观类型划分为滩涂、互花米草、红树林、水域、建设用地、养殖场、农田、其它林地 8 类,选择景观格局水平与景观类型水平作为指标,分析研究区的变化。从 1997 年至 2015 年,农田景观面积下降最为明显,红树林景观年变化率最高,建设用地景观面积上升最多,面积变化幅度最大的是红树林,其次是互花米草。从整个时段上看,(1)熵值变大,向无序的方向发展;(2)研究区景观类型面积发生了显著的变化。造成 1997 到 2015 年的土地利用系统无序度增加的原因是由于城市化的进程加快,使原本比重较低的建设用地明显提高,建设用地面积的大幅增加一定程度反应了经济的发展,说明

表 6 1997 到 2015 年湿地景观变化转移矩阵

Tab. 6 Transition matrix of wetland landscape change from 1997 to 2015

| 类 型 | 符 号 | 单 位 | 滩涂 | 互花米草 | 红树林 | 水域 | 建设用地 | 养殖场 | 农田 | 其他林地 | 合计 |
|------|-----------------------|-----------------|----------|--------|--------|----------|----------|--------|----------|--------|-----------|
| 滩涂 | A | hm ² | 2 431.35 | 402.48 | 307.62 | 310.32 | 676.44 | 308.52 | 21.78 | 41.13 | 4 499.64 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 54.03 | 8.94 | 6.84 | 6.90 | 15.03 | 6.86 | 0.48 | 0.91 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 78.04 | 0.17 | 0.28 | 20.48 | 0.00 | 0.56 | 0.45 | 0.02 | 100.00 |
| 互花米草 | A | hm ² | 5.4 | 2.61 | 0.63 | 5.22 | 149.85 | 55.17 | 43.83 | 13.32 | 276.03 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 1.96 | 0.95 | 0.23 | 1.89 | 54.29 | 19.99 | 15.88 | 4.83 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 95.01 | 0.62 | 0.55 | 3.59 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 红树林 | A | hm ² | 8.64 | 2.34 | 6.03 | 3.6 | 10.98 | 0 | 0.81 | 0 | 32.4 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 26.67 | 7.22 | 18.61 | 11.11 | 33.89 | 0.00 | 2.50 | 0.00 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 94.16 | 0.19 | 1.85 | 1.79 | 0.22 | 1.43 | 0.33 | 0.03 | 100.00 |
| 水域 | A | hm ² | 638.01 | 15.21 | 5.85 | 2 861.73 | 165.78 | 16.11 | 12.42 | 2.25 | 3 717.36 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 17.16 | 0.41 | 0.16 | 76.98 | 4.46 | 0.43 | 0.33 | 0.06 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 9.65 | 0.16 | 0.11 | 88.97 | 0.00 | 0.38 | 0.65 | 0.08 | 100.00 |
| 建设用地 | A | hm ² | 0 | 0 | 0.72 | 0 | 1 359.99 | 6.57 | 0.99 | 0.09 | 1 368.36 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 99.39 | 0.48 | 0.07 | 0.01 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 15.79 | 3.50 | 0.26 | 3.87 | 31.76 | 5.36 | 29.91 | 9.55 | 100.00 |
| 养殖场 | A | hm ² | 17.55 | 0.99 | 4.68 | 12.24 | 229.59 | 246.15 | 46.53 | 12.51 | 570.24 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 3.08 | 0.17 | 0.82 | 2.15 | 40.26 | 43.17 | 8.16 | 2.19 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 36.70 | 6.56 | 0.00 | 1.92 | 0.78 | 29.28 | 24.18 | 0.58 | 100.00 |
| 农田 | A | hm ² | 14.04 | 0 | 1.08 | 20.79 | 1 280.97 | 203.22 | 1 034.01 | 158.4 | 2 712.51 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 0.52 | 0.00 | 0.04 | 0.77 | 47.22 | 7.49 | 38.12 | 5.84 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 1.71 | 3.44 | 0.06 | 0.97 | 0.08 | 3.65 | 81.17 | 8.91 | 100.00 |
| 其他林地 | A | hm ² | 0.63 | 0 | 0.09 | 2.61 | 409.05 | 4.86 | 113.49 | 695.25 | 1 225.98 |
| | B _{<i>j</i>} | % | 0.05 | 0.00 | 0.01 | 0.21 | 33.37 | 0.40 | 9.26 | 56.71 | 100.00 |
| | C _{<i>j</i>} | % | 4.46 | 1.44 | 0.00 | 0.24 | 0.01 | 1.36 | 17.16 | 75.33 | 100.00 |
| 面积合计 | | hm ² | 3 115.62 | 423.63 | 326.7 | 3 216.51 | 4 282.65 | 840.6 | 1 273.86 | 922.95 | 14 402.52 |

注:表中 A 代表从 1997 年向 2015 年各类土地利用类型转移的面积(hm²);B_{*j*} 代表从 1997 年第 *i* 种土地利用类型面积向 2015 年第 *j* 种土地利用类型转化的面积比例(%);C_{*j*} 代表 2015 年中第 *j* 类土地利用类型由 1997 年 *i* 种土地利用类型分别转化而来的比例(%)。

整体生态环境保护不容乐观。根据对转移矩阵的分析,1997 年到 2015 年,面积减少的景观均有流向建设用地景观的趋势,景观格局破碎化更加明显,主要来是由于人类活动和经济发展的共同作用,通过对湿地景观变化的驱动因素研究有利于更好的揭示它的变化规律。

同时也认识到,湿地是一个复杂的动态的生态系统,其景观结构的演变以及受外来环境的影响等都有待深入的研究。因此,对 RS 和 GIS 技术获取和分析处理信息能力的要求也会不断提高。一方面,人类活动对湿地景观的变化有直接影响,可以进一步加强对湿地景观格局变化及其环境效应的研究,为湿地保护和恢复提供科学依据。另一方面,可以通过提高遥感影像的分辨率来提升解译判读的准确性,从而提高湿地景观格局变化研究的科学性。

参考文献:

[1] ASELMANN I, CRUTZEN P J. Global distribution of natural fresh-water wetlands and rice paddies, their Net Primary Productivity, seasonality and possible methane emissions [J]. Journal of Atmospheric Chemistry, 1989, 8(4): 307-358.
 [2] 杨永兴, 刘长娥, 杨杨. 长江河口九段沙海三棱藨草湿地生态系统 N、P、K 的循环特征 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(2): 1977-1985.
 [3] 杨永兴. 国际湿地科学研究进展和中国湿地科学研究优先

领域与展望 [J]. 地球科学进展, 2002, 22(4): 318-323.
 [4] 杨永兴. 国际湿地科学研究的主要特点、进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2002, 21(2): 111-120.
 [5] MATTHEWS E, FUNG I Y. Methane emissions from natural wetlands: Global distribution, area, and environmental characteristics of sources [J]. Global Biogeochemical Cycles, 1987(1): 61-86.
 [6] 张柏. 遥感技术在中国湿地研究中的应用 [J]. 遥感技术与应用, 1996, 11(1): 67-71.
 [7] 汪爱华, 张树清, 张柏. 遥感和地理信息系统技术在湿地研究中的应用 [J]. 遥感技术与应用, 2001, 16(3): 200-204.
 [8] 叶功富, 谭芳林, 罗彩莲, 等. 泉州湾河口湿地景观格局变化研究 [J]. 湿地科学, 2010, 8(4): 361-365.
 [9] 罗彩莲. 基于遥感的泉州湾河口湿地互花米草分布扩散分析 [J]. 福建林业科技, 2012, 39(2): 71-73.
 [10] 叶思敏. 泉州湾河口湿地碳储量及分布格局 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2015.
 [11] 蔡娜娜. 泉州湾河口湿地保护现状与对策 [J]. 现代农业科技, 2009(21): 253-254.
 [12] 程璐. 基于 RS 和 GIS 的大洋河河口湿地生态系统服务功能价值动态变化研究 [D]. 大连: 辽宁师范大学, 2012.
 [13] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 83-89.
 [14] 陈燕玲, 陈霞. 信息熵在深圳市土地利用结构分析和预测中的应用 [J]. 湛江师范学院学报, 2005, 26(6): 33-39.

(责任编辑: 叶丽娜)

Analysis of Landscape Pattern Change of Quanzhou Bay Estuary Wetland Based on RS and GIS Technology

MA Jianbin

(Forestry Bureau of Yong'an, Yong'an, Fujian 366000)

Abstract: This paper is based on RS, GIS and landscape ecology. The paper used TM images of Quanzhou Bay Estuary Wetland in 1997, 2005 and 2015 as data sources. Combining the practical characteristics of Quanzhou Bay Estuary Wetland, on the basis of three TM images, geometric precision correction and registration using ArcGIS software, through the spatial analysis function of Fragstat 4.2, the spatial distribution law of Quanzhou Bay estuarine wetland was analyzed in depth. Distribution maps of wetland landscape types in different periods were obtained. The transfer matrix is established. Applying landscape pattern index model, analysis of landscape pattern change of Quanzhou Bay estuarine wetland from patch type level and landscape level is conducted to provide theoretical basis for formulating wetland protection policy.

Key words: estuarine wetland; landscape types; landscape pattern index; change analysis; Quanzhou Bay

墨兰“梦之兰”杂交种子无菌播种繁殖技术

张月娇

(福建省林业科技试验中心, 福建 南靖 363600)

摘要: 无菌播种繁殖是兰花新品种选育的关键技术。为有效实现兰花杂交子代的无菌播种繁殖, 以墨兰新品种“梦之兰”杂交种子为试材, 对其原球茎诱导培养基、增殖培养基、分化培养基和生根壮苗培养基进行筛选优化。结果表明, 原球茎诱导最佳培养基为改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹, 原球茎增殖培养最佳培养基为改良 MS+6-BA 2.0 mg·L⁻¹+KT 2.5 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹, 原球茎分化最佳培养基为改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+KT 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹, 生根壮苗培养最佳培养基为改良 1/2MS+NAA 1.0 mg·L⁻¹+IBA 1.5 mg·L⁻¹+AC 2.0 g·L⁻¹。

关键词: 墨兰“梦之兰”; 杂交果荚; 无菌播种; 组织培养

中图分类号: S682.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0009-05

我国兰花资源丰富, 已知有 173 属, 1 240 种, 主要分布于云南、台湾和海南等地。我国兰属资源虽然比较丰富, 但是开展杂交育种较晚, 品种改良进程缓慢。近年来, 随着花卉产业的发展, 兰花市场也跟着蓬勃发展, 但墨兰市场则显得较为冷清, 这与墨兰育种研究工作研究不多, 少有新品种发现和推出具有重要的关系^[1-2]。墨兰通过杂交育种获得的一个兰花果荚约能产生 $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^6$ 粒种子, 但非常细小, 呈粉末状, 没有胚乳, 只有一个弱小的胚, 胚内含有很少的营养物质, 绝大部分为脂类物质, 外面覆盖一层不透水不透气的膜状物质, 在自然环境中很不容易发芽。为能获得新品种, 开展无菌播种繁殖技术研究是解决兰花种子萌发困难的有效途径。

通过以墨兰良种“梦之兰”(良种编号: 闽 R-SC-CS-038-2014) 为母本开展杂交育种, 对杂交获得的果荚进行无菌播种繁殖技术研究, 为墨兰的杂交育种及自主品种选育提供有利的参考依据。墨兰良种“梦之

兰”杂交种子无菌播种繁殖技术还未见报道。

1 试验材料

以“梦之兰”与“大富贵”杂交获得的果荚为试验材料。

2 试验方法

2.1 杂交果荚的获得

选择母本植株花葶中上部花蕾期长势较好的花朵挂牌, 每枝花葶保留 1~3 朵花, 其余花朵全部去除, 挂牌后每天观察开花情况; 选取当天开放的父本花朵, 取下父本蕊柱先端的药帽, 取出相互粘结的花粉块备用; 挑选开放 3~7 d 的母本花朵, 将母本花朵蕊柱的花粉囊盖打开, 用镊子轻轻地将花粉块取出剔除; 将父本的花粉块放入母本蕊柱顶端下侧的蕊腔中, 去掉授粉花朵的唇瓣, 随即在授粉花朵的部位悬挂挂牌, 写明杂交组合父母本名称(按母本在前、父本在后)、授粉日期和操作人。授粉时遮光 75%, 温度 24~28 ℃。

母本植株授粉成功的花朵子房开始膨大, 逐渐发

收稿日期: 2019-08-09

基金项目: 林业科技(示范)园区项目(闽林科便函[2019]16号)。

作者简介: 张月娇(1975-), 女, 汉族, 高级工程师, 主要从事林木与花卉种苗繁育技术研究。

育长成果荚,定期观察果荚的发育情况,待果荚转为黄绿色且未开裂时,即可采收进行无菌播种。

2.2 外植体的消毒处理

采收后的果荚先用软毛刷轻轻刷去附着于表面的灰尘等杂质,用沾有肥皂粉或洗洁精的软毛刷进行表面清洁,清水冲洗干净,晾干后用锋利的刀片切除花梗、残留的柱头等,装进广口瓶中,置无菌超净台上进行消毒处理,首先用 75%酒精消毒 30~60 s,无菌水冲洗 2 次后,再用 0.1%的 HgCl₂ 振荡消毒 10~20 min,无菌水冲洗 5 次以上,沥干水分备用。

2.3 原球茎诱导培养基的选择

在超净工作台上,取出消毒后的果荚,吸干附着于表面的水分,用解剖刀切去果荚上下两端的柱头和果柄,剖开果荚,将种子播撒在诱导培养基中。诱导培养基以因素基本培养基(改良 MS、MS、KC)、6-BA(1.0、2.0、3.0 mg·L⁻¹)和 NAA(0.5、1.0、1.5 mg·L⁻¹)为试验因子,采用正交表 L₉(3⁴)安排试验^[3](表 1),共 9 个试验号,每个试验号接种 30 瓶,180 d 后调查统计原球茎萌发数和萌发率,筛选最佳诱导培养基配方。

2.4 原球茎增殖培养基的选择

在诱导培养基中,挑选出生长健壮、大小均匀的原球茎,接种于因素基本培养基(改良 MS、MS、KC、B5)、6-BA(1.0、1.5、2.0、2.5 mg·L⁻¹)、KT(1.0、1.5、2.0、2.5 mg·L⁻¹)、NAA(0.5、1.0、1.5、2.0 mg·L⁻¹),采用正交表 L₁₆(4⁵)安排试验(表 3),每个试验号接种 30 瓶,60 d 后调查统计其增殖倍数,筛选最佳增殖培养基配方。

2.5 原球茎分化培养基的选择

将生长健壮的原球茎接种于以改良 MS 为基本培养基,附加不同浓度的因素 6-BA(2.0、3.0、4.0 mg·L⁻¹)、KT(2.0、3.0、4.0 mg·L⁻¹)、NAA(0.5、1.0、1.5 mg·L⁻¹),采用正交表 L₉(3⁴)安排试验(表 5),每个试验号接种 30 瓶,60 d 后观察并统计原球茎分化出芽情况,筛选出最佳分化培养基配方。

2.6 生根壮苗培养基的选择

当分化出的芽苗长至 3 cm 以上时,即可接种于以改良 1/2MS 为基本培养基,附加不同浓度的因素 NAA(0.5、1.0、1.5 mg·L⁻¹)、IBA(1.0、1.5、2.0 mg·L⁻¹)、AC(1.0、1.5、2.0 g·L⁻¹),采用正交表 L₉(3⁴)安排试验(表 7),每个试验号接种 10 瓶,每瓶接种 10 株小苗,50 d

后调查统计平均生根数,筛选出最佳生根培养基配方。

2.7 培养条件

果荚无菌播种后在诱导培养、继代增殖培养、分化培养和生根培养时,先进行 7 d 的暗培养后,再在培养室中进行光照培养,光照时间为 12 h·d⁻¹、温度为 (25±2)℃、光照强度为 2 000 lx^[4],各阶段的培养基糖用量为 30 g·L⁻¹,pH 值为 5.0~5.5。

3 结果与分析

3.1 不同基本培养基和激素浓度对原球茎诱导影响

种子播种后,为保持培养空间的洁净,7 d 后需及时剔除污染的接种瓶。种子在播种 3 个月后,部分种子开始肿胀萌发,慢慢形成乳白色的球状体,球状体渐渐变大变绿,部分长出白色的绒毛^[5-6],播种 6 个月 after,统计原球茎个数和萌发率,结果见表 1。

表 1 原球茎诱导培养正交试验结果与分析

Tab.1 Orthogonal test analysis results of protocorm induction culture

| 试验号 | 因素 | | | 原球茎/个 | 因素 | | | 萌发率/% |
|----------------|-------|------|-----|-------|-------|------|-----|-------|
| | 基本培养基 | 6-BA | NAA | | 基本培养基 | 6-BA | NAA | |
| 1 | 改良 MS | 1.0 | 0.5 | 27 | 改良 MS | 1.0 | 0.5 | 52 |
| 2 | 改良 MS | 2.0 | 1.0 | 32 | 改良 MS | 2.0 | 1.0 | 65 |
| 3 | 改良 MS | 3.0 | 1.5 | 48 | 改良 MS | 3.0 | 1.5 | 87 |
| 4 | MS | 1.0 | 1.0 | 22 | MS | 1.0 | 1.0 | 35 |
| 5 | MS | 2.0 | 1.5 | 31 | MS | 2.0 | 1.5 | 66 |
| 6 | MS | 3.0 | 0.5 | 38 | MS | 3.0 | 0.5 | 73 |
| 7 | KC | 1.0 | 1.5 | 14 | KC | 1.0 | 1.5 | 29 |
| 8 | KC | 2.0 | 0.5 | 16 | KC | 2.0 | 0.5 | 36 |
| 9 | KC | 3.0 | 1.0 | 29 | KC | 3.0 | 1.0 | 52 |
| K ₁ | 107 | 63 | 81 | | 204 | 116 | 161 | |
| K ₂ | 91 | 79 | 83 | | 174 | 167 | 152 | |
| K ₃ | 59 | 115 | 93 | | 117 | 212 | 182 | |
| R | 48 | 52 | 12 | | 87 | 96 | 30 | |

从表 1 的结果可以看出,各个试验号均能诱导出原球茎,试验 3 号(改良 MS+6-BA 30 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹)诱导出的原球茎数最多(48 个),从极差可以看出 6-BA 对试验结果的影响最大,其次是基本培养基,再次是

因素 NAA;从萌发率可以看出,试验 3 号(改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹) 的萌发率最高(87%),从极差可以看出,6-BA 对萌发率的影响最大,其次是基本培养基,再次是 NAA。从不同激素浓度看,随着 6-BA 和 NAA 的浓度升高,原球茎分化数和萌发率逐步增加,从各水平的结果看,当 6-BA 的浓度为 3.0 mg·L⁻¹、NAA 的浓度为 1.5 mg·L⁻¹ 时,其原球茎诱导数和萌发率的结果值最高。因此,得出墨兰梦之兰杂交果荚原球茎诱导的最佳培养基为改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹。

各因素对试验结果的影响进行方差分析,结果见表 2。

表 2 原球茎诱导培养正交试验方差分析表

Tab.2 Protocorm induced culture orthogonal test ANOVA

| 变异来源 | 不同处理对原球茎诱导方差分析 | | | | 不同处理对萌发率方差分析 | | | |
|-------|----------------|-----|--------|----------|--------------|-----|-----|--------|
| | 平方和 | 自由度 | 方差 | F 值 | 平方和 | 自由度 | 方差 | F 值 |
| 基本培养基 | 398.22 | 2 | 199.11 | 256.00** | 1 302 | 2 | 651 | 50.08* |
| 6-BA | 472.89 | 2 | 236.44 | 304.00** | 1 538 | 2 | 769 | 59.15* |
| NAA | 27.56 | 2 | 13.78 | 17.71 | 158 | 2 | 79 | 6.08 |
| 误差 | 1.56 | 2 | 0.78 | | 26 | 2 | 13 | |
| 总和 | 900.22 | | | | 3 024 | | | |

从表 2 的方差分析可以看出,基本培养基在原球茎诱导中的 F 值为 256.00, 大于 $F_{0.01}$, 达到极显著水平,6-BA 在原球茎诱导中的 F 值为 304.00, 大于 $F_{0.01}$, 达到了极显著水平;在萌发率方差分析中,基本培养基的 F 值为 50.08, 大于 $F_{0.05}$ 小于 $F_{0.01}$, 达到了显著水平,6-BA 的 F 值为 59.15, 大于 $F_{0.05}$ 小于 $F_{0.01}$, 达到了显著水平;NAA 在原球茎诱导的 F 值为 17.71, 在萌发率的 F 值为 6.08, 均小于 $F_{0.05}$, 表明 NAA 对原球茎的诱导和萌发率的影响不显著。

3.2 不同基本培养基和激素浓度对原球茎增殖影响

原球茎在增殖培养基中继续膨大,30 d 后开始分裂出一些白色球状物;随着培养时间的增长,白色球状物渐渐变大变绿^[7],接种 60 d 后统计原球茎增殖倍数,结果见表 3。

表 3 原球茎增殖培养正交试验结果与分析

Tab.3 Protocorm proliferation culture orthogonal test results

| 试验号 | 基本培养基 | 因素 | | | 增殖倍数 |
|-------|-------|------|-----|-----|------|
| | | 6-BA | KT | NAA | |
| 1 | 改良 MS | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.9 |
| 2 | 改良 MS | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 2.8 |
| 3 | 改良 MS | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 3.9 |
| 4 | 改良 MS | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 3.2 |
| 5 | MS | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 2.3 |
| 6 | MS | 1.5 | 1.0 | 2.0 | 1.6 |
| 7 | MS | 2.0 | 2.5 | 0.5 | 2.7 |
| 8 | MS | 2.5 | 2.0 | 1.0 | 3.2 |
| 9 | KC | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 0.5 |
| 10 | KC | 1.5 | 2.5 | 1.5 | 1.9 |
| 11 | KC | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 0.8 |
| 12 | KC | 2.5 | 1.5 | 0.5 | 0.9 |
| 13 | B5 | 1.0 | 2.5 | 1.0 | 1.8 |
| 14 | B5 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 0.4 |
| 15 | B5 | 2.0 | 1.5 | 2.0 | 1.5 |
| 16 | B5 | 2.5 | 1.0 | 1.5 | 1.0 |
| K_1 | 10.8 | 5.5 | 4.3 | 4.9 | |
| K_2 | 9.8 | 6.7 | 7.5 | 8.6 | |
| K_3 | 4.1 | 8.9 | 8.0 | 9.1 | |
| K_4 | 4.7 | 8.3 | 9.6 | 6.8 | |
| R | 6.7 | 3.4 | 5.3 | 4.2 | |

从表 3 中可以看出,各处理对原球茎的增殖均有一定的影响,从各试验号来看,以试验 3 号的增殖倍数最高(3.9);其次为试验 4 号和试验 8 号,增殖倍数均为 3.2。从 R 值可以看出,基本培养基对增殖倍数的影响最大,其次是 KT,再次是 NAA。从 K 值可以看出,基本培养基的第 1 水平最好,6-BA 的第 3 水平最好,KT 的第 4 水平最好,NAA 的第 3 水平最好,由此,原球茎增殖的最佳培养基为改良 MS+6-BA 2.0 mg·L⁻¹+KT 2.5 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹。

对原球茎增殖的试验结果进行方差分析,结果见表 4。

表 4 原球茎增殖培养正交试验方差分析表

Tab.4 Protocorm proliferation culture orthogonal test ANOVA table

| 变异来源 | 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 |
|-------|-------|-----|------|--------|
| 基本培养基 | 8.87 | 3 | 2.96 | 27.51* |
| 6-BA | 1.79 | 3 | 0.60 | 5.54 |
| KT | 3.70 | 3 | 1.23 | 11.48* |
| NAA | 2.73 | 3 | 0.91 | 8.47 |
| 误差 | 0.32 | 3 | 0.11 | |
| 总和 | 17.41 | | | |

由表 4 可以看出,基本培养基和 KT 的 F 值均大于 $F_{0.05}$ 小于 $F_{0.01}$, 说明基本培养基和 KT 对原球茎的增殖影响显著,6-BA 和 NAA 的 F 值均小于 $F_{0.05}$, 说明

6-BA 和 NAA 对原球茎的增殖影响不显著。

3.3 不同激素浓度对原球茎分化的影响

原球茎在分化培养基中, 培养 30 d 后有白色芽点冒出, 芽点慢慢变绿, 叶原基逐渐发育长出幼叶, 形成单株小苗, 60 d 后统计萌芽株数, 结果见表 5。

表 5 不同激素浓度对原球茎分化的影响

Tab.5 Effects of different hormone concentrations on protocorm differentiation

| 试验号 | 因素 | | | 萌芽数/株 |
|----------------|------|-----|-----|-------|
| | 6-BA | KT | NAA | |
| 1 | 2.0 | 2.0 | 0.5 | 41 |
| 2 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 52 |
| 3 | 2.0 | 4.0 | 1.5 | 72 |
| 4 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 26 |
| 5 | 3.0 | 3.0 | 1.5 | 89 |
| 6 | 3.0 | 4.0 | 0.5 | 56 |
| 7 | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 25 |
| 8 | 4.0 | 3.0 | 0.5 | 43 |
| 9 | 4.0 | 4.0 | 1.0 | 20 |
| K ₁ | 165 | 92 | 140 | |
| K ₂ | 171 | 184 | 98 | |
| K ₃ | 88 | 148 | 186 | |
| R | 83 | 92 | 88 | |

从表 5 可以看出, 不同激素浓度组合均能使原球茎分化出苗, 其中试验 5 号的萌芽株数最多(89 株), 从 R 值可以看出, KT 的 R 值最高, 表明 KT 对原球茎分化的萌芽数影响最大, 其次是 NAA, 再次是 6-BA。从 K 值可以看出, 6-BA 的第 2 水平最好, KT 的第 2 水平最好, NAA 的第 3 水平最好。

对原球茎分化试验结果进行方差分析, 结果见表 6。

表 6 原球茎分化正交试验方差分析表

Tab.6 Protocorm differentiation orthogonal test ANOVA

| 变异来源 | 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 |
|------|----------|-----|--------|--------|
| 6-BA | 1 428.22 | 2 | 714.11 | 29.62* |
| KT | 1 432.89 | 2 | 716.44 | 29.71* |
| NAA | 1 291.56 | 2 | 645.78 | 26.78* |
| 误差 | 48.22 | 2 | 24.11 | |
| 总和 | 4 200.89 | | | |

从表 6 可以看出, 因素 6-BA、KT、NAA 的 F 值均大于 $F_{0.05}$ 小于 $F_{0.01}$, 表明各因素对原球茎的分化均有显著影响。从各因素的最优水平可以得出, 原球茎分化最佳培养基配方为改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+KT 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹。

3.4 生根壮苗培养基的选择

将原球茎分化出带有 3 片以上叶子、高 3 cm 以上的小苗接种于生根壮苗培养基中, 20 d 后, 小苗基部有白色根点形成, 50 d 后统计平均生根数, 结果见表 7。

表 7 不同因素对生根壮苗影响的结果

Tab.7 Effects of different factors on rooting and seedlings

| 试验号 | 因素 | | | 萌芽数/株 |
|----------------|-----|-----|-----|-------|
| | NAA | IBA | AC | |
| 1 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 0.8 |
| 2 | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 |
| 3 | 0.5 | 2.0 | 2.0 | 2.6 |
| 4 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.4 |
| 5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.1 |
| 6 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 2.0 |
| 7 | 1.5 | 1.0 | 2.0 | 1.8 |
| 8 | 1.5 | 1.5 | 1.0 | 2.0 |
| 9 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 1.5 |
| K ₁ | 5.4 | 4.0 | 4.8 | |
| K ₂ | 6.5 | 7.1 | 4.9 | |
| K ₃ | 5.3 | 6.1 | 7.5 | |
| R | 1.2 | 3.1 | 2.7 | |

从表 7 中可以看出, 各试验号均能诱导出不定根, 其中试验 5 号诱导出的根数最多, 平均生根数可达 3.1 条, 从 R 值可以看出, IBA 对诱导生根数的影响最大, 从各水平的 K 值看, 因素 NAA 的第 2 水平最好, 因素 IBA 的第 2 水平最好, 因素 AC 的第 3 水平最好。

对生根壮苗的试验结果进行方差分析, 结果见表 8。

表 8 不同因素对生根壮苗影响的方差分析表

Tab.8 ANOVA table of different factors affecting rooting

| 变异来源 | 平方和 | 自由度 | 均方 | F 值 |
|------|------|-----|------|--------|
| NAA | 0.30 | 2 | 0.15 | 4.75 |
| IBA | 1.67 | 2 | 0.83 | 26.82* |
| AC | 1.56 | 2 | 0.78 | 25.11* |
| 误差 | 0.06 | 2 | 0.03 | |
| 总和 | 3.59 | | | |

从表 8 可以看出, IBA 和 AC 对试验结果有显著影响, NAA 对试验结果影响不显著。因此, 结合各因素的最优水平看, 梦之兰杂交种子生根壮苗的最适培养基为改良 1/2MS+NAA 1.0 mg·L⁻¹+IBA 1.5 mg·L⁻¹+AC 2.0 mg·L⁻¹。当培养基中的小苗根长至 1 cm 以上时, 即可移到炼苗大棚进行移栽炼苗。

4 讨论与结论

兰花种子在自然条件下萌发较为困难, 主要与其胚发育不完全、种皮致密透气性差和种皮中含有抑制物有关。而通过组织培养技术对果荚进行无菌播种可有效获取兰花幼苗, 是兰花杂交育种和兰花产业发展的关键技术之一^[8-9]。前人在兰花的无菌播种方面也有一些报道, 如蓝炎阳等^[10]使用 MS 为基本培养基, 植物

生长调节剂为 6-BA 和 NAA,在种子萌发培养基中添加了活性炭,壮苗生根培养基中添加了香蕉泥和活性炭,建立了大花蕙兰和墨兰杂交种子的无菌播种方法,获得了种子萌发、根状茎增殖与分化、壮苗生根培养基的最适配方。张小娟等^[1]运用 MS 培养基,附加植物生长调节剂 6-BA 和 NAA,建立了墨兰种子无菌播种方法。陈汝民^[2]等通过对墨兰种子、原球茎和根状茎的培养,获得了墨兰的幼苗。墨兰“梦之兰”是墨兰的一个新品种,其杂交种子无菌播种繁殖技术还未见有报道,本研究系统介绍了以“梦之兰”为母本开展杂交育种的过程和方法,对杂交种子无菌播种繁殖技术做了深入的阐述。研究发现,墨兰“梦之兰”杂交种子无菌播种基本培养基的主要组成也是 MS 培养基、6-BA 和 NAA,可见 MS、6-BA 和 NAA 是兰花无菌播种培养方法中的关键成分。但通过对 MS 基本培养基中的大量元素进行改良,对各培养阶段附加的激素浓度进行优化组合研究,获得了原球茎诱导的最佳培养基为改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹,原球茎增殖培养最佳培养基为改良 MS+6-BA 2.0 mg·L⁻¹+KT 2.5 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹,原球茎分化最佳培养基为改良 MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+KT 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹,生根壮苗培养最佳培养基为改良 1/2MS+NAA 1.0 mg·L⁻¹+IBA 1.5 mg·L⁻¹+AC 2.0 g·L⁻¹,研究结果显示,利用优化后的培养基配方可获得大量有效的杂交子代幼苗。

兰花无菌播种受诸多因素的影响,每一个环节都可能影响最终的成苗。在实际操作中主要需注意如下几点:(1)诱导原球茎时,同一果荚的种子同时播种在相同的培养基中其萌发时间不一致,萌发时间间隔较长,在实际操作中,可将先萌发出的原球茎转接到增

殖培养基中,未萌发种子转接到诱导培养基中继续萌发;(2)原球茎增殖培养时,增殖的原球茎必须及时进行转接,一般不宜超过 90 d,否则会逐渐褐化死亡;(3)原球茎分化培养时,分化出的小苗长至 3 cm 高带有 3 片叶子时即可转接到生根培养基中进行生根培养,其余的原球茎转接到分化培养基中继续培养。

参考文献:

- [1] 牛田,张林,王厚新,等.国兰育种研究进展[J].山东农业科学,2013,45(7):129-132.
- [2] 田甜,朱泉,何卫星,等.国兰组织培养研究进展[J].广东农业科学,2009(8):105-109.
- [3] 洪伟.林业试验设计技术与方法[M].北京:北京技术出版社,1993,148-172.
- [4] 程芬芳,陈新荣,陈莹莹,等.墨兰的组织培养研究进展[J].黑龙江农业科学,2015(3):155-159.
- [5] 张鹏,赵勇锋,李开良,等.墨兰“原球茎”结构初探[J].上海铁道大学学报(医学版),1999,20(5):22-24.
- [6] 祝建,张军,石红军,等.墨兰组织培养中原球茎的形态解剖研究[J].华南农业大学学报,2000(4):47-50.
- [7] 陈汝民,叶庆生,王小菁,等.墨兰种子胚的发育和培养初步研究[J].热带亚热带植物学报,1995(4):72-75.
- [8] 潘银萍,李承秀,王长宪,等.春兰与墨兰杂交种子无菌萌发研究[J].北方园艺,2010(23):85-87.
- [9] 罗虹,陈汝民.墨兰的组织培养和快速繁殖[J].植物生理学通讯,1997(6):436-437.
- [10] 蓝炎阳,钟淮钦,陈南川,等.大花蕙兰与墨兰种间杂交种子无菌播种繁殖技术研究[J].中国农学通报,2017,33(2):61-66.
- [11] 张小娟,陈秀萍,李云霞,等.墨兰种子无菌萌发及根状茎诱导分化研究[J].中国园艺文摘,2017,33(10):12-16.

(责任编辑:叶丽娜)

Study on Aseptic Seeding Techniques of Hybrid Seeds of *Cymbidium Sinense* “Mengzhilan”

ZHANG Yuejiao

(Fujian Forestry Science and Technology Test Center, Nanjing, Fujian 363600)

Abstract: Sterile sowing and breeding is the key technology for breeding new orchid varieties. In order to effectively realize the aseptic sowing and propagation of orchid hybrid progeny, this study used the hybrid seed of *Mengzhilan* as the test material, and its original bulb induction medium, proliferation medium and differentiation medium, rooting and strong seedling medium were optimized to screening. The results showed that the optimal medium of protocorm induction was modified MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹, and the best medium of protocorm proliferation was modified MS+6-BA 2.0 mg·L⁻¹+KT 2.5 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹, the best medium of protocorm differentiation was improved MS+6-BA 3.0 mg·L⁻¹+KT 3.0 mg·L⁻¹+NAA 1.5 mg·L⁻¹, the best medium of rooting and strong seedling was modified 1/2MS+NAA 1.0 mg·L⁻¹+IBA 1.5 mg·L⁻¹+AC 2.0 g·L⁻¹.

Key words: Mengzhilan orchid; hybrid seeds; aseptic seeding; tissue culture

基于纹理特征的武夷岩茶叶片分类方法

林丽惠^{1,2}

(1.武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300;
2. 认知计算与智能信息处理福建省高校重点实验室, 福建 武夷山 354300)

摘要:针对武夷岩茶叶片分类问题,提出一种基于纹理特征的武夷岩茶叶片分类方法。实地采集武夷岩茶鲜茶叶片图像,对鲜茶叶片图像进行预处理后,提取茶叶叶片图像灰度共生矩阵在 0° 、 45° 、 90° 、 135° 四个方向且距离 σ 为1的能量、熵、对比度、相关性、逆差距、非相似性和同质性共7个特征值以及特征值在四个方向上的均值和方差。分别使用KNN分类器、集成学习器、判别分析分类器3种分类算法对本文提取的武夷岩茶鲜茶叶片图像纹理特征进行分类识别。结果表明,基于纹理特征识别武夷岩茶鲜茶叶片图像是一个非常有效的方法,识别率达90.00%。

关键词:武夷岩茶;叶片分类;纹理特征;灰度共生矩阵;分类器

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0014-04

武夷岩茶品种资源极为丰富,传统上识别武夷岩茶鲜茶叶品种的方法主要是人工识别。人工依据经验识别,受到经验限制,主观性较强,缺乏客观评价标准。若采用化学成分分析,虽准确度较高,但步骤繁琐,难以快速识别。通过识别武夷岩茶鲜茶叶片图像,进而识别武夷岩茶鲜茶叶品种,是一种快速、客观的识别方法^[1-4]。

茶叶叶片图像的纹理特征是对武夷岩茶鲜茶叶片图像进行分类识别的重要特征。纹理特征能够体现茶叶叶片表面结构组织排列的规律性和同质性,是通过茶叶叶片图像像素及其周围空间邻域的灰度分布来表现的一种视觉特征。基于纹理特征识别武夷岩茶鲜茶叶片图像是一种重要的识别方法。

目前国内对叶片基于纹理特征的识别方法的研究情况起步较晚,在本世纪初才开始,但是也取得了非凡的成果。例如,张磊^[5]利用离散小波变换对叶片图像进行分解,从不同尺度的小波系数中提取纹理特征值,得到多个纹理特征,对植物叶片的识别具有较高的平均准确率;Arivazhagan等(2013)^[6]通过纹理特征值对植物叶片不健康的部分进行观察,并根据纹理特征值对叶片损伤程度进行分类;江才华(2014)^[7]研究了茶青纹理特征提取方法,采用最小二乘SVM作为茶青的分类器对茶青进行分类与训练。基于武夷岩茶鲜茶叶片图像提取纹理特征,对基于纹理特征的武夷岩茶鲜茶叶片图像分类方法进行研究。

1 图像预处理

为提高鲜茶叶片的识别率,本文首先对实地采集的武夷岩茶茶树品种的鲜茶叶片图像进行预处理^[8-9],去除拍摄过程中由光照和阴影等导致的噪声和边缘模糊问题。然后将采集到的茶叶叶片图像转换为灰度图,用以提取纹理特征。

图1为武夷岩茶鲜茶叶片原图和灰度图。其中

收稿日期:2019-08-12

基金项目:福建省2011协同创新中心:中国乌龙茶产业协同创新中心专项(闽教科[2015]75号);福建省自然科学基金项目(2017J01780);武夷学院认知计算与智能信息处理福建省高校重点实验室开放课题项目(KLCCIP2018105)。

作者简介:林丽惠(1980-),女,汉族,副教授,主要从事数字图像处理、机器学习的研究。

第一行为黄观音叶片图像,第二行为瑞香叶片图像。

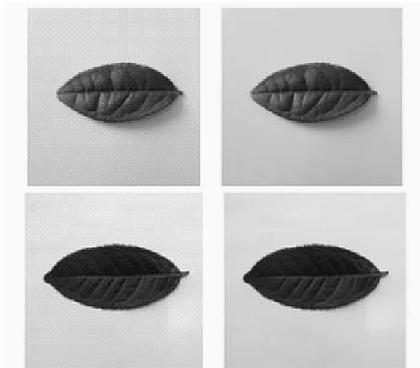


图1 鲜茶叶片原图和灰度图

Fig. 1 Original and grayscale images of fresh tea leaves

2 纹理特征表示方法

常见的纹理特征提取方法有结构分析方法和统计分析方法。结构分析方法主要研究纹理基元的空间组织结构和排列规则,更加强调纹理的规律性,更适用于非自然的纹理特征提取。对武夷岩茶鲜茶叶片图像使用结构方法提取纹理特征将会受到很大程度的限制。统计分析方法主要研究纹理区域像素的灰度统计特性,更加适合作为武夷岩茶鲜茶叶片图像的纹理特征提取方法。而灰度共生矩阵(GLCM)是最常见的纹理特征统计分析方法,被公认有效,有较强的适应性与鲁棒性。

采用灰度共生矩阵表示茶叶叶片图像的纹理特征。计算茶叶叶片图像灰度共生矩阵在 0° 、 45° 、 90° 、 135° 4个方向且距离 σ 为1的能量、熵、对比度、相关性、逆差距、非相似性和同质性共7个特征值以及特征值在4个方向上的均值和方差。下面分别给出能量、熵、对比度、相关性、逆差距、非相似性和同质性的定义。

能量 f_1 : 能量反应的是茶叶叶片图像纹理均匀分布程度与粗细程度。其值较大,则表示叶片图像灰度分布较集中,纹理比较粗糙。定义如式(1)所示:

$$f_1 = \sum_i \sum_j P(i,j)^2, \quad (1)$$

式中: $P(i,j)$ 指归一化后的灰度共生矩阵,下同。

熵 f_2 : 熵是茶叶叶片图像纹理信息量的度量。其值越大,则表示叶片图像纹理的非均匀程度和复杂程

度越高。定义如式(2)所示:

$$f_2 = \sum_i \sum_j P(i,j) \lg P(i,j). \quad (2)$$

对比度 f_3 : 对比度是灰度共生矩阵主对角线的惯性矩,描述茶叶叶片图像的清晰程度。其值较大,代表叶片图像较清晰,纹理较深。定义如(3)所示:

$$f_3 = \sum_i \sum_j (i-j)^2 P(i,j). \quad (3)$$

相关性 f_4 : 相关性描述茶叶叶片图像灰度值在水平和垂直方向的相似程度。其值较大,代表叶片图像灰度分布均匀。定义如式(4)所示:

$$f_4 = \sum_i \sum_j \frac{(i-\mu_i)(j-\mu_j)}{\sigma_i \sigma_j} (i-j)^2 P(i,j). \quad (4)$$

式中, σ_i 、 σ_j 分别表示 P_i 和 P_j 的均值和标准差, P_i 为灰度值 i 出现的概率, P_j 为灰度值 j 出现的概率。

逆差距 f_5 : 逆差距描述茶叶叶片图像纹理的局部变化的大小。其值较大,代表叶片图像的纹理局部较均匀,不同区域间的纹理变化较小。定义如式(5)所示:

$$f_5 = \sum_i \sum_j \frac{P(i-j)}{1+(i-j)^2}. \quad (5)$$

非相似性 f_6 : 非相似性描述茶叶叶片图像的纹理差异。与对比度类似,若局部对比度的值越大,非相似度的值也越大。定义如式(6)所示:

$$f_6 = \sum_i \sum_j |i-j| P(i,j). \quad (6)$$

同质性 f_7 : 同质性反映茶叶叶片图像局部纹理的均匀程度。与逆差距类似,其值越大,局部纹理越均匀。定义如(7)所示:

$$f_7 = \sum_i \sum_j \frac{P(i-j)}{1+|i-j|}. \quad (7)$$

3 试验结果

实地采集武夷岩茶的黄观音、瑞香、丹桂和奇兰4个品种,每个品种各20张的鲜茶叶片图像。计算茶叶叶片图像灰度共生矩阵在 0° 、 45° 、 90° 、 135° 4个方向且距离 σ 为1的能量、熵、对比度、相关性、逆差距、非相似性和同质性共7个特征值以及特征值在四个方向上的均值和方差。使用50%的叶片图像作为训练

样本,50%的叶片图像作为测试样本,对本文提取的武夷岩茶鲜茶叶片图像纹理特征,分别使用KNN分类器、集成学习器、判别分析分类器3种分类算法^[1]进行分类识别,比较各种分类算法的识别精度,识别精度取10次实验的平均值。

图2~5分别为0°、45°、90°、135°4个方向上的纹理特征值。图6为4个方向上的特征值的均值和方差。由于数据量比较大,本文只列出黄观音和瑞香两个品种的部分叶片图像的纹理特征值。图2~5的1至7列分别表示能量、熵、惯性矩、相关性、逆差距、对比度和一致性值7个纹理特征值。第8列表示武夷岩茶叶片的品种,其中值为0代表黄观音品种,其中值为1代表瑞香品种。图6为4个方向上的特征值,1至14列分别7个纹理特征值能量、熵、惯性矩、相关性、逆差距、对比度、一致性值的均值及方差,每2列代表1个特征值。表1为3种分类器对不同方向上的纹理特征值的分类准确率。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|--------|---|
| 1 | 0.2044 | 2.2369 | 1.0212 | 0.0760 | 0.2041 | 0.0246 | 0.9879 | 0 |
| 2 | 0.2895 | 2.0108 | 1.0563 | 0.1131 | 0.2892 | 0.0242 | 0.9883 | 0 |
| 3 | 0.2176 | 2.3802 | 1.2135 | 0.0776 | 0.2173 | 0.0487 | 0.9758 | 0 |
| 4 | 0.2845 | 2.0686 | 0.9433 | 0.1138 | 0.2843 | 0.0339 | 0.9832 | 0 |
| 5 | 0.2531 | 2.3304 | 1.2716 | 0.0636 | 0.2527 | 0.0502 | 0.9751 | 0 |
| 6 | 0.2695 | 1.9606 | 0.8648 | 0.0985 | 0.2694 | 0.0246 | 0.9880 | 0 |
| 7 | 0.1653 | 2.3854 | 0.9254 | 0.1136 | 0.1651 | 0.0218 | 0.9894 | 0 |
| 8 | 0.1511 | 2.5711 | 0.9825 | 0.0730 | 0.1508 | 0.0224 | 0.9889 | 0 |
| 9 | 0.1115 | 2.8689 | 1.3587 | 0.0625 | 0.1111 | 0.0332 | 0.9836 | 0 |
| 10 | 0.1136 | 3.0316 | 1.2362 | 0.0548 | 0.1132 | 0.0387 | 0.9808 | 0 |
| 11 | 0.1597 | 2.5290 | 1.0724 | -0.0033 | 0.1594 | 0.0546 | 0.9728 | 1 |
| 12 | 0.1791 | 2.4502 | 0.9953 | 0.0279 | 0.1787 | 0.0558 | 0.9721 | 1 |
| 13 | 0.1604 | 2.4302 | 1.4016 | 0.0030 | 0.1601 | 0.0259 | 0.9871 | 1 |
| 14 | 0.1619 | 2.5535 | 0.9783 | -0.0014 | 0.1615 | 0.0646 | 0.9678 | 1 |
| 15 | 0.1558 | 2.5886 | 1.2020 | -6.7672e-04 | 0.1554 | 0.0448 | 0.9776 | 1 |
| 16 | 0.1718 | 2.3944 | 1.2160 | 0.0089 | 0.1714 | 0.0558 | 0.9721 | 1 |
| 17 | 0.1466 | 2.6709 | 1.5001 | -0.0114 | 0.1460 | 0.0409 | 0.9797 | 1 |
| 18 | 0.1485 | 2.6141 | 1.2528 | -0.0094 | 0.1481 | 0.0364 | 0.9818 | 1 |
| 19 | 0.1749 | 2.4074 | 1.4030 | 0.0078 | 0.1745 | 0.0335 | 0.9833 | 1 |
| 20 | 0.1681 | 2.4812 | 1.1008 | -0.0066 | 0.1676 | 0.0507 | 0.9747 | 1 |

图2 0°方向上的纹理特征值

Fig.2 Texture features in the direction of 0 degree

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---|
| 1 | 0.2096 | 2.1719 | 0.8585 | 0.0741 | 0.2094 | 0.0176 | 0.9913 | 0 |
| 2 | 0.2939 | 1.9683 | 0.8571 | 0.1084 | 0.2937 | 0.0181 | 0.9912 | 0 |
| 3 | 0.2230 | 2.3315 | 1.0131 | 0.0750 | 0.2227 | 0.0357 | 0.9822 | 0 |
| 4 | 0.2902 | 2.0311 | 0.7998 | 0.1080 | 0.2900 | 0.0255 | 0.9874 | 0 |
| 5 | 0.2601 | 2.2685 | 0.8747 | 0.0633 | 0.2598 | 0.0354 | 0.9824 | 0 |
| 6 | 0.2740 | 1.9256 | 0.7771 | 0.0944 | 0.2738 | 0.0181 | 0.9912 | 0 |
| 7 | 0.1671 | 2.3418 | 0.7596 | 0.1049 | 0.1669 | 0.0161 | 0.9921 | 0 |
| 8 | 0.1535 | 2.5329 | 0.8107 | 0.0698 | 0.1532 | 0.0167 | 0.9917 | 0 |
| 9 | 0.1138 | 2.8205 | 1.1513 | 0.0599 | 0.1135 | 0.0237 | 0.9883 | 0 |
| 10 | 0.1168 | 2.9481 | 0.8826 | 0.0527 | 0.1164 | 0.0276 | 0.9863 | 0 |
| 11 | 0.1619 | 2.5083 | 0.8517 | -0.0065 | 0.1616 | 0.0448 | 0.9776 | 1 |
| 12 | 0.1816 | 2.4345 | 0.8160 | 0.0244 | 0.1813 | 0.0435 | 0.9782 | 1 |
| 13 | 0.1623 | 2.4070 | 1.0788 | 0.0015 | 0.1620 | 0.0197 | 0.9901 | 1 |
| 14 | 0.1648 | 2.5254 | 0.9017 | -0.0058 | 0.1644 | 0.0532 | 0.9734 | 1 |
| 15 | 0.1585 | 2.5583 | 1.0155 | -0.0035 | 0.1582 | 0.0361 | 0.9819 | 1 |
| 16 | 0.1748 | 2.3660 | 1.0916 | 0.0051 | 0.1745 | 0.0441 | 0.9779 | 1 |
| 17 | 0.1488 | 2.6496 | 1.2763 | -0.0132 | 0.1482 | 0.0332 | 0.9835 | 1 |
| 18 | 0.1510 | 2.5821 | 1.1088 | -0.0119 | 0.1507 | 0.0281 | 0.9860 | 1 |
| 19 | 0.1772 | 2.3822 | 1.1938 | 0.0061 | 0.1769 | 0.0265 | 0.9868 | 1 |
| 20 | 0.1702 | 2.4561 | 0.9000 | -0.0093 | 0.1697 | 0.0409 | 0.9796 | 1 |

图3 45°方向上的纹理特征值

Fig.3 Texture features in the direction of 45 degree

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---|
| 1 | 0.2087 | 2.1531 | 0.3551 | 0.0772 | 0.2085 | 0.0192 | 0.9904 | 0 |
| 2 | 0.2953 | 1.9317 | 0.2807 | 0.1155 | 0.2950 | 0.0174 | 0.9913 | 0 |
| 3 | 0.2245 | 2.2789 | 0.3406 | 0.0790 | 0.2242 | 0.0364 | 0.9818 | 0 |
| 4 | 0.2885 | 2.0250 | 0.3349 | 0.1146 | 0.2883 | 0.0253 | 0.9873 | 0 |
| 5 | 0.2618 | 2.2122 | 0.4412 | 0.0651 | 0.2615 | 0.0379 | 0.9811 | 0 |
| 6 | 0.2726 | 1.9005 | 0.2763 | 0.0997 | 0.2725 | 0.0187 | 0.9907 | 0 |
| 7 | 0.1680 | 2.2972 | 0.2535 | 0.1132 | 0.1678 | 0.0164 | 0.9918 | 0 |
| 8 | 0.1534 | 2.5014 | 0.3794 | 0.0731 | 0.1532 | 0.0174 | 0.9913 | 0 |
| 9 | 0.1160 | 2.7579 | 0.4748 | 0.0630 | 0.1157 | 0.0240 | 0.9880 | 0 |
| 10 | 0.1178 | 2.9069 | 0.4705 | 0.0548 | 0.1175 | 0.0294 | 0.9853 | 0 |
| 11 | 0.1673 | 2.3815 | 0.3662 | -0.0061 | 0.1671 | 0.0363 | 0.9818 | 1 |
| 12 | 0.1868 | 2.3175 | 0.3622 | 0.0244 | 0.1866 | 0.0395 | 0.9802 | 1 |
| 13 | 0.1670 | 2.3162 | 0.5502 | 0.0020 | 0.1668 | 0.0185 | 0.9907 | 1 |
| 14 | 0.1702 | 2.3877 | 0.2824 | -0.0049 | 0.1700 | 0.0434 | 0.9783 | 1 |
| 15 | 0.1639 | 2.4219 | 0.3656 | -0.0025 | 0.1637 | 0.0298 | 0.9851 | 1 |
| 16 | 0.1811 | 2.2506 | 0.3321 | 0.0061 | 0.1809 | 0.0388 | 0.9806 | 1 |
| 17 | 0.1551 | 2.5082 | 0.4732 | -0.0121 | 0.1547 | 0.0264 | 0.9868 | 1 |
| 18 | 0.1571 | 2.4260 | 0.3222 | -0.0110 | 0.1569 | 0.0256 | 0.9872 | 1 |
| 19 | 0.1838 | 2.2705 | 0.5006 | 0.0066 | 0.1836 | 0.0228 | 0.9880 | 1 |
| 20 | 0.1769 | 2.3372 | 0.3933 | -0.0094 | 0.1766 | 0.0348 | 0.9826 | 1 |

图4 90°方向上的纹理特征值

Fig.4 Texture features in the direction of 90 degree

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---|
| 1 | 0.1999 | 2.2690 | 1.0659 | 0.0729 | 0.1994 | 0.0256 | 0.9874 | 0 |
| 2 | 0.2849 | 2.0504 | 0.9172 | 0.1063 | 0.2844 | 0.0241 | 0.9883 | 0 |
| 3 | 0.2141 | 2.4188 | 1.1733 | 0.0736 | 0.2136 | 0.0488 | 0.9757 | 0 |
| 4 | 0.2789 | 2.1390 | 1.0047 | 0.1048 | 0.2784 | 0.0346 | 0.9828 | 0 |
| 5 | 0.2522 | 2.3435 | 0.9407 | 0.0626 | 0.2516 | 0.0490 | 0.9756 | 0 |
| 6 | 0.2630 | 2.0067 | 0.9655 | 0.0925 | 0.2627 | 0.0253 | 0.9876 | 0 |
| 7 | 0.1583 | 2.4357 | 0.8408 | 0.1029 | 0.1578 | 0.0224 | 0.9889 | 0 |
| 8 | 0.1446 | 2.6483 | 1.0672 | 0.0685 | 0.1440 | 0.0240 | 0.9882 | 0 |
| 9 | 0.1069 | 2.9290 | 1.4202 | 0.0588 | 0.1062 | 0.0314 | 0.9845 | 0 |
| 10 | 0.1108 | 3.0595 | 1.0674 | 0.0521 | 0.1102 | 0.0389 | 0.9808 | 0 |
| 11 | 0.1594 | 2.5358 | 0.9538 | -0.0056 | 0.1590 | 0.0561 | 0.9720 | 1 |
| 12 | 0.1784 | 2.4755 | 1.0031 | 0.0255 | 0.1781 | 0.0562 | 0.9719 | 1 |
| 13 | 0.1586 | 2.4555 | 1.3662 | 0.0019 | 0.1582 | 0.0256 | 0.9872 | 1 |
| 14 | 0.1616 | 2.5660 | 1.0369 | -0.0045 | 0.1612 | 0.0673 | 0.9664 | 1 |
| 15 | 0.1562 | 2.5867 | 1.1749 | -0.0027 | 0.1558 | 0.0450 | 0.9775 | 1 |
| 16 | 0.1729 | 2.3857 | 1.2483 | 0.0059 | 0.1726 | 0.0564 | 0.9718 | 1 |
| 17 | 0.1459 | 2.6958 | 1.4918 | -0.0123 | 0.1452 | 0.0409 | 0.9796 | 1 |
| 18 | 0.1484 | 2.6078 | 1.2329 | -0.0110 | 0.1481 | 0.0360 | 0.9820 | 1 |
| 19 | 0.1744 | 2.4202 | 1.4564 | 0.0065 | 0.1740 | 0.0333 | 0.9834 | 1 |
| 20 | 0.1677 | 2.4838 | 1.0446 | -0.0086 | 0.1671 | 0.0523 | 0.9740 | 1 |

图5 135°方向上的纹理特征值

Fig.5 Texture features in the direction of 135 degree

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 1 | 0.2057 | 0.0045 | 2.2077 | 0.0544 | 0.8252 | 0.3250 | 0.0751 | 0.0019 | 0.2054 | 0.0046 | 0.0217 | 0.0040 | 0.0892 | 0.0019 | 0 |
| 2 | 0.2909 | 0.0047 | 1.9903 | 0.0515 | 0.7778 | 0.3417 | 0.1108 | 0.0042 | 0.2906 | 0.0048 | 0.0209 | 0.0037 | 0.0898 | 0.0017 | 0 |
| 3 | 0.2158 | 0.0048 | 2.3534 | 0.0606 | 0.9351 | 0.4057 | 0.0763 | 0.0024 | 0.2195 | 0.0049 | 0.0424 | 0.0073 | 0.0789 | 0.0036 | 0 |
| 4 | 0.2855 | 0.0050 | 2.0659 | 0.0524 | 0.7707 | 0.3029 | 0.1103 | 0.0047 | 0.2852 | 0.0051 | 0.0299 | 0.0051 | 0.0852 | 0.0025 | 0 |
| 5 | 0.2568 | 0.0049 | 2.2887 | 0.0606 | 0.8821 | 0.3414 | 0.0637 | 0.0010 | 0.2564 | 0.0050 | 0.0431 | 0.0075 | 0.0785 | 0.0037 | 0 |
| 6 | 0.2588 | 0.0049 | 1.9484 | 0.0461 | 0.7209 | 0.3062 | 0.0963 | 0.0034 | 0.2596 | 0.0050 | 0.0216 | 0.0038 | 0.0894 | 0.0018 | 0 |
| 7 | 0.1647 | 0.0044 | 2.3650 | 0.0593 | 0.6948 | 0.3019 | 0.1087 | 0.0056 | 0.1644 | 0.0045 | 0.0192 | 0.0034 | 0.0906 | 0.0016 | 0 |
| 8 | 0.1506 | 0.0042 | 2.5634 | 0.0634 | 0.8100 | 0.3062 | 0.0711 | 0.0023 | 0.1503 | 0.0043 | 0.0201 | 0.0037 | 0.0900 | 0.0018 | 0 |
| 9 | 0.1120 | 0.0039 | 2.8441 | 0.0726 | 1.1012 | 0.4332 | 0.0610 | 0.0020 | 0.1116 | 0.0040 | 0.0201 | 0.0050 | 0.0861 | 0.0024 | 0 |
| 10 | 0.1148 | 0.0032 | 2.9865 | 0.0711 | 0.9142 | 0.3291 | 0.0536 | 0.0014 | 0.1143 | 0.0033 | 0.0337 | 0.0060 | 0.0833 | 0.0029 | 0 |
| 11 | 0.1621 | 0.0037 | 2.4866 | 0.0724 | 0.8110 | 0.3100 | -0.0054 | 0.0014 | 0.1618 | 0.0037 | 0.0480 | 0.0082 | 0.0760 | 0.0046 | 1 |
| 12 | 0.1815 | 0.0038 | 2.4194 | 0.0700 | 0.7942 | 0.3007 | 0.0255 | 0.0016 | 0.1812 | 0.0039 | 0.0488 | 0.0085 | 0.0756 | 0.0043 | 1 |
| 13 | 0.1621 | 0.0036 | 2.4002 | 0.0607 | 1.0992 | 0.3935 | 0.0021 | 6.4001e-04 | 0.1618 | 0.0037 | 0.0224 | 0.0038 | 0.0888 | 0.0019 | 1 |
| 14 | 0.1646 | 0.0040 | 2.5801 | 0.0821 | 0.7998 | 0.3494 | -0.0041 | 0.0019 | 0.1643 | 0.0041 | 0.0571 | 0.0110 | 0.0715 | 0.0055 | 1 |
| 15 | 0.1586 | 0.0038 | 2.5389 | 0.0792 | 0.9395 | 0.3913 | -0.0023 | 0.0012 | 0.1583 | 0.0038 | 0.0389 | 0.0074 | 0.0805 | 0.0037 | 1 |
| 16 | 0.1752 | 0.0042 | 2.3492 | 0.0668 | 0.9720 | 0.4319 | 0.0065 | 0.0017 | 0.1749 | 0.0043 | 0.0488 | 0.0087 | 0.0756 | 0.0044 | 1 |
| 17 | 0.1491 | 0.0042 | 2.6309 | 0.0840 | 1.1853 | 0.4859 | -0.0122 | 7.2574e-04 | 0.1485 | 0.0043 | 0.0353 | 0.0070 | 0.0824 | 0.0035 | 1 |
| 18 | 0.1513 | 0.0041 | 2.5575 | 0.0887 | 0.9792 | 0.4426 | -0.0108 | 0.0010 | 0.1509 | 0.0042 | 0.0315 | 0.0055 | 0.0842 | 0.0027 | 1 |
| 19 | 0.1776 | 0.0043 | 2.3701 | 0.0682 | 1.1384 | 0.4401 | 0.0067 | 7.1500e-04 | 0.1772 | 0.0044 | 0.0290 | 0.0053 | 0.0855 | 0.0026 | 1 |
| 20 | 0.1707 | 0.0043 | 2.4396 | 0.0694 | 0.8547 | 0. | | | | | | | | | |

4 结论

通过计算武夷岩茶鲜茶叶片图像灰度共生矩阵在 0° 、 45° 、 90° 、 135° 4个方向且距离 σ 为1的能量、熵、对比度、相关性、逆差距、非相似性和同质性共7个特征值以及特征值在4个方向上的均值和方差,分别使用KNN分类器、集成学习器、判别分析分类器3种分类算法对本文提取的武夷岩茶鲜茶叶片图像纹理特征进行分类识别。结果表明,对4个方向上的特征值的均值和方差的分类效果均比 0° 、 45° 、 90° 、 135° 等4个单一方向上特征值的分类效果好。使用判别分析分类器比使用KNN分类器和集成学习器的分类效果更好。使用判别分析分类器对4个方向上的纹理特征值的均值和方差的分类准确率达到90.00%。说明了采用基于纹理特征识别武夷岩茶鲜茶叶片图像是一个非常有效的方法。

仅初步探讨了武夷岩茶的黄观音、瑞香、丹桂和奇兰4个品种基于纹理特征的叶片分类方法。今后还将扩大武夷岩茶的品种范围,研究更多品种的基于纹理特征的叶片分类方法。同时,将进一步研究更有效的纹理特征提取方法以及叶片的其它特征提取方法,比如形状特征等,以提高武夷岩茶叶片分类的准确率。

参考文献:

[1] 王丽君,准永建,彭月橙.基于叶片图像多特征融合的观叶植

物种类识别[J].北京林业大学学报,2015,37(1):55-61.

[2] 张宁,刘文萍.基于图像分析的植物叶片识别技术综述[J].计算机应用研究,2011,28(11):4001-4007.

[3] 唐钦.基于纹理和颜色特征的植物叶片识别方法研究[D].杭州:浙江大学,2015:1-61.

[4] 张宁,刘文萍.基于克隆选择算法和K近邻的植物叶片识别方法[J].计算机应用,2013,33(7):2009-2013.

[5] 张蕾.基于叶片特征的计算机自动植物种类识别研究[D].长春:东北师范大学,2007.

[6] ARIVAZHAGAN S, SHEBIAH R N, ANANTHI S, et al. Detection of unhealthy region of plant leaves and classification of plant leaf diseases using texture features [J]. Agricultural Engineering International: the CIGR e-Journal, 2013, 15(1):211-217.

[7] 江才华.基于纹理分析的茶青在线分类[D].长沙:中南大学,2014.

[8] 高亚辉,罗金飞,骆巧琦,等.数学形态学在海洋浮游植物显微图像处理中的应用[J].厦门大学学报(自然科学版),2008,47(A2):242-245.

[9] 姜枫,顾庆,郝慧珍,等.基于内容的图像分割方法综述[J].软件学报,2017,28(1):160-183.

[10] HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I H. Textural features for image classification[J].IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1973,3(6):610-621.

[11] 周志华.机器学习[M].北京:清华大学出版社,2018.

(责任编辑:叶丽娜)

Research on Leaf Classification for Wuyi Rock Tea Based on Textural Features

LIN Lihui^{1,2}

(1.School of Mathematics and Computer Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. The Key Laboratory of Cognitive Computing and Intelligent Information Processing of Fujian Tertiary Institutions, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: This paper describes a classification method for Wuyi rock tea leaves based on textural features. The fresh tea leaf images of Wuyi rock tea are collected in their natural habitat. After preprocessing the images of fresh tea leaf, calculating the gray level co-occurrence matrix of tea leaf images in the four directions of 0° , 45° , 90° and 135° at a distance σ of 1, seven image features of gray level co-occurrence matrix, i.e. energy, entropy, contrast, correlation, inverse difference, non-similarity and homogeneity, are extracted and their mean and variance in four directions are calculated. In this study, the KNN classifier, ensemble learner and discriminant analysis classifier are used to classify and recognize the texture features of the fresh tea leaf images of Wuyi rock tea extracted in this paper. The experimental results show that the proposed method based on texture features is very effective to improve the recognition rate of fresh tea leaves to 90.00%.

Key words: leaf classification for Wuyi Rock Tea; textural features; gray level co-occurrence matrix; classifier

天宝岩自然保护区天然猴头杜鹃矮林林分结构与物种多样性调查

李霖^{1,2}, 林立³, 游秀华¹, 穆振北¹, 刘君成¹, 林美娇¹, 何东进¹

(1.福建农林大学, 福建 福州 350002; 2.福建永安林业局, 福建 永安 366000;
3.武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300)

摘要:为揭示天然猴头杜鹃矮林群落的组成、变化和发展,运用数量生态学研究方法对天宝岩国家级自然保护区不同海拔天然猴头杜鹃林结构特征、物种多样性等进行研究。结果表明,各海拔天然猴头杜鹃林林木均以小径级木为主,且小径级木>中小径级木>中径级木>大径级木。各海拔的天然猴头杜鹃林,其乔木的高度结构均集中分布在 5~10m,且占相应海拔所有乔木树种的比例均超过 50%。在高、低海拔猴头杜鹃林中,物种多样性为乔木层>草本层>灌木层;在中海拔猴头杜鹃林中,则表现为灌木层>乔木层>草本层。

关键词:天宝岩自然保护区;猴头杜鹃;天然林;数量特征;林分结构;物种多样性

中图分类号:Q948.15 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0018-06

猴头杜鹃矮林是我国亚热带山地苔藓矮曲林中分布最广,最为典型的植被类型,是亚热带东部常绿阔叶林亚区的最具代表性的地形顶级群落。其所包含的植物种类比较丰富,保存完好的亚热带山地苔藓矮曲林原生性植被为有关研究提供了非常理想的研究场所。天宝岩国家级自然保护区成立以来,有许多学者对其进行了研究^[1-3],而有关天宝岩保护区猴头杜鹃种群的研究鲜见报道。猴头杜鹃林分布在山脊陡坡上,对维护林地环境、涵养水源、保护生态平衡起着重要作用^[4]。目前对猴头杜鹃的研究较少,仅对其生长特性^[5]、群落学特点^[6]、分布格局^[7]、粗死木质残体^[8]以及纤维形态特征和化学成分等方面进行了研究。

为了认识猴头杜鹃矮林群落的组成、变化和发展,认识群落的结构和功能,选择福建省永安天宝岩

国家级自然保护区为研究区域,在前人研究的基础上,探讨现存猴头杜鹃矮林生态系统的独特性,为研究森林生态系统、东南沿海森林区域的湿地生物多样性、地质变化与全球气候变化提供参考。

1 研究区概况

天宝岩国家级自然保护区位于福建省永安市东部的西洋、上坪、青水 3 个乡(镇)交界处,地理坐标为 117°28'3"~117°35'28" E, 25°50'51"~26°1'20" N。保护区核心距离永安市 36 km,总面积达 11 015.38 hm²。该保护区于 1988 年 12 月经福建省人民政府正式批准为天宝岩省级自然保护区,2003 年 6 月经国务院批准晋升为国家级自然保护区。天宝岩国家级自然保护区为戴云山余脉,最高处海拔 1 604.6 m,最低处海拔 580 m,中、低山地貌,属中亚热带海洋性季风气候区,年平均气温 15 ℃,1 月均温 5 ℃,7 月均温 23 ℃,极端高温 40 ℃,极端低温-11 ℃,大于或等于 10 ℃的活动积温 4 500~5 800 ℃,无霜期 290 d,年平均降水量 2 039 mm,多集中于 5~9 月,年平均相对湿度 80%以上。该保护区四季分明,气候温暖湿润,光、热、水条件优越。

收稿日期:2019-01-08

基金项目:福建农林大学科技创新项目(KFA17068A, KF2015032)。

作者简介:李霖(1970-),男,汉族,工程师,主要从事森林可持续经营的研究。

通讯作者:何东进(1969-),教授,博士生导师,研究方向为统计学与生态学。

猴头杜鹃林,是亚热带山地苔藓矮曲林(云雾林)的典型植被之一。天宝岩国家级自然保护区在海拔 1 100~1 500 m 的近山顶处保存大面积的原始猴头杜鹃林,分布面积达 106.7 hm²,纯林 40 hm²。

2 研究方法

2.1.1 样地调查

在天宝岩国家级自然保护区天然猴头杜鹃林中,按照不同海拔以及群落类型选择有代表性的地段设

置 12 块 20 m×30 m 样地(表 1),采用 10 m×10 m 相邻格子法进行调查,记录各样地的群落类型、海拔、坡度、坡向等因子,并对样地内所有直径≥2.5 cm 的乔木进行每木调查,记上序号,标明树种,并逐株登记其胸径、树高、冠幅以及枝下高。另外,在每个乔木样方中各设置 1 个 5 m×5 m 和 1 m×1 m 的样方调查灌木和草本,记录种类、数量、高度以及盖度等指标。根据不同海拔天然猴头杜鹃林的调查数据及主要种群的重要值,进行林分结构特征与生物多样性研究。

表 1 样地设置

Tab.1 Sample plot

| 样地 | 植被类型 | 郁闭度/% | 海拔/m | 坡度/(°) | 坡向 | 坡位 | 样地面积/m ² |
|----|-----------|-------|-------|--------|-------|----|---------------------|
| 1 | 猴头杜鹃 | 85 | 1 518 | 31 | NE130 | 上坡 | 2 400 |
| 2 | 猴头杜鹃+长苞铁杉 | 85 | 1 324 | 5 | NW30 | 中坡 | 2 400 |
| 3 | 猴头杜鹃+长苞铁杉 | 98 | 1 218 | 20 | SE5 | 下坡 | 2 400 |

2.2.2 研究方法

物种多样性信息指数(Information index of species diversity, 简称为 H'):表示物种的丰富度和各物种组成的均匀性程度。一般而言,信息指数愈大,表示物种多样性愈大,生态环境质量愈好。其计算公式为^[9-18]:

$$\textcircled{1} \text{ 丰富度指数: } R_1 = (S-1) / \ln N,$$

$$\textcircled{2} \text{ Shannon-Wiener 多样性指数: } S_w = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i),$$

$$\textcircled{3} \text{ Simpson 多样性指数: } S_p = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2,$$

$$\textcircled{4} \text{ 均匀度指数: } E = S_w / \ln S,$$

$$\textcircled{5} \text{ McIntosh 多样性指数: } D_m = \left[N - \left(\sum_{i=1}^S N_i^2 \right) \right] / (N - N^{1/2}),$$

式中 $i=1, 2, \dots, S$; S 为物种总数; P_i 为第 i 个物种的个体数占总物种数的比例, 即 $P_i = N_i / N$, N_i 为第 i 个物种的数量, N 为所有物种的个数之和。

3 结果与分析

3.1 不同海拔天然猴头杜鹃群落结构特征

在调查的不同海拔天然猴头杜鹃林中,乔木层的郁闭度均较大,在 80% 以上。草本是植物群落空间中

的低层植物,其物种无论高度、大小、盖度等指标都相对较小,其生长发育容易受到人为活动的直接影响。调查的天然猴头杜鹃林中,发现长苞铁杉天然整枝良好及其少量幼苗的存在,长苞铁杉为阳性树种,林下存在更新的幼苗,这与长苞铁杉幼树比中龄树耐荫蔽的生物学特性有关;但出现较多猴头杜鹃、甜槠、深山含笑以及杜鹃科其他植物的幼苗,这与其耐阴性或中性偏耐阴的特性有关。

3.1.1 直径结构

直径结构是指各类乔木植物的株数及其在不同胸径乔木植物中所占的比例。所调查的猴头杜鹃林为中老年林,故本研究以 15 cm 为一径级统计各径级内的株数以确定径级结构。具体划分方法:以 15 cm 为径阶将不同海拔的天然猴头杜鹃林乔木植物划分为 0~15 cm、15~30 cm、30~45 cm 和 45 cm 以上(上限排除法)4 级,并将其分别称为小径级木、中小径级木、中径级木和大径级木(表 2)。

从总体看,天宝岩自然保护区猴头杜鹃林乔木直径分布集中在 0~15 cm,其数量和比例分别为 1 111 和 71.22%;从表 2 看出,乔木在各径级分布的数量及比例随着径级的增大呈现减少趋势。不同海拔猴头杜

鹃林所测乔木的直径分布主要集中在 0~15 cm，直径为 0~15 cm 的林木数量占了总的 50%以上；其中高、中、低海拔猴头杜鹃林中直径分布于 0~15 cm 的乔木层林木分别占相应海拔总株数的 74.66%、57.23%和 75.40%。由此可见，各海拔猴头杜鹃林主要是由小径级木组成，且高、低海拔猴头杜鹃林中分布在 0~15cm 乔木所占的比例接近 1:1。从表 2 可见，各海拔猴头杜鹃林中，大、中径级木所占比例均呈现递减趋势，即随着径级的增大，林木的数量逐渐减少。不同海拔乔木层林木均以 0~15cm 的株数最多，这与其生物学特性有关。

表 2 不同海拔各类型乔木植物的直径分布

Tab.2 Diameter distribution of different types of arbor plants at different elevations

| 海拔 | 直径分布范围/cm | | | | 合计 |
|----|-----------|-------|-------|-------|-----|
| | 0~15 | 15~30 | 30~45 | 45 以上 | |
| 高 | 501 | 159 | 10 | 1 | 671 |
| | 74.66 | 23.70 | 1.49 | 0.15 | 100 |
| 中 | 190 | 64 | 45 | 33 | 332 |
| | 57.23 | 19.28 | 13.55 | 9.94 | 100 |
| 低 | 420 | 104 | 29 | 4 | 557 |
| | 75.40 | 18.67 | 5.21 | 0.72 | 100 |

从表 2 还可以发现，在同一海拔猴头杜鹃林中，各径级林木数量及其比例不尽相同。在高、中、低海拔天然猴头杜鹃林中，分布在 0~15cm 的林木数量均为最多，均远远多于其余径级的林木，且其数量在各径级的分配情况均为：小径级木>中小径级木>中径级木>大径级木，即随着径级的增大，林木数量呈减少趋势；其中高、低海拔猴头杜鹃林乔木层林木主要由小径级木和中小径级木组成，并且分别占据了相应海拔总数的 98.36%和 94.07%；而中海拔猴头杜鹃林林木主要由小径级木、中小径级木和中径级木组成，占该海拔总数的 90.06%。由此可见，各海拔天然猴头杜鹃林林木均以小径级木为主，且小径级木>中小径级木>中径级木>大径级木。从图 1 可以清楚地看出，各海拔猴头杜鹃林中，直径分布在 0~15 cm 的林木数量比其他径级的多，且高海拔中直径分布在 0~15 cm 的林木数量远多于中、低海拔处的，而大、中径级木的数量及其比例在中海拔猴头杜鹃林中分布相对较多。

3.1.2 树高结构

在野外的实地调查中，根据每木检尺测得乔木层

所有胸径≥2.5 cm 植株的树高。具体划分方法：以 5 m 为径阶将不同海拔的乔木划分为 1~5 m、5~10 m、10~15 m、15~20 m 等，并以次类推(上限排除法)，具体见表 3。从表 3 可以看出，天宝岩保护区天然猴头杜鹃林乔木树种的高度最主要分布在 5~10 m，占了乔木总数的 60.26%，约是分布在 10~15 m 乔木数量的 3 倍；高度分布在 10~15 m 的乔木树种次之，为 320 株，占了 20.51%；分布在 1~5 m 乔木数量为 240，占了 15.38%，仅次于 10~15 m 乔木数量。由此可见，天宝岩保护区天然猴头杜鹃林乔木树种的高度集中分布在 1~15 m，其所占比例达 96.25%。此外，由表 3 不难看出，随着海拔的变化，各高度级所占数量和比例都不尽相同。高海拔猴头杜鹃林中，分布在 5~10 m 的乔木数量为 432，在中、低海拔则分别为 176 和 332，其在高、中、低海拔猴头杜鹃林中所占比例分别是相应海拔 64.38%、53.01%和 59.61%。由此可见，高度分布在 5~10 m 的乔木数量在高海拔猴头杜鹃林中最多。高度分布在 1~5 m 的乔木数量表现为高海拔>低海拔>中海拔，而其在相应海拔所占比例则呈低海拔>高海拔>中海拔；中海拔猴头杜鹃林中，分布在 10~15 m 的乔木数量最少为 86，而其比例最大达 25.90%，在高、低海拔中，其数量分别为 128 和 106，且比例接近 1:1；中海拔猴头杜鹃林中，分布在 15~20 m 的乔木数量及其在该海拔所占的比例均最大，为 34 和 10.24%，低海拔次之，仅为 3.77%；而高度分布在 20~30 m 的乔木仅出现在高海拔猴头杜鹃林中，且其占该海拔不到 0.5%。

在同一海拔，猴头杜鹃林乔木的高度结构及其比例亦不相同。高海拔猴头杜鹃林，分布在 5~10 m 的乔木最多，数量为 432，占了该海拔总的 64.38%；其次是 10~15 m，其数量是 5~10 m 乔木的近 1/3；再其次是分布在 1~5 m 的乔木，其数量和比例分别为 106 和 15.60%，而高度分布在 15 m 以上的乔木仅仅为 5 株，比例亦不到 8%，即不到 5~10 m 乔木的 1/8，该趋势与天宝岩自然保护区猴头杜鹃林乔木树种总的高度结构相似；在中海拔，猴头杜鹃林乔木树种其高度结构分布在 20 m 以下，且集中分布在 5~10 m，从表 3 可以看出，该海拔分布在 5~10 m 的乔木亦最多，其数量为 176，占了该海拔总乔木的 53.01%，10~15m 的乔木

表 3 天宝岩自然保护区不同海拔猴头杜鹃群落的结构对比

Tab.3 Structural comparison of *Rhododendron simiarum* communities at different altitudes in Tianbaoyan Nature Reserve

| 海拔 | 高度分布范围/m | | | | | | 合计 |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 1~5 | 5~10 | 10~15 | 15~20 | 20~25 | 25~30 | |
| 高 | 106 | 432 | 128 | 2 | 2 | 1 | 671 |
| | 15.60 | 64.38 | 19.08 | 0.30 | 0.30 | 0.15 | 100 |
| 中 | 36 | 176 | 86 | 34 | 0 | 0 | 332 |
| | 10.84 | 53.01 | 25.90 | 10.24 | 0 | 0 | 100 |
| 低 | 98 | 332 | 106 | 21 | 0 | 0 | 557 |
| | 17.59 | 59.61 | 19.03 | 3.77 | 0 | 0 | 100 |

次之, 约是 5~10 m 乔木的 1/2, 而分布在 1~5 和 15~20 的乔木数量及其比例接近 1:1; 在低海拔, 所调查的乔木全部分布在 1~20 m 范围, 其中, 1~5 m 和 10~15 m 的乔木数量接近 1:1, 且二者占了该海拔的 36.62%, 远小于 5~10 m 乔木的 59.61%; 而高度分布在 15~20 m 的乔木数量仅为 3.77%, 即高度分布在 5~10 m 的乔木数量及其比例亦最大。可见, 各海拔的天然猴头杜鹃林, 其乔木高度结构均集中分布在 5~10 m, 且占相应海拔所有乔木树种的比例均超过 50%。

3.2 不同海拔天然猴头杜鹃林物种多样性研究

物种多样性是一个群落结构和功能复杂性的量度, 对物种多样性的研究可以更好地认识群落的组成、变化和发展。本文运用物种多样性指数对天宝岩自然保护区不同海拔天然猴头杜鹃林不同层次进行了物种多样性分析研究。

3.2.1 乔木层物种多样性

调查的猴头杜鹃林群落其郁闭度均较大。不同海拔天然猴头杜鹃林乔木层的植被种类呈现出高海拔<中海拔≤低海拔的趋势, 即随着海拔的上升, 植物的种类减少; 而其数量则为高海拔>低海拔>中海拔(表 4), 这与低海拔受到的人为干扰较强有关。调查的天然猴头杜鹃林所处的海拔均在 1 000 m 以上, 人迹较为罕至, 即受到的人为干扰较小。从表 4 可以看出, 对于物种种类相同的中、低海拔猴头杜鹃林, 中海拔处 R_1 、 S_p 、 S_w 、 D_m 和 E 等物种多样性指标均>低海拔的; 除了均匀度指标 E 以外, 其余的多样性指标均呈中海拔>高海拔; 而 S_w 、 R_1 和 S 呈低海拔>高海拔, 其余则

为高海拔>低海拔。

表 4 不同海拔天然猴头杜鹃林乔木层物种多样性

Tab.4 Species diversity of arbor layer of natural *Rhododendron simiarum* at different altitudes

| 海拔 | 物种多样性指标 | | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | S | R_1 | S_p | S_w | E | D_m |
| 高 | 25 | 3.687 3 | 0.675 9 | 1.714 7 | 0.532 7 | 0.442 7 |
| 中 | 26 | 4.306 5 | 0.773 9 | 2.055 5 | 0.354 1 | 0.554 9 |
| 低 | 26 | 4.115 8 | 0.643 6 | 1.761 0 | 0.278 8 | 0.420 9 |

3.2.2 灌木层物种多样性

灌木是植物群落空间中的中间层植物种。整个天宝岩保护区内, 灌木层盖度较小。不同海拔天然猴头杜鹃林灌木层的植被种类呈现出高海拔<中海拔<低海拔的趋势, 即随着海拔的上升, 植物的种类减少, 这与乔木层植被数量随海拔的变化趋势相一致。然而, 灌木数量随着海拔变化则呈低海拔<高海拔<中海拔(表 5)。低海拔处灌木植物受人为干扰影响较大, 而高、中海拔猴头杜鹃林人迹罕至, 其灌木层植物所受的人为机械损伤、砍伐、践踏等干扰现象亦较小。由表 5 可以看出, R_1 随着海拔的上升而减少, 该趋势与物种种类 S 随海拔的变化趋势相一致; S_p 和 E 均呈高海拔>低海拔>中海拔; 而 S_w 和 D_m 则呈低海拔>高海拔>中海拔。

综合表 4、表 5 可以看出, 同一海拔猴头杜鹃林中, 灌木层的物种多样性基本都大于相应海拔乔木层的, 即物种多样性呈现灌木层>乔木层。

表 5 不同海拔天然猴头杜鹃林灌木层物种多样性

Tab.5 Species diversity of shrub layer of natural Rhododendron simiarum at different altitudes

| 海拔 | 物种多样性指标 | | | | | |
|----|---------|----------------|----------------|----------------|---------|----------------|
| | S | R ₁ | S _p | S _w | E | D _m |
| 高 | 21 | 3.611 8 | 0.952 4 | 2.525 0 | 0.829 4 | 0.726 3 |
| 中 | 32 | 5.654 2 | 0.862 6 | 2.416 5 | 0.697 3 | 0.668 8 |
| 低 | 33 | 6.543 1 | 0.907 9 | 2.831 2 | 0.809 7 | 0.757 3 |

3.2.3 草本层物种多样性

草本植物群落空间中的低层植物,其植物种无论高度、大小、盖度等指标都相对较小,其生长发育容易受到人为活动的直接影响,即草本层物种多样性与人为干扰强度有关。植物由于受人为了机械损伤、砍伐、践踏等干扰,导致植被覆盖减少,林下植被的幼苗较少。天宝岩自然保护区不同海拔天然猴头杜鹃林草本层物种多样性呈现低海拔(28)>高海拔(23)>中海拔(20),这可能与低海拔处草本层受到的人为干扰较大有关。从总体来看,天宝岩猴头杜鹃林物种多样性呈灌木层(58)>草本层(47)>乔木层(42)。从表 3 至表 5 可以看出,在同一海拔猴头杜鹃林中,各层次物种多样性存在差异。在高海拔,物种多样性为乔木层>草本层>灌木层;在中海拔猴头杜鹃林中,物种多样性表现为灌木层>乔木层>草本层;在低海拔则为乔木层>草本层>灌木层,与高海拔物种多样性特征相一致。

4 结论与讨论

通过对天宝岩自然保护区不同海拔天然猴头杜鹃林结构特征、物种多样性等进行了研究,结果表明:(1)各海拔天然猴头杜鹃林林木均以小径级木为主,且小径级木>中小径级木>中径级木>大径级木。各海拔猴头杜鹃林中,直径分布在 0~15 cm 的林木数量均比其他径级的多,且高海拔中直径分布在 0~15 cm 的林木数量远多于中、低海拔处的,而大、中径级木的数量及其比例在中海拔猴头杜鹃林中分布相对较多;(2)各海拔的天然猴头杜鹃林,其乔木的高度结构均集中分布在 5~10 m,且占相应海拔所有乔木树种的比例均超过 50%;(3)在高、低海拔猴头杜鹃林中,物种多样性

为乔木层>草本层>灌木层;在中海拔猴头杜鹃林中,则表现为灌木层>乔木层>草本层;此外,随着海拔上升,植被的种类呈减少趋势,即高海拔<中海拔≤低海拔。

本研究较为全面地分析了天宝岩自然保护区不同海拔天然猴头杜鹃林的群落结构特征和物种多样性。天宝岩自然保护区的猴头杜鹃林多为幼龄林,猴头杜鹃种群的群落结构特征在幼树阶段是受物种自身的生物学和生态学特性决定的,随着种群个体的不断生长,种群的分布格局越来越多地受到种内、种间竞争的影响。植物种群的径级结构可反映种群的空间分布,可作为种群龄级估计的重要参数^[19]。一些研究认为,不同的种群并不是均呈现稳定的种群结构,且植物种群在不同发育阶段个体的种群结构存在明显的差异^[20]。另一些研究认为,植物种群年龄结构及动态变化与其自身生物学特性及环境因素密切相关^[11]。然而本研究在猴头杜鹃的年龄结构方面考虑还不够深入,且未进行多阶段的连续性调查观察。此外,本研究仅对天宝岩自然保护区不同海拔天然猴头杜鹃林结构特征、物种多样性进行研究,为了更加全面、系统的掌握天然猴头杜鹃林的演替与生态过程,还应对其物种多度分布格局、种间联结以及种群空间分布格局等方面进行深入的研究。

参考文献:

- [1] 林植. 福建天宝岩自然保护区植物资源的现状与保护对策[J]. 亚热带农业研究, 2007, 3(1): 77-80.
- [2] 林勇明, 吴承祯, 洪伟, 等. 珍稀濒危植物长苞铁杉群落的植物生活型及叶特征分析[J]. 植物资源与环境学报, 2004, 13(4): 35-38.
- [3] 周梦遥, 游巍斌, 林美娇, 等. 基于 LANDIS 模型的福建天宝岩森林景观演替动态模拟[J]. 北京林业大学学报, 2018, 40(8): 12-22.
- [4] 金则新, 周荣满, 叶立新. 猴头杜鹃种群结构和分布格局研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(22): 5860-5862+5953.
- [5] 郑凌峰. 天然猴头杜鹃生长特性研究[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(3): 425-427.
- [6] 杨旭, 于明坚, 丁炳扬, 等. 凤阳山白豆杉种群结构及群落特性的研究[J]. 应用生态报, 2005, 16(7): 1189-1194.
- [7] 何小娟, 何东进, 洪伟, 等. 天宝岩天然猴头杜鹃种群空间分

- 布格局研究[J].云南农业大学学报,2009,24(5):734-738.
- [8] 何东进,何小娟,洪伟,等.天宝岩猴头杜鹃林粗死木质残体数量特征[J].福建林学院学报,2008,28(4):293-298.
- [9] 王海龙. 华北土石山区防护林体系稳定林分结构定向调控基础研究[D].北京:北京林业大学,2007.
- [10] 马克平.生物多样性前沿的若干科学问题[J].生物多样性,2017,25(4):343-344.
- [11] 金慧,赵莹,刘丽杰,等.长白山区濒危植物朝鲜崖柏种群数量特征及动态[J].应用生态学报,2019,30(5):1563-1570.
- [12] 马成武,刑立晴,贾双竹,等.生态疏伐对华北落叶松林分结构和生物多样性的影响 [J]. 河北林果研究,2016,31(3):235-238.
- [13] 马克平,黄建辉,于顺利,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J].生态学报,1994,15(3):268-277.
- [14] 谢晋阳. 物种多样性指数与物种多度分布//植物学综论 [M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1993:222-233.
- [15] BOGAERT J,CEULEMANS R, IMPENS L,et al. Towards a quantification of ecological theory: the importance of multivariate analysis and of an accurate diversity measurement[J]. Acta Biotheoretica,2002,50(1):57-61.
- [16] 雷相东,唐守正.林分结构多样性指标研究综述[J].林业科学,2002,38(3):140-146.
- [17] 郝凌颖. 紫金山不同坡位林分结构与生物多样性研究[D].南京:南京林业大学,2012.
- [18] 陈花丹,何东进,游巍斌,等.天宝岩不同类型泥炭沼泽物种多样性与地上生物量关系[J].北华大学学报(自然科学版),2014,15(4):535-539.
- [19] 张亚芳,李登武,王梅,等.黄土高原不同地区杜松种群结构与动态[J].林业科学,2015,51(2):1-10.
- [20] 袁春明,孟广涛,方向京,等.珍稀濒危植物长蕊木兰种群的年龄结构与空间分布[J].生态学报,2012,32(12):3866-3872.

(责任编辑:叶丽娜)

Investigation on the Structure Characteristics Species Diversity of Rhododendron Simiarum Forests at Different Elevations in Tianbaoyan Nature Reserve

LI Lin^{1,2}, LIN Li³, YOU Xiuhua¹, MU Zhenbei¹, LIU Junchen¹, LIN Meijiao¹, HE Dongjin¹
(1.Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002; 2.Forestry Bureau of Yong'an City of Fujian Province, Yong'an, Fujian 366000; 3.Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: The structure characteristics, species diversity, species spatial distribution and abundance distribution pattern, niche and inter-species association etc. of the Rhododendron simiarum forests at different elevations in Tianbaoyan nature reserve were studied in this paper. The results showed that: 1) Rhododendron simiarum populations in the arbor layer at different elevations were mainly composed of small-diametered trees, that is, they mainly distributed at the range of 0 to 15 cm, and the number of small-diametered trees > medium-to-small > middle > big, besides, the number of small-diametered trees in Rhododendron simiarum forests at all elevations were more than that of any other diameter ranks, and the number of trees at the range of 0 to 15 cm at high elevations was much more than that at middle and low elevations, as for big- or middle-diametered trees and their proportion, the populations in Rhododendron simiarum forests at low elevations would dominate; 2) The height of trees in Rhododendron simiarum forests at different elevations all distributed at the range of 5 to 10 cm, and the proportion was more than 50% as well; 3) The species diversity displayed the trend as arbor layer > herb layer > shrub layer in Rhododendron simiarum forests at high and low elevations; as for at middle elevations, it was shrub layer > herb layer > arbor layer; in addition, the variety of the vegetation decreased with the increase of the elevation, namely, high elevations < middle elevations ≤ low elevations.

Key words: Tianbaoyan Nature Reserve; rhododendron simiarum; natural forest; quantitative characteristics; stand structure; species diversity

桉树人工林单木材种出材率表的研制

严 洪

(福建省林业调查规划院, 福建 福州 350003)

摘 要:将在福建省桉树种植区采集的 553 株样木中 2/3 样木作为建模样本, 1/3 样木作为检验样本。以最佳削度方程为基础, 结合去皮胸径预估模型、树高级指数模型、去皮材积比模型编制桉树单木材种出材率表。检验样本的适用性检验表明, 基于削度方程编制的桉树人工林材种出材率表精度满足要求, 可为林业生产应用提供参考依据。

关键词:桉树; 削度方程; 材种; 出材率表; 免疫进化算法

中图分类号:S792.39 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0024-05

蓄积量(记作 M)是森林生产力的重要指标, 而出材量是森林商业用材价值的衡量标准^[1], 其中出材率是蓄积量转化为出材量计量单位, 因此, 在森林经营管理过程中, 确定森林出材率显得十分重要^[2]。实践表明, 编制出材率表, 确定森林收获量, 可以很好地发挥森林资源资产调查成果的作用, 在森林资源档案管理的科学性、时效性和连续性等方面都具有十分重要的意义。20 世纪 50 至 60 年代间, 采用手绘曲线技术编制材种出材率表, 但存在数表内容过于繁琐的问题, 同时常出现生产上造材需要的材种与规定材种不一致问题, 造成这种方式编制的出材率未在林业生产实践上普遍应用。而通过利用材积比和削度方程^[3]编制出材率表的技术在生产上得到认可, 且随着现代计算能力的发展, 利用树干削度方程编制出材率表的思路是目前及今后一段时间内研究发展的趋势。因此, 本文拟以桉树为对象, 采用削度方程编制桉树单木材种出材率表。

桉树(*Eucalyptus robusta*)是桃金娘科桉属树种的统称, 被誉为世界四大速生树种之一。随着天然林、重

点区位人工商品林限制采伐政策相继出台, 作为速生纤维、实木加工短周期工业原料林, 桉树人工林建设在水热条件较好的福建南部地区发展迅速。由于桉树种植历史不长, 目前缺乏适用于南部地区的桉树出材率表, 相关研究也较少^[4-6]。本研究利用现有削度方程研究成果, 对常见的削度方程进行拟合对比, 寻求适合于福建省境内桉树人工林的最佳削度方程, 以此为基础编制桉树单木材种出材率表, 为林业生产应用提供便利。

1 基础数据

为保证数表编制成果的适用性, 在样本组织方面尽可能扩大样本变量的覆盖范围, 以科学反映各变量间相关规律的真实性、完整性和稳定性, 提高预估精度, 以扩大模型应用时的外推范围, 减少外推偏差^[5,7]。本研究样木数据覆盖福建省桉树主要种植区, 涉及的行政区主要有漳州全市、泉州全市及永安、闽清、连江、罗源、闽侯等县(市), 在桉树正常生长人工林中, 区分不同立地条件、种植密度和年龄, 按随机抽样方式采集 553 株样木, 确保每个径阶和树高级均有相应的样木。

确定样木后, 按材种划分标准和造材原则进行现

收稿日期: 2019-10-25

作者简介: 严洪(1979-), 男, 汉族, 高级工程师、高级经济师, 主要从事森林资源监测、林业规划设计、森林培育和林业经济管理等的研究。

场造材,并利用区分求积式计算各材种材积⁶⁾。将所有样木按胸径和树高从小到大的顺序排序并按 1、2、3 编号分成 3 组,其中编号 1、3 组样木共计 369 株用于建模,编号 2 组样木计 184 株用于检验。样木的基本信息见表 1。

表 1 桉树人工林样木基本信息

Tab.1 Basic information of eucalyptus robusta sample wood

| 样本类别 | 特征值 | 带皮胸径/cm | 去皮胸径/cm | 树高/m | 带皮材积/m ³ | 去皮材积/m ³ |
|------|-----|---------|---------|------|---------------------|---------------------|
| 建模样本 | 最小值 | 5.0 | 4.40 | 6.1 | 0.009 4 | 0.007 7 |
| | 最大值 | 32.8 | 30.00 | 31.8 | 1.023 8 | 0.938 5 |
| | 平均值 | 16.0 | 14.50 | 18.4 | 0.222 5 | 0.191 0 |
| 检验样本 | 最小值 | 5.3 | 4.80 | 6.3 | 0.008 2 | 0.006 6 |
| | 最大值 | 31.1 | 28.30 | 30.6 | 0.819 6 | 0.704 5 |
| | 平均值 | 16.0 | 14.50 | 18.4 | 0.224 0 | 0.192 9 |

2 研究方法

2.1 编表原理

由于削度方程是描述林木树干任意高度处直径的变化规律模型,即不仅能描述林木树干形状变化规律,而且能够估计任意段的材积(V),因此本次通过建立削度方程来编制桉树单木材种出材率表,其通式为:

$$d=f(h,D,H), \quad (1)$$

式中: H 为林木树高; D 为林木胸高去皮直径; h 为林木任意离地高度; d 为林木树干任意高度 h 处的去皮直径。

通过该方式编制桉树单木材种出材率表过程中,还需要建立桉树胸径预估模型、树高曲线模型、去皮材积比模型。

2.2 削度方程

为了提高桉树材种出材率预估精度,本次选择国内外常见、较有代表性的 7 个削度方程作为备选模型,见式(2)~式(8),并利用常见的模型拟合精度评价指标评估模型拟合效果,包括剩余标准差、相对误差平均值(系统误差)、相对误差绝对值的平均值(平均误差)、相关指数等 4 个指标,确定最佳的桉树人工林的削度方程:

$$\frac{d^2}{D^2}=a_0+a_1\left(\frac{H-h}{H-1.3}\right), \quad (2)$$

$$\frac{d^2}{D^2}=a_0+a_1\left(\frac{h}{H}\right)+a_2\left(\frac{h}{H}\right)^2, \quad (3)$$

$$\frac{d^2}{D^2}=a_0\left(\frac{H-h}{H}\right)^{a_1}, \quad (4)$$

$$\frac{d}{D}=\left(\frac{H-h}{H-1.3}\right)^{a_0}, \quad (5)$$

$$d=a_0D^{a_1}\left[\frac{(H-h)}{H}\right]^{a_2}, \quad (6)$$

$$\frac{d^2}{D^2}=a_0\left(\frac{H-h}{H-1.3}\right)^{a_1}, \quad (7)$$

$$\frac{d}{D}=\left(\frac{H-h}{H-1.3}\right)^{a_0+a_1Z^{i4}+a_2Z^{i2}+a_3D/H}, \quad (8)$$

式中: $a_i(i=0,1,2,3,4,5)$ 为参数, $Z=h/H$ 。

2.3 参数求解

削度方程为非线性方程,难以用常规的回归分析法估计参数,本次研究采用免疫进化算法解决这一问题。该算法受生物免疫机制的启发而形成的一种智能算法,估算桉树削度方程的大致步骤为:①确定模型优化问题的表达模式;②生成初始群体,计算适应度,并确定最优个体;③根据免疫进化算法子代个体的生成式(9)、式(10)进行进化操作,并生成子代群体;④根据生成的子代群体,确定最优个体,若个体不佳,则重复操作③,直至生成最优个体,并作为寻优结果。

$$X^{t+1}=X_{best}^t+S^tN(0,1), \quad (9)$$

$$S^{t+1}=S^t \exp(-At/T), A \in [1,10], \quad (10)$$

式中: X^{t+1} 为生成的子代可行解; X_{best}^t 为最优父代; S^t 为父代标准差; S^{t+1} 为子代标准差; $N(0,1)$ 为随机数。

2.4 去皮胸径预估模型

在森林调查中,每木检尺为带皮直径,而材种材积为去皮材积。对于削度方程中的去皮胸径,由带皮胸径按下式估计:

$$d=a+bD, \quad (11)$$

式中: d 为去皮胸径; D 为带皮胸径; a, b 为待定参数,根据样本资料,用最小二乘法估计。

2.5 去皮材积比模型

去皮材积比是树干去皮材积占带皮材积的比值,利用削度方程求各材种去皮材积占树干去皮总材积百分比后,乘以去皮材积比将其转换为占树干带皮材积百分比,即材种出材率。去皮材积比模型如下:

$$K_v = a \exp[-b/(D^2 H)^c], \quad (12)$$

式中： K_v 为去皮材积比； D 为带皮胸径； H 为树高； a 、 b 为待定参数，采用最小二乘法估计。

2.6 树高级指数模型

根据林分胸径与树高的关系，把相同林分平均胸径对应的不同林分平均高分为若干等级称作树高级，基准胸径时对应的树高称作树高级指数。为便于生产应用，分别树高级指数编制材种出材率表。选择科夫方程建立树高曲线模型，方程式如下：

$$H = a \exp(-b/D^c), \quad (13)$$

基准胸径为 D_0 时，树高级指数模型为：

$$H = H_0 \exp(-b/D^c) / \exp(-b/D_0^c). \quad (14)$$

3 结果分析

3.1 削度方程

利用建模样本资料，采用免疫进化算法求解备选削度方程参数，并计算剩余标准差、系统误差、平均误差和相关指数，结果如下表所示。

相关指数是反映削度方程拟合效果的常用指标，

表 2 削度方程求解结果

Tab.2 Solution results of taper equation

| 方程 | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | 标准差 | 系统误差(%) | 平均误差(%) | 相关指数 |
|------|---------|----------|---------|---------|------|---------|---------|-------|
| 式(2) | 0.012 4 | 1.277 3 | | | 1.77 | 4.08 | 13.94 | 0.906 |
| 式(3) | 1.324 4 | -2.253 8 | 0.948 5 | | 1.17 | 2.78 | 8.81 | 0.978 |
| 式(4) | 1.487 1 | 1.834 9 | | | 1.54 | 3.28 | 10.23 | 0.949 |
| 式(5) | 0.883 0 | | | | 1.62 | 3.75 | 15.43 | 0.910 |
| 式(6) | 5.606 5 | 0.558 7 | 0.935 3 | | 1.23 | 2.66 | 8.53 | 0.974 |
| 式(7) | 1.246 4 | 1.836 5 | | | 1.53 | 2.38 | 10.15 | 0.943 |
| 式(8) | 3.998 7 | -8.459 8 | 4.480 3 | 0.768 3 | 0.86 | 1.75 | 7.30 | 0.983 |

要求越接近于 1 越理想。因此，在编制材种出材率表时，应尽量挑选出相关指数大的削度方程。上述削度方程的相关指数均在 0.900 以上，但各方程之间的差异还是比较明显的，以式(3)、式(6)、式(8)效果理想，相关指数明显大于其他方程，最大者为式(8)，相关指数达 0.983。

剩余标准差是反映削度方程拟合效果的另一个常用统计指标，要求剩余标准差越小越好。在建立削度方程时，应尽量挑选出剩余标准差小的模型。7 个备选削度方程中，剩余标准差最小的是式(8)，其次是式(3)和式(6)，与其他削度方程相比，这 3 个方程从剩余标准差来看是比较理想的。

系统误差存在正负误差互相抵消的情况，反映了每个样本单元直径实测值与其相应削度方程理论值的相对误差的整体平均水平，是从整体上考察削度方程是否存在系统性偏大或偏小的问题，以越接近于 0 越好，一般要求在正负 3% 的范围内为宜。满足这一要求的削度方程有式(3)、式(6)、式(7)、式(8)，尤以式(8)最

好，系统误差小于 2%。

平均误差在计算每个样本单元相对误差时，对其取了绝对值，不存在正负误差互相抵消的情形，反映了树干各部位直径实测值与其相应削度方程理论值相对误差的单个样本平均水平，以控制在 10% 范围内为宜。满足这要求的有式(3)、式(6)、式(8)，以式(8)最小，其次是式(6)和式(3)。

相关指数、剩余标准差、系统误差、平均误差分别从不同角度反映了在胸径、树高和离地面高度三个测树因子的控制下，备选削度方程的拟合效果和预估精度。综上分析，式(8)是最佳削度方程，将其应用于编制桉树材种出材率表，具体表达式如下：

$$\frac{d}{D} = \left(\frac{H-h}{H-1.3} \right)^{3.9987-8.4598Z^{1.0}+4.4803Z^{1.2}+0.7683D/H}, \quad (15)$$

式中： d 为树干上 h 高度处的去皮直径， h 为离地面高度， D 为胸高去皮直径， H 为树高， $Z=h/H$ 。

3.2 去皮胸径预估模型

利用建模样本资料，以带皮胸径为辅助变量，去

皮胸径为预估变量,采用最小二乘法建立去皮胸径预估模型:

$$d = -0.2143 + 0.9233D, R = 0.995。 \quad (16)$$

3.3 去皮材积比模型

利用建模样本资料,采用中央断面区分求积式计算每株样木的去皮材积和带皮材积,并计算去皮材积比,用免疫进化算法求解模型参数,结果如下:

$$K_v = 0.893 \exp[-24.4485 / (D^2 H)^{0.937}], R = 0.965。 \quad (17)$$

3.4 树高级指数模型

利用建模样本资料,选择科夫方程作为树高曲线

模型,采用免疫进化算法求解模型参数,取基准胸径为 $D_0 = 20$ cm 建立树高级指数模型:

$$H = H_0 \exp(-6.658/D^{0.7522}) / \exp(-6.658/20^{0.7522}), \quad (18)$$

也可简化成下式:

$$H = 2.0125 H_0 \exp(-6.658/D^{0.7522})。 \quad (19)$$

3.5 出材率表的编制

材种划分延续以往林业木材生产的材种规格并参考国家材种划分标准确定,即在福建省原有材种规格的基础上,对规格材区分为大原木、中原木、小原木三种,经济材具体标准见表 3。

表 3 经济材材种划分标准

Tab. 3 Division standard of economic timber species

| 材种规格 | 规格材 | | | | 非规格材 | |
|------------|-------|-----------|-----------|----------|---------|----------|
| | 大原木 | 中原木 | 小原木 | 小径材 | 短小材 | |
| | | | | | 短材 | 小材 |
| 小头去皮直径(cm) | ≥25.0 | 19.0~25.0 | 13.0~19.0 | 5.0~13.0 | >13.0 | 3.0~13.0 |
| 长度(m) | ≥2.0 | ≥2.0 | ≥2.0 | ≥2.0 | 0.4~1.8 | 1.0~4.8 |

以削度方程为基础,结合其他相关测树因子模型编制材种出材率表的步骤如下: 给定树高级指数,将径阶中值(带皮胸径)代入式(16)计算去皮胸径,分别用式(17)、式(18)计算去皮材积比、径阶树高;用式(15)分别计算各材种小头去皮直径、材长、出材量和树干去皮总材积。将材种出材量占树干去皮总材积的百分

比,乘以去皮材积比,得相应出材率。将出材率计算结果按表 4(树高级指数为 18 m)格式整理,即完成材种出材率表的编制。

3.6 出材率表的检验

用 184 株检验样本对出材率表进行适用性检验,计算系统误差和平均误差,结果见表 5。

表 4 桉树人工林单木材种出材率表

Tab. 4 Eucalyptus robusta single timber species outturn table

| 胸径/cm | 树高/m | 规格材/% | | | | 非规格材/% | | | 合计/% |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | 大原木 | 中原木 | 小原木 | 小计 | 小径材 | 短小材 | 小计 | |
| 6 | 6.4 | | | | | | 36.08 | 36.08 | 36.08 |
| 8 | 9.0 | | | | | 41.55 | 12.49 | 54.04 | 54.04 |
| 10 | 11.2 | | | | | 53.43 | 10.40 | 63.83 | 63.83 |
| 12 | 13.0 | | | | | 62.32 | 7.31 | 69.63 | 69.63 |
| 14 | 14.5 | | | | | 68.95 | 4.41 | 73.36 | 73.36 |
| 16 | 15.8 | | | 23.54 | 23.54 | 50.14 | 2.15 | 52.29 | 75.83 |
| 18 | 17.0 | | | 38.81 | 38.81 | 35.30 | 3.60 | 38.89 | 77.70 |
| 20 | 18.0 | | | 51.39 | 51.39 | 26.13 | 1.55 | 27.69 | 79.07 |
| 22 | 18.9 | | | 61.28 | 61.28 | 16.62 | 2.21 | 18.83 | 80.11 |
| 24 | 19.7 | | 22.51 | 38.68 | 61.20 | 18.98 | 0.75 | 19.74 | 80.94 |
| 26 | 20.4 | | 38.27 | 30.72 | 68.98 | 11.57 | 1.02 | 12.59 | 81.57 |
| 28 | 21.0 | | 38.46 | 30.71 | 69.16 | 11.70 | 1.24 | 12.94 | 82.10 |
| 30 | 21.6 | 22.70 | 28.76 | 17.79 | 69.26 | 12.97 | 0.33 | 13.30 | 82.55 |

表 5 出材率表适用性检验结果

Tab.5 Applicability test results of outturn table

| 误差类型 | 经济材 | 规格材 | 非规格材 | 大原木 | 中原木 | 小原木 | 小径材 | 短小材 |
|------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 系统误差 | -0.15 | -0.14 | 1.23 | 2.52 | 2.63 | 1.92 | 1.21 | -1.35 |
| 平均误差 | 4.34 | 4.58 | 4.66 | 6.25 | 6.25 | 6.24 | 6.41 | 5.01 |

适用性检验结果表明:基于削度方程编制的桉树人工林材种出材率表精度满足要求,可为林业生产应用提供参考依据。

4 结论和讨论

多削度方程拟合对比表明:式(8)是最佳方程,能客观反映桉树人工林树干形状的变化规律,具有精度高、误差小等优点,可用于估测立木材积、出材量(或出材率)。基于此编制的桉树人工林单木材种出材率表适用,可为森林资源调查和经济评价等方面提供参考依据。

利用削度方程预估直径,理论上应满足以下 2 个基本条件:(1)当树干离地面高度 $h=1.3$ m 时,由削度方程估算的直径与实际胸径相符;(2)当树干离地面高度等于树高即 $h=H$ 时,上部直径 $d=0$ 。在备选的 7 个削度方程中,能同时满足这 2 个基本条件的只有式(5)和式(8)。但式(5)只有 1 个参数 a_0 ,是以树干各部位的形状相同为前提条件的,没有考虑到树干各部位的形状是随着相对高(h/H)的变化而变化的。仅有式(8)为相对高的函数。以上 2 方面都从理论上进一步证明了式(8)是最佳方程。

以削度方程为基础编制材种出材率表,可以适应材种规格变化的需要,比采用实际造材样木编制材种出材率表经济、高效。但运用削度方程编制出材率表,

没有考虑树干病腐、弯曲、枝节等质量因素及造材损失对材种出材率的影响,估测结果是无材质缺陷的健康木出材率。因此,应用中须根据生产经验,明确修正参数,提高林分材种出材量的测算精度。

式(8)属于干形参数可变的削度方程,在估计任意部位直径时显示出明显的优越性。但该方程无法推导出编制出材率表时所必须的材长方程和材积比方程,实际应用时都要进行迭代计算和数值积分(区分求积)确定各种规格的材长、出材量和总材积,计算比较烦琐。希望在今后改进研究中能得以解决。

参考文献:

- [1] 李林. 桉树人工林经济成熟的研究和运用[J]. 华东森林经理, 2007, 21(3): 19-23.
- [2] 周湘红, 贾嘉, 陈振雄. 海南省桉树生长率模型研建[J]. 中南林业调查规划, 2017, 36(3): 42-45.
- [3] 孟宪宇. 削度方程和出材率表的研究 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 1982(1):122-133.
- [4] 李婷婷, 郑小贤. 一元材积表与一元出材率表的相关性分析:以福建省永安市尾叶桉为例[J]. 林业资源管理, 2010 (2): 69-72.
- [5] 李晓景, 江传阳, 江希钿, 等. 闽北天然阔叶林林分材种结构分析及出材率模型[J]. 福建林学院学报, 2013, 33(2): 137-141.
- [6] 梁景生. 隆缘桉立木材种出材率表[J]. 桉树科技, 1979(3): 9-14.
- [7] 谢哲根, 唐正良, 翁卫松, 等. 材种出材率预估模型研究[J]. 浙江农林大学学报, 1996(4): 392-396.

(责任编辑:叶丽娜)

Development of Eucalyptus Robusta Single Timber Species Outturn Table

YAN Hong

(Fujian Forestry Investigation and Planning Institute, Fuzhou, Fujian 350003)

Abstract:Two thirds of the 553 samples collected from Eucalyptus planting area in Fujian Province were used as modeling samples and one third as testing samples. Based on the best cutting degree equation, combined with the prediction model of DBH, the advanced index model and the volume ratio model of peeled eucalyptus, the yield table of Eucalyptus single wood species was compiled. The applicability of the test sample shows that the accuracy of Eucalyptus plantation timber yield table based on the taper equation meets the requirements, which can provide reference for forestry production and application.

Key words:eucalyptus robusta; taper equation; timber species; outturn table; immune evolutionary algorithm

阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维的 制备及其药物缓释性能试验

杨为森^{1,2}, 吴敬林¹, 王庆铭¹

(1.武夷学院 生态与资源工程学院, 福建 武夷山 354300; 2.闽北竹产业公共技术创新服务平台, 福建 武夷山 354300)

摘要:以二氯甲烷/二甲基甲酰胺(2/1)为溶剂,阿司匹林为药物模型,采用静电纺丝技术制备了载药量阿司匹林/聚乳酸(PLA)/聚乙烯吡咯烷酮(PVP)复合纳米纤维,并考察其释药性能。通过傅里叶红外(FTIR)和扫描电镜(SEM)探究阿司匹林含量对复合纳米纤维结构与形貌的影响。利用紫外-可见分光光度计测定并研究了阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维的药物释放性能。研究表明,药物与 PLA/PVP 以物理共混的形式结合,随着阿司匹林含量的增加,阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维的直径逐渐减小,药物释放速率逐渐增加。PLA/PVP 纤维对阿司匹林具有明显的缓释作用,载药量不同的阿司匹林/PLA/PVP 纤维在 30 h 内累积释药率均在 70%以上。PLA/PVP 作为载药材料具有良好的药物缓释效果。

关键词:阿司匹林;聚乳酸;聚乙烯吡咯烷酮;复合纳米纤维;药物缓释

中图分类号:Q71 **文献表示码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0029-05

近年来,高分子药物控制缓释在医学、生物、农业和环保领域得到了广泛应用。将高分子材料作为药物的载体,使药物和载体一起进入生物体内,药物在一定时间内以一定的速度缓慢释放,延长药物在体内的作用时间,从而起到提高药效并降低副作用的效果^[1]。聚乳酸(PLA)是一种生物相容性良好、可生物降解且安全无毒的高分子材料,作为组织工程材料被广泛应用于修复材料、伤口敷料、伤口闭合(应用缝合线、外科用品)以及控制释放体系等医学生物领域^[2]。然而,PLA 的高疏水性导致细胞黏附困难使得它的实际应用受限^[1,3]。聚乙烯吡咯烷酮(PVP)是一种水溶性聚合

物,具有优异吸湿性、溶解性、成膜性,良好的生物相容性和生物降解性,常用作成膜剂、药物包衣、缓释剂以及血浆增稠剂等^[4-5]。研究发现,将 PLA 与 PVP 共混,有助于改善 PLA 的疏水性^[2,6-8],提高 PLA 对细胞的黏附性。高压静电纺丝是一种简单有效的制备连续纳米纤维的技术,电纺纳米纤维具有高比表面积和孔隙率的优点,是一种优良的药物载体^[9-10],如电纺聚乳酸纳米纤维及其复合物在药物缓释领域具有广阔的应用前景^[11-12]。

以二氯甲烷/二甲基甲酰胺为溶剂,将 PLA、PVP 和阿司匹林混合,采用静电纺丝技术制备了阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维膜,研究了复合纳米纤维膜的药物释放性能,拓宽了单一的 PLA、PVP 与阿司匹林在医学生物等方面的应用,为制备具有药物缓释功能的复合纳米材料提供了一种理论参考。

1 实验部分

1.1 主要试剂以及仪器

聚乙烯吡咯烷酮(PVP, 相对分子质量 130 万)、聚

收稿日期:2019-06-07

基金项目:国家自然科学基金(51406141);福建省中青年
教师教育科研项目(JAT170592, JT180551);福建
省大学生创新创业训练(201910397056, 201910
397021);福建省生态产业绿色技术重点实验
室开放基金(WYKF2017-11, WYKF2019-11)。

作者简介:杨为森(1983-),男,汉族,副教授,博士,主要从
事金属催化和复合材料的研究。

乳酸(PLA, 相对分子质量 25 万), 阿拉丁试剂有限公司; 二氯甲烷(DCM, AR)、二甲基甲酰胺(DMF, AR)、氢氧化钠(AR)、磷酸二氢钾(AR)、乙酰水杨酸(AR), 国药集团化学试剂有限公司; 去离子水, 实验自制。

集热式恒温加热磁力搅拌器(DF-101S 型), 巩义市予华仪器有限责任公司; 注射泵(LSP04-1A 型), 保定兰格恒流泵有限公司; 高压电源(DW-P503-4AC-CD), 天津东文高压电源有限公司; 紫外可见分光光度计(UV-1100 型), 上海美谱达仪器有限公司; 实验室 pH 计(PHSJ-3), 雷磁仪器厂; 傅里叶变换红外光谱仪(AVATAR 330 型), 美国 Nicolet 公司; 扫描电子显微镜(Vega 3), 捷克 TESCAN 有限公司。

1.2 载药 PLA/PVP 复合纳米纤维膜的制备

将一定量的 PLA 和 PVP 分别加入到二氯甲烷(DCM)/二甲基甲酰胺(DMF) (体积比为 2:1) 的混合溶剂中, 在 30 °C 下搅拌 8 h, 制得质量比为 1:1 的 PLA/PVP 混合溶液。称取一定量的阿司匹林加入到上述 PLA/PVP 混合溶液中, 室温搅拌 6 h, 使之完全混合, 制得阿司匹林的占总溶质的质量分数分别为 9%、11%、13% 的载药 PLA/PVP 的纺丝液。将上述纺丝液装入体积为 5 mL 的注射器中, 置于 120 kV/m 的电场下进行纺丝, 将载药复合纳米纤维无规地收集在锡箔纸上, 形成纳米纤维膜, 取下, 60 °C 真空干燥 12 h, 除去溶剂, 置于干燥器中备用。

1.3 药物体外释放实验

1.3.1 磷酸盐缓冲溶液(PBS)的配制

取适量的氢氧化钠 (NaOH) 和磷酸二氢钾 (KH_2PO_4), 用去离子水溶解, 分别配制成浓度分别为 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液和 0.2 mol/L 的 KH_2PO_4 溶液, 将两者混合至 pH 值为 7.4 的 PBS 缓冲溶液。

1.3.2 标准溶液曲线的绘制

分别配制质量浓度为 10、15、20、25、30 和 35 mg/L 的阿司匹林标准溶液, 利用紫外-可见分光光度计在阿司匹林的最大吸收波长 275 nm 处分别测定各标准溶液的吸光度。以阿司匹林标准溶液的浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标绘制标准工作曲线(如图 1)。

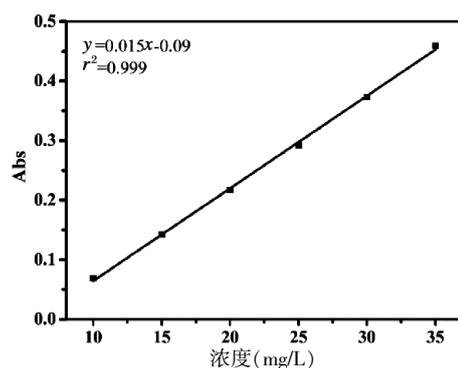


图 1 阿司匹林的标准工作曲线

Fig. 1 Standard operating curve of aspirin

1.3.3 载药复合纳米纤维膜的体外释放实验

取 0.2 g 干燥的载药的 PLA/PVP 复合纳米纤维膜, 将其置于装有 20 mL PBS 缓冲溶液的锥形瓶中, 密封, 于 37 °C 恒温振荡箱中振荡, 每隔一段时间取出 1 mL 溶液, 并再加入相同体积的 PBS 缓冲溶液, 保持体积恒定。用紫外-可见分光光度计测定吸光度, 由阿司匹林的工作曲线计算药物浓度和释药量, 然后计算累计的释放百分率。

1.4 样品表征方法

用傅里叶变换红外光谱仪对阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维膜的组分进行分析。采用扫描电镜观察 PLA/PVP 和阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维材料的形貌并测量其直径。

2 结果与讨论

2.1 阿司匹林含量对载药 PLA/PVP 复合纳米纤维结构的影响

图 2 是阿司匹林和阿司匹林质量分数分别为 0%、9%、11%、13% 的阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维膜的红外光谱图。阿司匹林是乙酰水杨酸的俗称, 其分子结构上具有 3 种特征官能团, 即苯环、羧基、酯基。其中羧基既是强的受电子体又是强的供电子体, 致使阿司匹林分子间存在极强的氢键作用, 使得其无论在固态还是液态基本都是以环状二缔合体形式存在, 1 695~1 725 cm^{-1} 之间的吸收峰和 920 cm^{-1} 附近的中等强度的吸收峰是二缔合体羧酸中羰基和—OH 面外弯曲振的特征吸收峰, 单体无此谱带。图 2(a) 中阿司匹林的红外光谱图中具有二缔合体的特征

谱带,可见阿司匹林是以二缔合体的形式存在而并非单体形式。由图 2(b)可知,在 PLA/PVP 的红外光谱中,3 400~3 500 cm^{-1} 为中—OH 伸缩振动,2 994 和 2 945 cm^{-1} 归属于—CH 的不对称与对称伸缩振动。1 755、1 182 cm^{-1} 分别为 PLA 中—C=O 伸缩、C—O 非对称伸缩振动,而 1 652、1 290 cm^{-1} 归属于 PVP 中—C=O 和 C—N 的伸缩振动。不同载药量的 PLA/PVP 复合纳米纤维膜的红外谱图上均出现了 PLA 和 PVP 的特征吸收峰[图 2(c~e)],药物与 PLA/PVP 以物理共混的形式结合。然而,随着阿司匹林含量的增加,1 752 cm^{-1} 附近酯基上的羰基特征吸收峰强度逐渐增强,1 652 cm^{-1} 处酰胺键上—C=O 特征吸收峰强度逐渐减弱,可能是阿司匹林、PLA 和 PVP 三者之间产生了氢键所致。

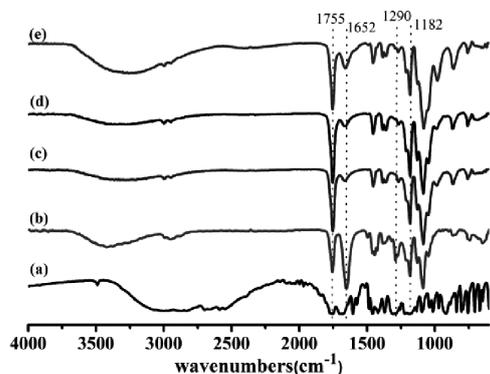


图 2 阿司匹林和不同阿司匹林含量的阿司匹林/PLA/PVP 复合材料的红外光谱图

Fig. 2 FT-IR Spectra of aspirin and aspirin / PLA / PVP composites with different aspirin contents

注:(a)阿司匹林,(b)0%,(c)9%,(d)11%,(e)13%

2.2 阿司匹林含量对阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维形貌的影响

图 3 为 PLA/PVP 和载药量不同的 PLA/PVP 复合纳米纤维的 SEM 图。由图可知,PLA/PVP 复合纳米纤维表面光滑,平均直径为(735 ± 55)nm。不同载药量的 PLA/PVP 复合纳米纤维表面仍光滑且连续,无明显块状或结晶状物质析出,说明阿司匹林均匀分散在复合纳米纤维中。载药量为 9%、11%、13%的复合纳米纤维的平均直径分别为(613 ± 90)、(578 ± 90)和(500 ± 100)nm。可见,载药 PLA/PVP 复合纳米纤维的直径随着阿司匹林的增加而逐渐减小,且均小于 PLA/PVP 复合纳米纤维。原因可能是阿司匹林的加入,提高了纺丝原液的导电率^[13],原液射流载有更多的电荷,在电场

中受到的牵伸力更大,导致纤维直径变细。阿司匹林量加入过多时,射流中电荷太多且分布不均匀易导致分支,使纳米纤维的直径变得不均匀,分布范围更宽。

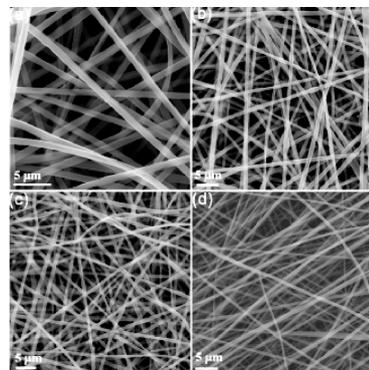


图 3 阿司匹林含量不同的 PLA/PVP 复合纳米纤维的 SEM 图

Fig. 3 SEM images of PLA / PVP composite nanofibers with different content of aspirin

注:(a)0%,(b)9%,(c)11%,(d)13%

2.3 阿司匹林缓释对阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维形貌的影响

通过 SEM 观察阿司匹林释放不同时期复合纳米纤维形貌的变化情况,如图 4 所示,纤维的直径列于表 1 中。由图 4 和表 1 可知,药物释放 1 h 时纤维因吸水发生溶胀,直径变大。随着药物释放的时间延长,复合纳米纤维直径逐渐减小且变得粗细不均,纤维表面开始出现块状物质并且出现粘连现象。药物释放 14 h 时纤维直径明显变细,同一根纤维粗细严重不均匀,并在纤维表面逐渐产生孔洞,这可能是阿司匹林溶出和 PVP 在 PBS 溶液中有少量溶解所导致的。

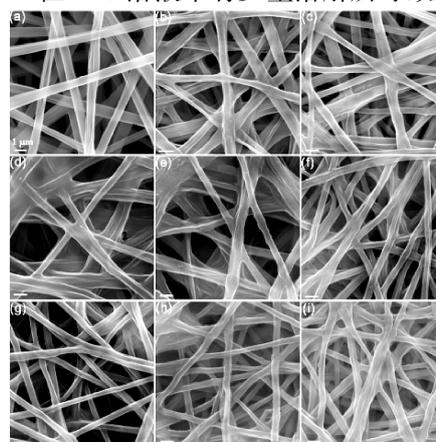


图 4 阿司匹林不同释放时刻时复合纳米纤维的 SEM 图

Fig. 4 SEM images of aspirin nanofibers at different release time

注:(a)0 h,(b)1 h,(c)2 h,(d)4 h,(e)6 h,(f)10 h,(g)14 h,(h)22 h,(i)30 h

表 1 不同释放时间复合纳米纤维的直径

Tab. 1 Diameter of composite nanofibers with different release times

| 时间/h | 平均直径/nm | 时间/h | 平均直径/nm |
|------|---------|------|---------|
| 0 | 613±90 | 10 | 426±49 |
| 1 | 628±145 | 14 | 377±52 |
| 2 | 563±109 | 22 | 360±88 |
| 4 | 502±97 | 30 | 322±66 |
| 6 | 462±97 | | |

2.4 体外释放性能的研究

图 5 是阿司匹林质量分数分别为 9%、11% 和 13% 的阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维累计释药百分率曲线。由图可知,药物的释放速率随着阿司匹林质量分数的增加而增加,药物的累计释放百分率也逐渐增加,这是因为载药 PLA/PVP 复合纳米纤维的直径随着阿司匹林含量的增加而减小,比表面积逐渐增大,纤维表面的载药量也逐渐增大,载药复合纳米纤维与 PBS 缓冲溶液的接触面积越大,且药物扩散浓度越大,在相同的时间内药物就更加容易分散到释放介质中,因而释药速率依次增加^[14]。三种载药纤维膜在释放 14 h 后,阿司匹林的累计百分率在 50%~60% 之间,前期的药物释放速率相对较快,14 h 之后释放速率较慢,基本达到了恒速释放。这是由于纤维表层的阿司匹林释放完全之后,剩余的阿司匹林只能从复合纳米纤维内部向表面扩散再释放,从而导致后期释放速率减小^[15]。30 h 内载药复合纳米纤维的累计释药量均在 70% 以上。

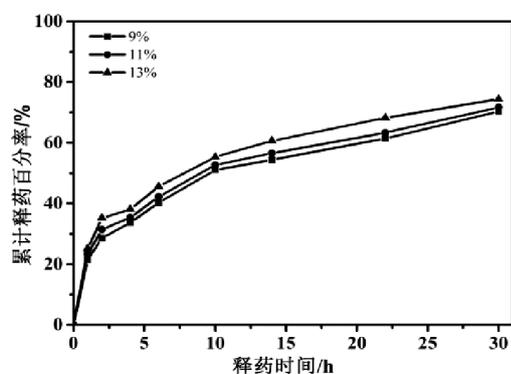


图 5 载药量不同的阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维的释放曲线

Fig. 5 Release curves of aspirin / PLA / PVP composite nanofibers with different drug loading

3 讨论与结论

采用纳米技术有助于以物理方式改善药物的物理存在状态或减少药物颗粒的直径,形成孔隙率高和韧性好复合纳米材料^[19]。以高亲水性的聚乙烯醇、CS/PVA、胶原蛋白等^[20-23]复合纳米纤维为载药体系,需经过化学交联或光交联以避免因溶液对药物载体的溶蚀而产生药物突释现象,工艺相对复杂,且化学交联剂可能在生物医学领域带来副作用。疏水性 PLA 是一种良好的药物载体,目前改善 PLA 亲水性的方法主要有化学改性^[24-25]和物理共混^[26]的两种方法。其中,物理共混的具有操作简单的优点而被广泛使用。PVP 是一种水溶性的药用聚合物辅料,通常单独以 PVP 作为药物载体,可以改善药物的溶解性能且药物具有速溶的特点^[9]。将 PVP 与 PLA 以物理共混的方式制备的复合纳米纤维为药物载体,不仅可以改善疏水材料 PLA 的亲水性,还可以实现对药物的缓释^[26]。

采用静电纺丝技术制备的阿司匹林含量为 9%、11% 和 13% 的阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米材料对阿司匹林的释放时间都超过了 30 h,且药物释放速率随着复合材料中含药量增加而提高。这种电纺纳米纤维载药体系可以控制药物缓慢释放。

参考文献:

- [1] 蒋岩岩,秦静雯,钱伟伟,等. 载药聚乳酸/丝素纳米纤维的制备及缓释性能[J]. 纺织学报, 2012, 33(11):15-19
- [2] 李玉洁,姚军燕,陈明河,等. 聚乳酸静电纺丝纳米纤维及其药物缓释体系[J]. 高分子材料科学与工程, 2014,30(6): 147-151.
- [3] 徐飞,王大伟,陈双峰,等. 电纺 PLLA/PVP 纳米纤维膜材料用于血管组织工程的前期研究[J]. 东南大学学报(医学版), 2011, 30(3):391-401.
- [4] 查艳凤. CS/PVP 混合静电纺丝及其药物缓释性能的研究[D]. 芜湖:安徽工程大学, 2015.
- [5] 马婷芳,史铁钧. 聚乙烯吡咯烷酮的性能、合成及应用[J]. 应用化工, 2002, 31(3):16-19.
- [6] BONAN R F, BONAN P R F, BATISTA A U D, et al. Poly (lactic acid)/poly (vinyl pyrrolidone) membranes produced by solution blow spinning: Structure, thermal, spectroscopic, and

- microbial barrier properties[J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2017, 134(19): 44802–44810.
- [7] PARK S C, YUAN Y, CHOI K, et al. Doxorubicin release controlled by induced phase separation and use of a Co-Solvent[J]. *Materials*, 2018, 11(5):681–688.
- [8] TAWIL E A, MONNIER A, NGUYEN Q T, et al. Microarchitecture of poly (lactic acid) membranes with an interconnected network of macropores and micropores influences cell behavior [J]. *European Polymer Journal*, 2018, 11 (5): 681–695.
- [9] MASLAKCI N N, ULUSOY S, UYGUN E, et al. Ibuprofen and acetylsalicylic acid loaded electrospun PVP –dextran nanofiber mats for biomedical applications[J]. *Polymer Bulletin*, 2016, 74(8):1–17.
- [10] TSEKOVA P B, SPASOVA M G, MANOLOVA N E, et al. Electrospun curcumin –loaded cellulose acetate/polyvinylpyrrolidone fibrous materials with complex architecture and antibacterial activity[J]. *Materials Science & Engineering C*, 2017, 73:206–214.
- [11] MAO Z, LI J, HUANG W, et al. Preparation of poly(lactic acid)/graphene oxide nanofiber membranes with different structures by electrospinning for drug delivery [J]. *Rsc Advances*, 2018, 8(30):16619–16625.
- [12] HAN C, CAI N, CHAN V, et al. Enhanced drug delivery, mechanical properties and antimicrobial activities in poly (lactic acid) nanofiber with mesoporous Fe₃O₄ –COOH nanoparticles [J]. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2018, 559:104–114.
- [13] 魏安方, 汪学骞, 王娟,等. 基于不同溶液体系载药纳米纤维膜的制备[J]. *纺织学报*, 2009, 30(10):19–22.
- [14] XU J, ZHANG J, GAO W, et al. Preparation of chitosan/PLA blend micro/nanofibers by electrospinning[J]. *Materials Letters*, 2009, 63(8):658–660.
- [15] 崔国艳, 颜娜, 韩冰,等. 聚乳酸/聚乙醇酸新型纳米支架载药体系研制[J]. *纺织学报*, 2014, 35(12):6–10.
- [16] 李沉纹, 管海燕, 李卓恒,等. 静电纺丝技术制备载药聚乙醇酸–海藻酸钠纳米纤维[J]. *中国药学杂志*, 2013,8(12):980–985.
- [17] 宋来瑞, 聚乙烯醇/壳聚糖复合纳米纤维载药体系制备及释药性能[D]. 福州:福州大学, 2016.
- [18] 董鹏飞, 光交联胶原蛋白载药纳米纤维的可控性释放研究[D]. 天津:天津工业大学, 2019.
- [19] 程国清. 静电纺载药胶原蛋白纳米纤维膜的制备及性能研究[D]. 天津:天津工业大学, 2017.
- [20] 魏兴, 静电纺聚乳酸及其复合材料的研究及应用[D]. 太原:中北大学, 2012.
- [21] 陈文娜, 杨建, 王身国,等. 聚丙烯酸/聚乙二醇多共聚物的合成及其性能[J]. *高分子学报*, 2002, (5):695–698.
- [22] 刘淑琼, 吴芳芳, 刘瑞来. 聚乳酸/聚乙烯吡咯烷酮纳米纤维复合支架的制备及性能[J]. *高分子材料与工程*, 2016, 31(6):172–176.

(责任编辑:叶丽娜)

Experiment on Preparation of Aspirin/PLA/PVP Composite Nanofibers and Its Sustained Release Evaluation

YANG Weisen^{1,2}, WU Jinglin¹, WANG Qingming¹

(1.School of Ecology and Resources Engineering, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300;

2. Science and Technology Innovation Public Service Center of Minbei Bamboo Industry, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: Drug-loaded composite nanofibers as a drug carrier have attracted much attention due to the sustained release of drugs during the administration process. PLA/PVP composite nanofibers with different drug loadings were prepared by electrospinning with dichloromethane/dimethylformamide(2/1) as solvent and aspirin as drug model, and investigated the drug release in vitro. The effects of aspirin content on the structure and morphology of composite nanofibers were investigated by FTIR and SEM. The drug release properties of aspirin/PLA/PVP composite nanofibers were studied by using an ultraviolet-visible spectrophotometer. The results showed that the drug was combined with PLA/PVP in physical blending. As the content of aspirin increased, the diameter of aspirin/PLA/PVP composite nanofibers decreased, and the drug release rate increased. PLA/PVP fiber has a significant sustained release effect on aspirin, and the cumulative release rate of aspirin/PLA/PVP fibers with different drug loadings in 30 h is above 70%. PLA/PVP composite nanofibers indicated effective sustained release.

Key words: aspirin; PLA; PVP; composite nanofiber; drug sustained release

价值理性回归导向下武夷山五夫镇 乡村旅游发展

薛盈洲

(武夷学院 旅游学院, 福建 武夷山 354300)

摘要:针对五夫镇乡村旅游发展中因工具理性带来的“功利化”现象,“短视化”效应,对15位相关人士进行访谈并进行问卷调查,提出价值理性回归,注重人本性、强调特色化,主张和谐性,是促进五夫镇乡村旅游可持续,实现五夫镇乡村振兴的重要举措。

关键词:五夫镇;工具理性;价值理性;乡村旅游;可持续发展

中图分类号:C93 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0034-05

乡村振兴是国家新时代的重要发展战略。乡村旅游是乡村振兴的重要手段,这些年在发展乡村旅游道路上,在工具理性作用下,很多地方对乡村文化的传承和保护出现偏差,因此坚持价值理性回归,注重人本性、强调特色化,力保和谐性,是促进乡村旅游可持续、实现乡村振兴的重要举措。

1 理论基础与研究方法

采用问卷调查法、访谈法和观察法相结合形式进行研究,结合五夫镇实际情况,通过对工具理性和价值理性的总结比对,提出强化价值理性思维,弱化工具理性效用,倡导价值理性回归,两者相辅相成,共同促进五夫镇乡村旅游可持续发展。

1.1 研究基础与理论

1.1.1 工具理性

工具理性是科学技术和理性自身演化的结果。百年以来,科技发展背后隐现的危机在新世纪却越来越明显,生态危机与生存危机并现^[1]。德国的社会学家马

克思·韦伯提出工具理性和价值理性的论断,这是“合理性”论断两个方面。^[2]随着价值理性的弱化,工具理性成为理性的代名词。工具理性把一切都理解为工具,其效用性,导致人们对其形成了过度的依赖性,并将其无限制的应用于社会发展的各个方面。同时,人类的贪功性及工具理性的欠缺性,造成工具理性异化情况不断出现。在旅游产业发展方面,工具理性的副作用主要表现为过度依靠现代技术手段,过度的商业化操作,导致文化再现过程中出现了扭曲和变形,在满足旅游者感官需要的同时失去了文化的本色,这种对文化的创造性的抹杀,导致文化从属于资本的逻辑,沦为金钱的奴隶^[3]。工具理性物质性需要优先、功利性思维明显、标准化逻辑显著的特征,带来的直接后果是旅游产品的同质性、旅游文化的泛滥性、人性异化和人类精神家园的空虚。

1.1.2 价值理性

主体是人类在发展过程中逐渐积累产生的一种对外界和本身负责任的价值认知和价值总结。价值理性的显著特点主要表现为:(1)人本性,价值理性注重人,强调人的主体性,对人类世界的终极关怀是其出发点。价值理性要建构的是一个人文和谐、山水交融,天人合一的世界,而不是“水泥砖块、钢铁塑料”塑造的寂静世界。(2)批判发展性。价值理性既肯定人类生活的发展和改善,同时又“火眼金睛”,不断发现现实

收稿日期:2019-08-10

基金项目:福建省教育厅项目(JAS160565)。

作者简介:薛盈洲(1976-),男,汉族,讲师,主要从事旅游文化和乡村旅游研究。

中的不足,批判纠正工具理性所带来的弊端,成为人类发展过程中的警钟。(3)目的性。价值理性的目的性,在于它肯定现在又超越现在,强调的是可持续性,主张满足当下的合理需求,兼顾人的长远需要。(4)构建性。价值理性不是全盘否定过去和现在,而是渴望通过追溯、批判和变革,实现超越,构建一个“舒身畅神”的美好世界。

总之,工具理性和价值理性的关注点不同,引发的可持续发展的结果机制不同(图 1)工具理性注重的是工具、科技、强调的是资本逻辑和效用,追求的是经济效益,这种把一切当作工具的思维和做法,导致人类社会在发展过程中同质化、仿制性现象严重,商业化、“金钱性”现象普遍。忽视了人本性的工具理性进而导致人际关系淡漠、人心失衡,人性异化和人类精神家园的空虚。价值理性的人本性、批判性、合理目的性和构建性特征恰巧可以纠正工具理性的弊端,将这一观点应用到乡村旅游上,是说在发展乡村旅游的过程中,我们在肯定工具理性促进乡村旅游“面向”发展的同时,更要突破工具理性的“牢笼”和“禁锢”,凸显价值理性,端正出发点,纯正发展动机,坚决防止过度功利化、商业化,甚至伪俗化旅游景观或发展模式的出现,从而创建一个地域特色鲜明、文化引力十足、人际关系协调,山水和谐交融,天人合一美好世界,这才是真正意义上的可持续发展。

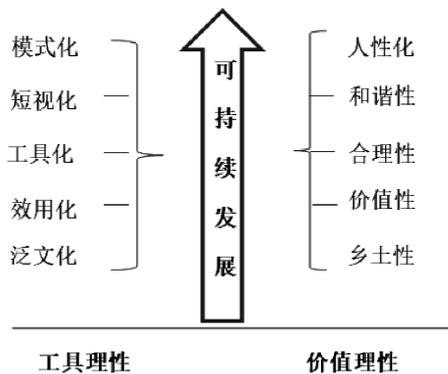


图 1 工具理性和价值理性作用机制图

Fig.1 Mechanism of instrumental rationality and value rationality

1.2 研究方法过程

主要以观察法为基础,采用为问卷调研和访谈法相结合的方式,先后在五个村庄发放并收回问卷 500 份,同时以“经济发展”“文化传承”“环境破坏”等词汇为关键词,走访访谈了 15 位不同层面的相关对象,具体情况如表 1。

表 1 五夫镇调查村庄及访谈对象表

Tab.1 Survey villages and interviewees in Wufu town

| 调研地域 | 问卷数量 | 对象属性 | 访谈对象 | 访谈数量 |
|------|------|-------|-------|------|
| 五一村 | 100 | 村民、游客 | 旅游从业者 | 3 |
| 五夫村 | 100 | 村民、游客 | 旅游管理者 | 3 |
| 兴贤村 | 100 | 村民、游客 | 政府官员 | 3 |
| 田尾村 | 100 | 村民 | 随机游客 | 3 |
| 古亭村 | 100 | 村民 | 当地村民 | 3 |

数据来源:根据近两次实地问卷分发和访谈情况统计所得

2 工具理性作用下五夫镇乡村旅游的异化发展分析

工具理性作为人类理性的重要内容,增加了人类协调客观世界的自信,使人类不断推进科学的进步。与此同时,对工具理性的盲目追求和使用,导致人性扭曲变形,这种变形表现在:一是人与自然的和谐关系减弱,人类过度索取,导致自然的报复。二是人与人关系的紧张与微妙,破坏了原有的和谐与安静状态。三是人的主体性的丧失。人们的认识思维变成了单一式思维,丧失了人的主体性,扭曲了人自身作为社会中的人、自然中的人的理论。笔者以五夫镇作为案例研究地进行分析。

“理学之邦”武夷山五夫镇这些年旅游发展迅速,但通过调研分析发现,五夫镇在旅游发展的过程中强调了创意,注重现代工具的利用,采用现代技术手段,实现了经济的发展,却忽视了对文化的传承和挖掘,导致出现了很多“面子工程”、“形象工程”,殊不知,在这种工具思维的支配下所产生的大众文化需求,为乡村旅游可持续发展埋下了极大的隐患。

2.1 “短视化”导致环境遭到一定程度破坏

“短视性”是工具理性特征之一,在这种思维导向下,科技等技术助力下的乡村旅游在带来五夫镇经济发展的同时,人类的对环境的索取性愈加凸显,一部分当地居民和官员只看到了眼前的利益,忽视了对环境长远的考虑。调研分析发现 38%游客、居民认为环境破坏严重,只有 22%的人认为环境美化了。这种负面影响主要体现为(1)自然环境遭到一定伤害。一方面是部分当地人环保意识不足,乱丢垃圾,乱排污水;(2)人文环境正在经历变形。随着城市“诱惑”的加重,越来越多的五夫镇人受到“现代化”的“干扰”,远离家

园,或者自行改造家园。人员的流失,建筑的破坏,地方乡土文化的变形或者丧失。

2.2 “工具化”促使人性化现象有所加剧

工具理性把一切包括人都当作工具,它带给我们的是人的危机,主要表现在人性的异化、人性自由的丧失等等。^[9]近些年五夫镇人口变迁比较严重,当地很多务工农民在多元文化的冲击下,乡土文化中的纯真价值观正在异化和变形,乡村长期以来形成的良好道德观、人生观面临严峻一定程度的挑战。笔者就白莲问题访谈当地一位村民。

对话中发现,当地白莲品质好,知名度高,价位相对较高,所以很多销售渠道好的村民把外地白莲以次充好夹杂在本地白莲中进行销售,这种现象在10年前基本上是不存在的。与此同时,一切“向钱看”意识的增强,导致村民之间关系,由和谐温馨开始走向淡漠和竞争,等等这些都是人性化异化的表现。

2.3 “效用化”导致土地错位利用较为明显

工具理性崇尚“功利”、追求“效用”的倾向,使得人们在经济发展的过程中,为了追求“政绩”“效果”,很多地方打着“城镇化建设”和“新农村建设”的旗号,大肆圈地,工业用地急剧增加,住宅用地不断扩大,文化用地遍地开花^[10]。调查分析发现,63%的人认为五夫镇土地错位利用较为明显。以文化广场为例,据不完全统计,五夫镇为了活跃文化,很多村庄都建有文化广场,甚至镇政府为了大力发展朱子文化,拟征用大量土地,用作特色文化小镇建设。该小镇规划占地总面积达436公顷,占全镇行政面积的2.5%。种种迹象表明,五夫镇在土地利用方面出现不协调的现象,这对五夫镇后期可持续发展有较大的负面影响。

2.4 “模式化”致使地方乡土文化变形甚至消失

标准化、模式化是工具理性发展的必然。而地方文化的差异则是地域吸引力的重要表现,可以满足旅游者求知心理。然而工具理性支配下,受市场化和标准化影响,五夫镇的发展与其他古村镇异常相似,这种相似性主要表现为两个方面,一是项目开发的相似性亦或同质性。例如,修建广场、塑造雕塑,简单的荷塘种植和大众化的牡丹园等,这些都是照搬或者仿效其他地区产生的结果,是模式化的典型特征。二是各种“模式化”“数字化”的多媒体娱乐工具几乎完全取代了传统文化娱乐活动。而一些传统民俗,如“龙鱼戏”却面临无人学习,无人传承的现象。等等原因导致

的五夫镇乡土文化弱化现象日趋严重,部分村民成为视觉上的“富豪”,思想上的“乞丐”,行动上的“僵尸”。

2.5 “泛文化”使得核心资源打造浅薄

工具理性的又一表现是,“泛文化”和“泛资源”现象的出现。工具理性思维下,很多地方忽视了本地核心资源,强调文化的引进和植入,亦或西瓜芝麻一手抓,把一切都当作资源,都想利用和开发。殊不知,这种大众性泛文化的做法只能造成资源的浪费。从竞争的角度讲,核心资源才是最具有竞争力和吸引力因素。五夫镇的核心资源最主要体现理学文化上。而五夫镇在发展乡村旅游的过程中对该核心资源挖掘打造尚显不够,在工具理性的作用下,因陋就简的打造了一些产品。譬如,翻修紫阳楼,诵读朱子家训。岂不知,这些通过服饰、语言和动作所产生的五官上的刺激远远没有真正的传递出朱子理学文化的“神”。产生了形式上的仿真,未能展现朱子理学文化的精髓。不仅如此,受到功利主义影响,当地很多旅游产品“神”不具备,“形”也“残废”,这种工具化思维下诞生的体验产品很难让消费者理解并掌握理学文化的内涵和精髓,也很难对人的思想产生较大的冲击和引导。

3 理性价值回归,促进五夫镇乡村旅游可持续发展

价值理性是一种独特理性,是人们在生活中逐渐形成的,是作为主体意识的人在实践生活中形成的对价值及其追求的自觉意识、自我理解,是作为主体的人,对自身价值和存在意义的认识与构建,是对自我感性的控制与适应、超越与扬弃^[11]。因此,我们要通过价值理性的协调与渗透够建构合理的文化理念和价值取向,与自然环境和谐共生。旅游产业的发展离不开科技的进步,离不开工具理性的支持,但盲目坚持或者过度坚持工具理性的作用,就会导致认知的偏颇,乃至于虚妄,需要通过价值理性进行补救或纠正。因此五夫镇在乡村旅游发展的过程中要突显价值理性,坚持可持续发展。

3.1 服务上侧重“人性化”需求,形成特色服务

价值理性倡导人本观念,侧重人性化需求。乡村旅游经济的发展离不开食宿和购物。近些年五夫镇居民的收入打破了传统的单一化的农业生产方式,转向特色化种植和旅游食宿上,根据不完全统计五夫镇有

大小食宿场所 62 家,这些食宿场所为五夫镇居民带来较大的收入,人平均年收入从 2015 年 1.9 万发展到 2018 年的 2.3 万,增长率超 1.2 倍。但观察发现,这些食宿场所的经营大多数处于自发自主经营模式,加工的菜肴千篇一律,提供的服务大同小异,很多经营者还停留在等客上门的阶段,经营淡旺季明显,“吃不饱”现象突出。因此五夫镇应以旅游者为本,根据旅游消费者的“个性化”消费需求,结合当地特色,提供特色的旅游体验产品。例如在住宿上打造“荷”文化主题民宿、龙鱼文化主题民宿等,在饮食上提供“藕荷”文化主题餐饮,理学文化主题餐饮等,从而使得旅游者在味觉方面舒适,在感觉方面“畅神”。

3.2 环境上强调“和谐性”需要,实现环境优化

价值理性强调社会责任,主张全面和谐发展。针对五夫镇土地利用不合理的现象,五夫镇应采取如下举措,确保土地资源的有效配置和利用:一是制定土地使用规划,确保土地面积中耕地面积占 80%以上,确保农民生产能够得以正常进行。二是严格审批建筑用地,促使建筑用地向“高空化”“集约化”发展。三是科学引导经济作物用地,防止出现“藕”多“莲”贱等伤农事件。与此同时,为了更好的利用土地资源,发挥土地的效用及其价值,实现人居环境和谐发展,五夫镇可充分发挥“旅游+”的优势,进行创意种植,增强居民受益,实现环境优化。具体如下:(1)进行文化植入,设计创意农田。五夫镇可利用稻田、荷花和牡丹等地方品种,通过颜色的搭配,图案的设计等形成特色农业,提高农业产品的吸引力和知名度,打造优美的农田环境。(2)进行立体种植,形成“耦合效应”。五夫镇应进一步扩大“鱼-螺-藕”互惠种养模式,采用现代科技,建立立体大棚,利用植物本身高低等因素,并采用人为干预的方法,缓解农业季节性带来的不均衡现象,提升五夫河螺和五夫莲子的收益率,并为五夫镇乡村旅游的发展提供较为稳定长期的吸引力产品,进而实现环境的和谐和优化。

3.3 文化上凸显“乡土性”,做到“形神兼备”

价值理性强调个性特色,关注文化的“乡土性”。对乡土文化最好的弘扬是积极的全方位的传承。所谓“积极的传承”指的是:既要继承乡土文化传统的东西,也要适应现代生活需求创造新的东西。^[9]所谓“全方位的传承”指的是:既要传承乡土文化的“文脉”,也要有选择地传承作为乡土文化载体的“人脉”,既要延

承乡土文化的物质表象(即“形似”),也要注意延承乡土文化的精神内涵^[7]。结合实际情况,针对当地居民的文化消费诉求和旅游者的特色消费需求,五夫镇要“延陈出新”,在传统民俗文化、朱子理学文化和莲螺文化上做文章,借此来传承和推新,增加五夫镇文化旅游的魅力。具体措施如下:(1)大力弘扬传统民俗文化,采用排练、展示、演艺等方式再现“龙鱼”文化、婚俗文化等,并通过整理、宣传和推广等形式将这些优秀的文化落到实处,印在人们的心里。(2)深度宣扬朱子理学文化。了解学习理学文化深层次精髓的东西,尤其是朱熹思想当中关于孝道家训等内容,对当今社会伦理道德人际纲常尤为重要,应重点加以塑造。(3)深入挖掘莲螺文化。莲花作为佛家圣花,全身上下都是宝,可食用可药用。莲花“出淤泥而不染,濯清涟而不妖”的品性,在当代反腐倡廉的背景下更值得人们去学习。因此打造莲螺文化,不仅要在形态上塑造美好意境,更要在内涵上弘扬其精髓,从而为五夫镇乡村旅游发展注入新的活力。

3.4 资源上重视“核心性”,塑造发展“灵魂”

价值理性强调资源的核心性,主张综合价值的最大化。多视角调研发现,五夫镇乡村旅游发展的核心资源,主要表现为:一是朱子文化资源。内容包括朱熹故居、紫阳楼等。二是民俗文化资源。内容包括傩舞、龙鱼戏等。三是藕荷自然资源。内容包括半亩方塘、万亩荷塘等。在此基础上,提出树形发展思路。即以朱子理学文化为主干、以民俗文化为枝干,以藕荷文化为枝叶,形成互补。一方面要利用工具理性手段,设计、还原甚至打造一些能够展现朱子理学文化表象的实体,例如朱子雕像、朱子故居等,帮助消费者建立感性认识。另外一方面从价值理性角度、人性需求出发,了解、熟悉甚至掌握践行朱熹不断求学进取、感恩孝道服务大众造福百姓的精神和理念。而这些东西恰恰是单纯依靠工具手段而产生的建筑实体难以完美展现和贯穿的。也不是游客单纯依靠视觉所能接受和理解的,而需要经营者通过“穿越”的理念,以模拟体验实践教学笃行来落实,帮助旅游者在旅游的过程中获得全时空、特质性、情感性体验,从而达到全身心投入,主客体合一的境界。在民俗文化资源开发经营方面不仅要借用博物馆等场所展示五夫镇的民俗文化,更重要的是要把这些民俗文化舞台化、实景化。以数字技术实现民俗文化的 4D 体验,条件成熟的话,进行常态

化实景演出,让民俗文化在动态表演中更好的“活”下去。在藕荷资源方面挖掘名人与莲的故事、宣传莲的药用价值,打造荷塘小屋,让人们不仅可以领略藕荷文化、品尝莲螺美食,还可以在星光灿烂中、在烟雨朦胧中体验荷塘月色,让游客的身心融为一体,在肢体领略美感的同时,享受灵魂的洗涤,在寂静的夜色中真正感受五夫镇乡村旅游的魅力。

3.5 手段上主张“合理性”,实现“时空形塑”

价值理性强调动机的纯正性,主张手段的合理性。古村落的发展离不开空间布局和演化。古村落中的文化空间既是展现和传承其乡土文化的重要载体,也是一种特色旅游空间吸引物。乡村性是乡村旅游吸引力的重要内容。这种乡村性相对于现代文化来讲是一种仍然保留或持续的生活方式,这种文化并不是一种过去的或者已经消逝的文化,而是一类以多种形式存在于现实生活中,参与形塑现实的文化。传统文化是建构于现代社会中的一种连续性的生活方式,是乡村旅游存在和发展的动力源,因此我们需要将传统与现代结合,将嵌入在我们现实生活中的传统文化,经过时间和空间层面的形塑,赋予体验和愉悦的功能,将其打造成为乡村旅游存在和发展中一种有效的配置性资源。所谓传统文化的时空形塑是指利用时间的“错位”,进行场景的“穿越”,在现代场域中展现传统。这种时空形塑不是要把古今社会完全分离,使社会回到从前。在乡村旅游中,时间层面的形塑使传统文化得以展示在现代社会之中,给旅游的主体带来时间层面的错位,空间层面的错位则是为了使旅游主体好似回到传统社会之中^①。结合五夫镇的实际情况,我们可以将旅游的客体即旅游资源进行时空形塑,即通过工具理性进行朱熹生活场景实物再造再现,让人从视觉上进行“穿越”,感受当年朱熹教学的场景。另外,我们

可以将旅游的主体即旅游者进行时空形塑,即通过价值理性的运用,通过服饰数字化技术等运用,营造古典氛围,让旅游者从感觉上进行“错位”,从而深层次的领略朱子思想的精髓。

4 结论

乡村旅游是实现乡村振兴的重要举措。美好的旅游体验来源于“形体”的感知,更需求于“精神”的愉悦和升华。乡村旅游发展过程中,要防止工具理性的“扩大化”和“变异化”,主张以价值理性来减弱工具理性所带来的负面效应,进而通过实体上的再现和文化上的依附,达到“形塑”与“神塑”统一,促进五夫镇乡村旅游可持续发展,让人在优美的环境中、多样的景点中、特色的民俗中,感官上得到满足,灵魂上得到共鸣,精神上达到畅神。

参考文献:

- [1] 袁霞.工具理性之思[D].南昌:南昌大学,2006:4.
- [2] 吕青,王思维.“工具理性”批判与“异化理论”的维度差异[J].西安工业大学学报,2013(3):248-251.
- [3] 张永青,李允华.浅析工具理性和价值理性的分野与整合[J].东南大学学报(哲学社会科学版),2018(10):39-41.
- [4] 姚飞鸣.城乡二元土地结构问题研究[J].社会发展,2013(8):55-56.
- [5] 孙杰伟.浅析工具理性与价值理性的统一[J].吉林广播电视大学学报,2012(6):19-20.
- [6] 张月爱.现代信息社会之乡土文化危机与应对策略思考[J].社会纵横,2012(7):116-119.
- [7] 江立华,陈文超.传统文化与现代乡村旅游发展[J].湖北大学学报(哲学社会科学版),2010(1):92-96.

(责任编辑:白琳)

Research on the Development of Rural Tourism in Wufu Town of Wuyishan Under the Guidance of Value Rationality

XUE Yingzhou

(School of Tourism, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: Aiming at the "utilitarian" phenomenon caused by instrumental rationality and the "short-sighted" effect in the development of rural tourism in Wufu Town, interviews with 15 relevant people and 500 questionnar, this paper puts forward that the return of value rationality, the emphasis on human nature, the emphasis on characteristics, and the advocacy of harmony are important measures to promote the sustainable development of rural tourism in Wufu Town and realize the Rural Revitalization of Wufu Town.

Key words: Wufu town; instrumental rationality; value rationality; rural tourism; sustainable development

滁州市公共自行车租赁点分布的优化配置

张丹丹, 胡贝贝, 许 琼, 信 猛

(滁州学院 数学与金融学院, 安徽 滁州 239000)

摘 要:在对滁州市居民展开问卷调查所得的数据上,从经济因素和交通因素出发,基于层次分析法和 Ward 法聚类分析对安徽省滁州市公共自行车租赁点进行优化配置的研究,从而为滁州市市政府和公共自行车供应商提供有效的配置方案。同时,以滁州市为例,依据在滁州市得出的数据及优化方案进行试点并推广到江淮地带。

关键词:公共自行车;优化配置;层次分析法;聚类分析法;滁州市

中图分类号: O29;F014.35;O159 **文献标识码:**A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0039-05

随着城市机动车化水平的不断提高,导致城市交通拥堵的程度急剧增加,环境污染问题日益突现,严重制约着城市的发展。在城市拥堵日益严峻的形势下,公共自行车以其集约化、绿色环保和资源利用高效等优点逐渐成为缓解交通拥堵、环境污染和资源浪费等问题的共识方案,从全局贯彻了绿色环保、节约成本和避免城市道路资源浪费的思想。目前,政府大力倡导低碳经济交通,这也为公共自行车的发展提供了良好的政策环境。

滁州市位于安徽最东部,与南京毗邻,是南京市圈核心圈层城市、长三角城市群成员,城市辖区内有京沪高铁滁州站,全椒、定远、明光等高铁站,拥有国家级滁州经济技术开发区、中(国)新(加坡)苏滁现代产业园,GDP 排名在安徽省内前 5 名。然而,滁州市一些公共基础性服务项目跟不上城市的发展定位,例如,公共自行车的使用情况差强人意,特别是租赁点的布局与配置还未得到足够的重视。在租赁点布局与

配置规划的过程中,没有遵循科学严谨的原则,其主观性和随意性较大,另一方面,公共自行车运营过程中出现了一些较为常见而且严峻的现象,如借车无车、还车无桩和车辆损坏等问题,这些问题往往归因于运营过程中公共自行车的调度不合理、修理不及时等,相关部门缺乏对问题出现的深层次原因分析以及相应的优化对策的探讨等^[1]。

在国家级和省级大学生创新训练项目的支持下,以及基于全国大学生市场调查分析大赛,对滁州市公共自行车租赁现状进行分析,给出了其租赁点的优化选取模型,这为江淮地带以及其他城市自行车优化配置提供了理论依据。

1 滁州市公共自行车租赁现状分析

1.1 滁州市公共自行车的发展情况

2007 年,智能化运营管理且真正具备一定实用价值的公共自行车系统开始进入中国,先在北京等大城市开展试点,逐步向其他省会城市拓展,部分中小城市进行尝试^[2]。滁州市作为江淮地区重要的枢纽城市,在 2014 年实行了公共自行车租赁系统。根据走访杭州金通公共自行车科技有限公司滁州分公司了解到,滁州市首批共建设 50 个租赁点,投入 1 300 辆公共自行车。第 2 批共建设 43 个租赁点,投入 1 000 多辆

收稿日期: 2019-06-02

基金项目:安徽省级教学研究项目(2016jyxm0729);国家级大学生创新训练项目(201610377012);省级大学生创新训练项目(2018CXXL012)。

作者简介:张丹丹,经济统计学专业,本科生。

通信作者:胡贝贝(1986-),男,讲师,博士,从事孤立子与可积系统研究。

公共自行车^[9]。第3批公共自行车共建设44个租赁点,投入1000多辆车。

1.2 使用情况的综合分析

采取问卷发放的形式对滁州市琅琊区、南谯区的市民进行调查,调查发放了400份问卷,收回有效问卷381份,问卷的有效率为95.25%^[4]。

1. 调查样本人口特征

此次调查样本中,男性占总体比例的48.56%,女性占总体比例的51.44%,年龄主要以18~30岁年龄段为主,占58.01%,学历所占比例最多的是本科(含在读)学历,占35.43%,且职业较为多元化。

2. 公共自行车租用情况

(1) 公共自行车租赁情况

根据调查显示,公共自行车并不是市民出行的首选。出门首选小汽车,占28.63%;其次才是公共自行车,占21.43%。62.88%的市民使用公共自行车的频率控制在每周1~3次,且34.09%的市民使用时间不固定,其次是固定在周末使用。公共自行车租出时间主要固定在每天的10:00到14:00,说明市民在中午上下班或上下学的时候会选择公共自行车。

(2) 公共自行车使用中存在的问题

现有的自行车租赁系统出现了租车难、还车难和租赁点分布不合理以及车辆投放不均衡的问题。所以租赁系统反映最多的问题是归还时车位已满导致无法归还,占62.31%;其次是租赁点分布不合理,占56.42%;最后是无法租到车,占50.68%。

(3) 租赁点分布存在的问题

此次调查中,98.95%的被调查者认为应该在居民区附近设置租赁点,其次是公交站附近,占67.72%。84.85%的人们认为应该增设租赁点,70.60%的人们认为应该增加自行车的投放量。

2 公共自行车选址模型的构建与优化配置

2.1 公共自行车选址的影响因素

公共自行车租赁点的分布合不合理,影响着人们日后对公共自行车的使用频率和自行车系统的运营效率。因此在模型构建中,主要考虑的因素见表1。

表1 公共自行车租赁点选址影响因素

Tab.1 Influencing factors of location selection of public bicycle leasing point

| 一级因素 | 二级因素 |
|------|----------|
| 经济因素 | 家庭吸引量 |
| | 商业吸引量 |
| | 公共设施吸引量 |
| 交通因素 | 非机动车道容纳度 |
| | 机动车道拥堵指数 |

2.2 基于层次分析法的租赁点选址模型建立

参考滁州市地图对琅琊区交通进行粗略分析,并查阅《滁州市2010年第六次全国人口普查数据》和《2012年琅琊区统计年鉴》,结合各个路段的交通情况、人流量、商业区分布、社区分布、高校分布和获得的人口数据选择人口相对集中的点,初步确定了以下路段:清流路、明光西路、天长路、琅琊路、凤凰西路、凤凰路、丰乐大道、会峰路、南谯路、同乐路、醉翁路等11个路段,并根据路的实际情况选点1~11个不等,共计45个。

1. 构建递阶层次结构

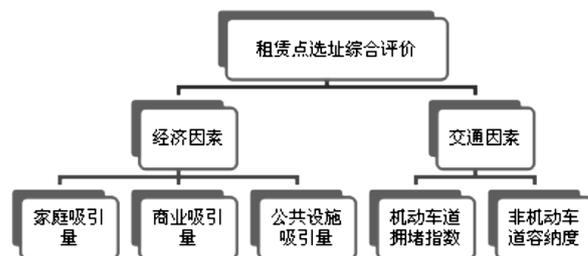


图1 租赁点选址综合评价

Fig.1 Comprehensive evaluation of the location of the leased point

2. 构建判断矩阵

设要比较n个因子{x₁, x₂, x₃, ..., x_n}某因素Z的影响大小,对任意2个因子x_i和x_j,以a_{ij}表示x_i和x_j对Z的影响大小之比,全部比较的结果用矩阵A=(a_{ij})_{n×n}表示,称A为Z~X之间的判断矩阵^[5]。

根据地理指标量化的结果,可以确定Z_m,即第n个地点的Y_m的指标数据。m取值为1,2,3,4,5,分别代表家庭吸引量、商业吸引量、公共设施吸引量、非机动车道容纳度和机动车道拥堵指数。以琅琊路为例,n取值为1,2,3,4,5,代表五个备选租赁点,分别为滁州学院、滁州电大、莲心湖公园、建设大厦和大金新百,

记为地点 1~5,结果如下:

$$Z = \begin{bmatrix} 12 & 572 & 1 & 641 & 240 & 1 & 368 & 622 \\ 2 & 066 & 5 & 510 & 5 & 166 & 6 & 199 & 5 & 600 \\ 6 & 4 & 5 & 6 & 5 \\ 0.030 & 8 & 0.026 & 3 & 0.031 & 3 & 0.030 & 9 & 0.029 & 4 \\ 0.050 & 0 & 0.010 & 0 & 0.041 & 0 & 0.075 & 0 & 0.104 & 1 \end{bmatrix},$$

通过查阅相关资料和信息构造 A 层和 B 层的判断矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix},$$

构造出 $C_1 \sim C_3$ 对 B_1 经济因素和 $C_4 \sim C_5$ 对 B_2 交通因素的判断矩阵为:

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} \\ 5 & 1 & 3 \\ 3 & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ 2 & 1 \end{bmatrix},$$

而在构造 C 与 D 层元素的判断矩阵时,我们创新的运用查阅到的相关信息,确定 D 层元素之间的重要性之比。计算方法为:

$$a_{ij} = \frac{Z_{mi}}{Z_{mj}},$$

因此可得出当 $m=1$ 时,琅琊路五个备选租赁点的判断矩阵:

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 7.00 & 52.00 & 9.00 & 20.00 \\ 0.14 & 1.00 & 0.40 & 0.33 & 0.37 \\ 0.02 & 4.00 & 1.00 & 1.00 & 1.20 \\ 0.11 & 3.03 & 1.00 & 1.00 & 1.04 \\ 0.05 & 2.70 & 0.83 & 0.96 & 1.00 \end{bmatrix},$$

其余 4 个指标 $m=2 \sim 5$ 的判断矩阵计算方法相同。

3. 一致性检验

以琅琊路为例,应用层次分析法,求出每个指标的权重。根据琅琊路备选租赁点选址的影响因素指标列出比较阵:

$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1 & 3 & 4 & 2 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 4 & 2 \\ 1/7 & 1/4 & 1/4 & 1 & 2 \\ 1/9 & 1/2 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix},$$

利用 MATLAB 计算该矩阵的特征根和最大特征值,

$\lambda_{\max}=5.350$,对应的特征向量为:

$$[0.892 \ 0 \ 0.366 \ 6 \ 0.217 \ 4 \ 0.110 \ 0 \ 0.102 \ 6]^T,$$

因此,计算 C.I.,代入公式:

$$C.R = \frac{C.I}{R.I},$$

得到 $C.I=0.087 \ 5$,查表知 $R.I=1.12$,代入公式得 $C.R=0.078 \ 125 < 0.1$ 。即可以认为整个层次比较判断通过一致性检验。各指标的权重值即为特征向量的四个分量,可以求出权重:

$$w_1 = \frac{0.892 \ 0}{0.892 \ 0 + 0.366 \ 6 + 0.217 \ 4 + 0.110 \ 0 + 0.102 \ 6} = 0.528 \ 2,$$

$$w_2 = \frac{0.366 \ 6}{0.892 \ 0 + 0.366 \ 6 + 0.217 \ 4 + 0.110 \ 0 + 0.102 \ 6} = 0.217 \ 1,$$

$$w_3 = \frac{0.217 \ 4}{0.892 \ 0 + 0.366 \ 6 + 0.217 \ 4 + 0.110 \ 0 + 0.102 \ 6} = 0.128 \ 7,$$

$$w_4 = \frac{0.110 \ 0}{0.892 \ 0 + 0.366 \ 6 + 0.217 \ 4 + 0.110 \ 0 + 0.102 \ 6} = 0.065 \ 1,$$

$$w_5 = \frac{0.102 \ 6}{0.892 \ 0 + 0.366 \ 6 + 0.217 \ 4 + 0.110 \ 0 + 0.102 \ 6} = 0.060 \ 8。$$

4. 层次单排序

B_1, C_1, C_2 层次单排序权值如下:

$$(0.75, 0.25)^T, (0.104 \ 7, 0.637 \ 0, 0.258 \ 3)^T, (0.333 \ 3, 0.666 \ 7)^T$$

D 层关于 $C_1 \sim C_5$ 单排序权值如下,其中第 j 列表示 D 层关于 C_j 的单排序权值:

$$\begin{bmatrix} 0.817 \ 9 & 0.032 \ 9 & 0.049 \ 9 & 0.055 \ 5 & 0.043 \ 7 \\ 0.082 \ 9 & 0.224 \ 9 & 0.214 \ 3 & 0.250 \ 0 & 0.228 \ 0 \\ 0.231 \ 1 & 0.101 \ 0 & 0.235 \ 3 & 0.247 \ 0 & 0.185 \ 5 \\ 0.275 \ 7 & 0.107 \ 2 & 0.242 \ 6 & 0.245 \ 8 & 0.188 \ 7 \\ 0.220 \ 6 & 0.083 \ 2 & 0.213 \ 7 & 0.241 \ 2 & 0.241 \ 2 \end{bmatrix},$$

进行一致性检验后,每个检验的 C.R 都小于 0.1,因此,判断矩阵都是合理的。

5. 层次总排序与一致性检验

根据 D 层总排序的结果,可选出琅琊路最佳的投放地点为总排序结果值的排名前两位为建设大厦、莲心湖花园。以此类推,其他 10 个路段也可以选出两个最佳投放地点。在挑选合适的地点时,依据层次分析法所得出的参考结果,结合实际情况,最终确定如下 21 个租赁自行车选址的地点。

表2 琅琊路公共自行车租赁点

Tab.2 Langya Road public rental point

| 投放点名称 | 选点1 | 选点2 |
|-------|--------|---------|
| 清流路 | 泰星城市星座 | 清流人家 |
| 明光西路 | 白云商厦 | 沃尔玛 |
| 天长路 | 金光大道 | 水石广场 |
| 琅琊路 | 建设大厦 | 大金新百 |
| 凤凰西路 | 金地大酒店 | 凤凰西路 |
| 凤凰路 | 人民广场 | |
| 丰乐大道 | 蓝溪家园 | 山水人家 |
| 会峰路 | 会峰西路 | 君家酒店 |
| 南谯路 | 电信公司 | 行政服务中心 |
| 同乐路 | 滁州六中 | 滁州中学 |
| 醉翁路 | 城市职业学院 | 新第一人民医院 |

2.3 基于 Ward 法聚类分析的模型优化

利用得到的数据,选择4个指标处理后作为变量进行聚类分析^[67]。这四个变量指标是:家庭吸引力量 H , 意愿租赁比例 WR , 周转次数 TN , 租用频率 f (次/周)。其中家庭吸引力量 H 已经在地理指标量化的步骤中获得, 其他三个指标也在之前的数据中获得得到。根据相关资料得到,滁州市的租车时间段为 6:30 至 21:00, 还车时间段为 00:00 至 24:00, 为 24 h, 则:

$$TN=24 \times 60 / \bar{t}。$$

选址点聚类变量数据如表3。聚类分析结果见表4。

表3 备选租赁点的聚类变量

Tab.3 The cluster variable of the alternative lease point

| 租赁点 | H | $WR/\%$ | TN | f |
|---------|--------|---------|--------|------|
| 泰星城市星座 | 1 325 | 30.01 | 63.98 | 0.46 |
| 清流人家 | 2 654 | 32.36 | 79.00 | 0.52 |
| 白云商厦 | 1 265 | 28.50 | 64.10 | 0.32 |
| 沃尔玛 | 1 870 | 32.01 | 54.90 | 0.48 |
| 金光大道 | 1 230 | 28.05 | 42.80 | 0.31 |
| 水石广场 | 1 564 | 30.60 | 59.50 | 0.35 |
| 建设大厦 | 1 900 | 31.80 | 68.20 | 0.40 |
| 大金新百 | 864 | 26.31 | 34.68 | 0.29 |
| 金地大酒店 | 980 | 28.20 | 35.26 | 0.31 |
| 凤凰西路 | 756 | 25.08 | 32.52 | 0.30 |
| 人民广场 | 1 267 | 31.00 | 49.21 | 0.38 |
| 蓝溪家园 | 2 310 | 32.05 | 52.36 | 0.54 |
| 山水人家 | 3 010 | 35.00 | 65.00 | 0.75 |
| 会峰西路 | 1 352 | 23.00 | 49.00 | 0.34 |
| 君家酒店 | 1 200 | 21.63 | 48.25 | 0.32 |
| 电信公司 | 1 060 | 20.30 | 46.85 | 0.32 |
| 行政服务中心 | 1 035 | 20.63 | 53.20 | 0.32 |
| 滁州六中 | 1 800 | 30.00 | 65.23 | 0.41 |
| 滁州中学 | 3 700 | 32.00 | 96.52 | 0.63 |
| 城市职业学院 | 15 000 | 38.23 | 103.23 | 0.65 |
| 新第一人民医院 | 3 300 | 30.50 | 85.00 | 0.61 |

表4 聚类分析结果

Tab.4 Cluster analysis result

| 类别 | 每类包含的选点 |
|-----|--|
| 第1类 | 城市职业学院、滁州中学 |
| 第2类 | 新第一人民医院、凤凰西路、蓝溪家园、清流人家、滁州六中、建设大厦、沃尔玛、水石广场、行政服务中心、电信公司、金地大酒店、山水人家 |
| 第3类 | 白云商厦、人民广场、金光大道、君家酒店、泰星城市星座、会峰西路、大金新百 |

2.4 分配方案

根据走访相关人士,了解到每期投放公共自行车的数量为 1 000 余辆, 因此对上述站点投放分配为: 第1类 100 辆, 第2类 800 辆, 第3类 140 辆。

3 结论与建议

通过对滁州市公共自行车实地调查(走访部门, 发放问卷等), 建立了滁州市自行车租赁点选取和投放数量的优化模型, 这与其他城市已有的模型和结果比较, 不同之处在于我们主要采用了层次分析和 Ward 法聚类分析研究滁州市公共自行车租赁点选取和投放数量, 给出了不同街道租赁点选取位置以及每个租赁点的精确投放数量。

(1) 建设公共自行车租赁智慧信息系统。相关部门应自行或委托专业机构建立一套公共自行车租赁信息查询系统。查询系统的兼容性要强, 在市民普遍使用的导航地图上可以兼容, 能够着重显示实时位置等信息。同时, 查询系统要通俗易懂、方便简捷, 便于市民使用。

(2) 完善借还车功能。在完善公共自行车租赁智慧信息系统的基础上, 采取网格化管理, 统一调度。及时掌握各租赁点的车辆信息, 若发现车已借空或停满的租赁点, 有关工作人员应尽快赶到租赁点, 及时调剂, 方便市民借还车。

(3) 约束市民文明行为。对于市民恶意损坏自行车, 并且有充分证据的, 有关部门可以给予一定处罚, 例如, 损坏赔偿、少额罚款等。对于多次损坏或者屡教不改者, 应纳入黑名单, 禁止使用半年或一年不等。

(4) 公共自行车租赁点分布要合理。根据现有租赁点的运行情况, 将公共自行车的租赁点进行科学规

划。查漏补缺,增强自行车调动的灵活性,提高自行车的使用率。

(5)相关部门应加强对公共自行车的维修、保养力度。做到换季保养,定时检查、修理,对长时间没有借还车记录的停车桩进行检查,以便于及时检修。

参考文献:

- [1] 秦孝敏. 城市公共自行车租赁点布局及配置优化研究[D]. 成都:西南交通大学, 2015.
- [2] 范晨晨. 绿色发展背景下的创业成功因素分析:以北京摩拜科技有限公司为例[J]. 管理观察, 2017(15):73-75.
- [3] 唐娜. 滁州第二批公共自行车“上岗”(图)_ 网易新闻[EB/OL]. [2019-04-06]. <http://news.163.com/15/0603/10/AR680VJ500014AEE.html>.
- [4] 吕丹. “公共自行车服务系统”研究与大数据处理[J]. 数学建模及其应用, 2013,2(5/6):20-25.
- [5] 董凤娇, 胡贝贝, 周露露, 等. 智能打车软件的经济效益评价模型:以安徽省滁州市为例[J]. 滁州学院学报. 2017,19(5):51-54.
- [6] 姜启源, 谢金星, 叶俊. 数学模型[M].4 版. 北京:高等教育出版社, 2010.
- [7] 韩中庚. 数学建模方法及其应用[M].3 版.北京: 高等教育出版社, 2009.

(责任编辑:聂传朋)

Research on Optimal Allocation of Public Bicycle Rental Point Distribution in Chuzhou City

ZHANG Dandan, HU Beibei, XU Qiong, XIN Meng

(School of Mathematics and Finance, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000)

Abstract: In this paper, based on the data from the questionnaire survey of Chuzhou residents, the economic factors and traffic factors, the analytic hierarchy process and the Ward method clustering analysis method, the optimal allocation of public bicycle rental points in Chuzhou city of Anhui province is studied to provide effective matching for the municipal government and the public bicycle suppliers in Chuzhou. At the same time, taking Chuzhou as an example, based on the data and optimization plan obtained in Chuzhou, the experiment was carried out in the Jianghuai region.

Key words: public bicycle; optimal allocation; analytic hierarchy process; cluster analysis; Chuzhou city

物联网感知层网络最优节点分组部署仿真设计

瞿 霞, 华建祥

(福建林业职业技术学院 自动化工程系, 福建 南平 353000)

摘 要:文章提出物联网感知层网络最优节点分组部署方法。该方法建立节点分组部署的目标函数和约束条件,搭建感知层网络节点部署模型,通过求解网络节点最优解集得出最优节点数估算结果,计算最优节点之间的距离实现节点分组,并得到更新定位结果。根据更新定位结果,设立节点的传输阈值,以此来控制网络最优节点间传输距离,连通物联网感知层节点,实现分组部署。通过仿真实验得出有关于网络覆盖率的实验结论:传统部署方法的平均网络覆盖率为 95.94%,而网络最优节点分组部署方法的平均网络覆盖率为 97.69%,相比之下网络覆盖率提高了 1.75%。

关键词:物联网感知层;网络节点;感知层节点;分组部署;最优节点

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0044-05

物联网是新一代信息技术的重要组成部分^[1]。从技术架构看,物联网感知层是物联网的基础和核心,由于感知层中的节点将采集到的信息传递到物联网的上层作进一步处理与分析,因而感知层也是信息采集的关键部分。节点部署是物联网感知层网络工作的基础,对网络的运行状况和寿命有很大的影响。网络节点的部署问题涉及到覆盖、连接和节约能量消耗 3 个方面,因此物联网的感知层为了实现更好的感知效果,需要对网络上的最优节点进行部署,保证感知层网络具有较高的覆盖率和良好的节点通信^[2]。

目前,该领域已经出现了一些研究成果。钱开国等^[3]提出移动通信网络中继节点部署优化方法。设定网络中无移动中继节点时,组建网络节点能量消耗模型。融合贪婪算法完善静态路由树的拓扑结构,使得路由树的拓扑结构收敛于最优位置,以此对移动通信网络中继节点部署。该方法的部署效果较好,但是复杂度较高,无法进行普遍应用。徐力等^[4]在概率感知优化模型下,将无线传感器网络的覆盖率和移动节点的

能耗作为多目标优化函数,通过改进混合粒子群优化算法不断迭代,调整移动节点的最优位置,控制网络覆盖率最大化,同时减小移动距离,使得能耗最小化。该方法主要解决了传感网络部署的能耗问题,但是部署过程网络覆盖率较小。谭景文^[5]提出了基于温度空间分布规律的传感节点部署方法。该方法以流体力学仿真结果为依据,结合节点测量数据,动态预测节点放置位置。该方法的应用过程较为简单,但是部署覆盖率较低。

提出一种针对物联网感知层的网络节点部署方法,即网络最优节点的分组部署方法^[6]。通过该方法的设计与实现,能够解决传统节点部署方法当中存在的问题,从而实现节点部署的寻优精度的提升。

1 网络最优节点分组部署方法设计

在物联网环境下,感知层网络节点部署需要经历节点投放、节点分组、节点估计等多个步骤,最终得到节点部署结果。具体的网络最优节点分组部署方法的实现流程如图 1 所示。

1.1 建立感知层网络节点部署模型

物联网感知层节点的部署问题可以转化为决策变量到一组目标映射的求解问题,因此需要建立感知

收稿日期:2019-06-27

基金项目:福建省中青年教育科研项目(JA15712)。

作者简介:瞿霞(1982-),女,汉族,讲师,硕士,主要从事物联网技术应用研究。

层网络节点的部署求解模型^[7]。在物联网感知层网络节点分组部署问题中,需要保证网络的安全性的同时提高网络覆盖率。因此在网络最优节点分组部署方法设计过程中,需要将节点连通的安全性以及网络覆盖率考虑在内,分别从目标函数和约束条件两个方面进行感知层网络节点部署模型的建立。

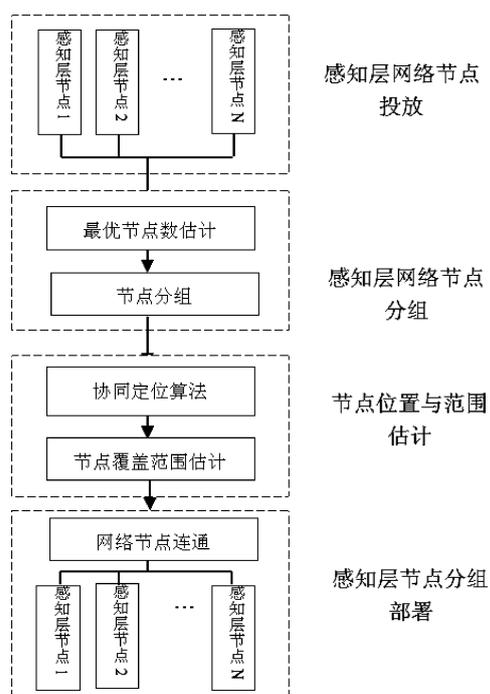


图1 网络最优节点分组部署方法

Fig.1 Network optimal node group deployment method

1.1.1 目标函数

感知层网络节点部署模型中的目标函数主要针对安全连通度和网络覆盖率两个方面。其中网络最优节点的连通度主要是指网络中的节点范围之内能够和其通信的相邻节点的数量与网络中总节点数量二次方的比值^[8]。得到的比值越大,则网络节点之间的连通度越大,网络中存在的通路越多。因此有关于网络连通度的部署模型计算目标函数可以表示为:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \rho_{ij}}{N^2}, \quad (1)$$

式中, ρ_{ij} 表示的是相邻节点的连通因子,连通因子的计算公式如下:

$$\rho_{ij} = \begin{cases} 1, & d(S_i, S_j) \leq R_c \\ 0, & d(S_i, S_j) > R_c \end{cases}, \quad (2)$$

其中, $d(S_i, S_j)$ 表示任意节点与其相邻节点之间的距

离, N 表示节点数量, R_c 为任意节点的通信半径^[9]。

而网络覆盖率方面目标函数的建立,主要是将节点分组部署的区域 T ,离散成为 N 个目标点集的表示方式。因此可以将覆盖率目标函数表示为:

$$f_2(x) = 1 - \prod_{i=1}^N [1 - P(S_i, T_i)], \quad (3)$$

式中: T_i 表示的是感知目标节点; $P(S_i, T_i)$ 为节点 S_i 对 T_i 的感知概率。

1.1.2 约束条件

节点模型的约束条件是为了保证网络中任意两个节点之间都存在着至少一条可以顺利连接的通信路径,且尽量保证节点消耗的能量最低。

结合感知层网络节点部署模型的目标函数和约束条件,可以将网络最优节点约束条件用式(4)来表示:

$$M = (\rho_{ij}, f_2(x)). \quad (4)$$

1.2 估算感知层最优节点数

对感知层最优节点数进行估算,首先需要对网络最优节点进行求解,得出节点的最优解集。首先初始化网络普通节点 z ,其中最大迭代次数为 t_{\max} ,随机初始化所有的节点位置以及速度。通过建立的感知层网络节点部署模型计算目标函数 C ,更新节点的惯性权重,计算节点的适应度值,更新网络普通节点的极值。同时根据密集距离,采用比例选择的方法为每一个网络选取全局最优节点。当迭代满足 $t \geq t_{\max}$ 时,迭代循环结束,同时输出最优解集。否则对目标函数进行更新计算。在理想状态下,假设物联网感知层的网络节点的通信距离为 r ,最大距离为 $2r$ 。图2(a)表示了理想状态下全覆盖节点部署情况,图2(b)表示了理想状态下连通性覆盖节点部署情况。

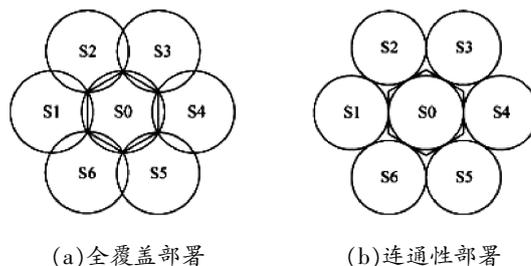


图2 理想状态下节点部署情况图

Fig. 2 Node deployment under ideal conditions

那么在理想状态下全覆盖感知节点的有效覆盖面积 S_p 可以表示为:

$$S_p = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 \quad (5)$$

连通性部署感知节点的有效覆盖面积 S_{pc} 可以表示为:

$$S_{pc} = \frac{3\sqrt{3}}{2} \left(\frac{2\sqrt{3}r}{3} \right)^2 = 2\sqrt{3} r^2 \quad (6)$$

连通性部署所需节点个数较少,因此将得到的节点最优解集投放到边长 $m \times n$ 的矩形区域,那么需要投放的最少感知节点个数可以表示为:

$$\frac{mn}{S_{pc}} = \frac{mn}{(2\sqrt{3})r^2} = \frac{mn}{\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}\right)\pi r^2} \quad (7)$$

通过式(7)可以得出最少感知节点数目,为了确保节点的组网工作可以适当的添加最优节点。

1.3 物联网感知层最优节点分组

在获得最优节点数目的前提下,对物联网感知层最优节点进行分组处理。首先需要定义最优节点中的中心节点,中心节点定义的标准为带宽达到前 20%。将中心节点投放到环境当中,并进行简单部署。定义一个距离值,即为分组半径,测量中心节点与普通最优节点之间的网络距离,若得出的网络距离结果小于分组半径,则将该最优节点分配到该中心节点的范围之内。按照同样的方法可以将投放的所有网络最优节点进行分组,得到如图 3 的分组结果。

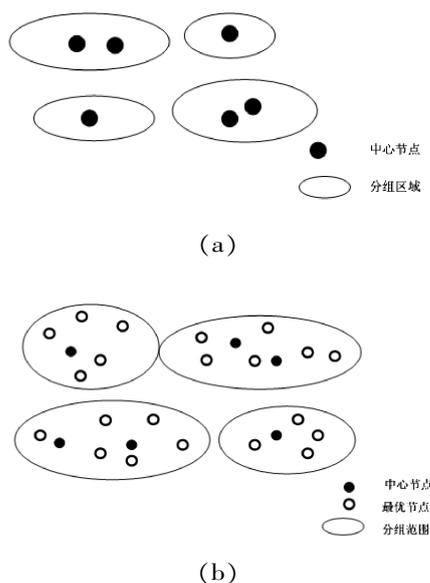


图 3 (a)中心节点分组结果(b)最优节点分组结果
Fig. 3 (a) Result of central node grouping
(b) Result of optimal node grouping

1.4 最优节点更新定位

在一定的时间间隔内,物联网感知层的网络最优节点会根据发布的信息采集指令进行最大距离的移动,为了平衡各个节点之间的移动距离,保证其功能的实现,需要将节点 S_i 在 t 步移动距离定义为:

$$d_i(t) = \left(\frac{1}{1-ue^{\frac{1}{|F_i(t-1)|}}} \right) \max(\text{step} \times e^{\frac{1}{|F_i(t)|}}) \quad (8)$$

节点 S_i 在 t 步的位置更新情况通过式(9)来计算:

$$S_{t-\text{new}}(t) = S_{t-\text{old}}(t) + \frac{F_i(t)}{|F_i(t)|} d_i(t) \quad (9)$$

上式中, u 为网络最优节点的平衡权值, $S_{t-\text{new}}$ 和 $S_{t-\text{old}}$ 分别表示感知层节点 S_i 在 t 步范围内的初始位置和终止位置^[10], $F_i(t)$ 为网络最优节点在 t 步内的所承受的虚拟合力, $\max(\text{step})$ 为节点单次移动的最大步长。

在此基础上进行中心节点的更新定位,得到中心节点的坐标位置 $X=(x,y)$ 。已知 k 个感知节点所接收到的信号强度 P , 则定位结果可以通过中心节点的定位结果与信号强度来估计:

$$P_{(x,y)} = Q - 10 \beta \lg(d_{ij}) + n_{\text{db}} \quad (10)$$

式中, Q 表示节点信号的发射功率, β 为常量参数。通过公式得到中心位置的更新定位结果。

1.5 控制网络最优节点间传输距离

在得到更新位置的前提下,对网络最优节点之间的传输距离进行控制,在相同的分组组别当中,假设物联网感知层的最优节点为 A、B、C、D、E、F, 其中 A 为感知层的采集节点, B 到 F 节点为网络经过的中间节点,最终到达网络接收终端,传输过程如图 4 所示。

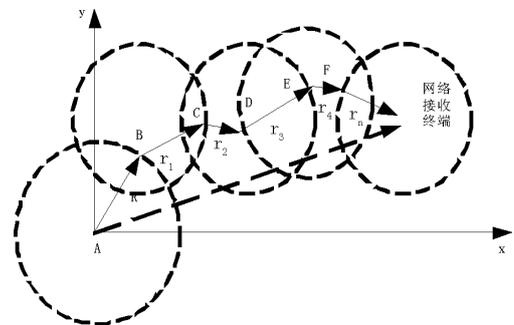


图 4 节点传输距离控制示意图

Fig. 4 Control of node transmission distance

在节点分组传输过程中,采用测距部署的方法,计算相邻节点之间的距离,并按照节点的覆盖范围设定该组节点之间的传输距离阈值^[11]。网络最优节点在

执行任务以及自由移动的过程当中,需要遵循两个条件,一个是相邻两节点之间需要保证在阈值范围之内,另一个条件为节点与该组中心节点的距离,控制在 $\max(\text{step})$ 之内。在节点的传输距离控制完成之后,覆盖范围即为以中心节点为中心,信号传输最远距离为半径的圆的并集。

1.6 感知层网络节点连通实现分组部署

在物联网感知层网络节点的传输过程中,将网络节点进行连通,保证节点之间的协同数据处理工作。提出节点的连通加权率为:

$$g(x)=\max(\sigma_1 F+\sigma_2 F'), \quad (11)$$

式中 σ_1 和 σ_2 表示的是连通率的归一化权值, F 和 F' 分别表示连通前的节点数据集和连通后的节点数据集。将感知层网络节点连通之后,对新的节点位置进行计算,并与初始位置进行比较,保留较大值并重新赋值给 $X^{[12]}$ 。最终的物联网感知层网络最优节点分组部署结果如图 5 所示。

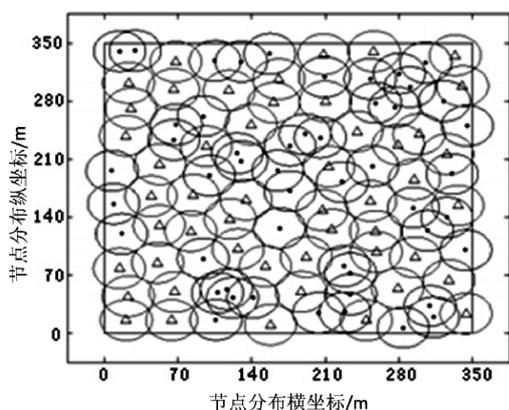


图 5 节点分组部署输出结果

Fig. 5 Node grouping deployment output

2 仿真实验与分析

为了检验物联网感知层网络最优节点分组部署方法的有效性,以网络覆盖率为实验指标进行仿真实验研究,以下为仿真实验结果。通过对实验结果的分析,验证研究方法的有效性。

2.1 实验环境

此次验证实验选用 NS3 仿真工具作为网络节点分组部署的仿真平台。NS3 仿真工具属于一种开源的离散事件网络节点模拟器,使用 C++ 与 Java 语言进行

编码的语言实现,同时也支持 Python 等语言脚本代码的运行。在物联网感知层网络最优节点分组部署方法的验证仿真实验当中,借助 NS3 仿真工具来搭建一个多节点的物联网感知层,其界面如图 6 所示。



图 6 仿真环境生成的大规模网络节点场景

Fig. 6 A large-scale network node scenario generated by the simulation environment

在此环境下,设置网络最优节点的部署区域面积为 $100\text{ m}\times 100\text{ m}$,总节点个数为 100 个,使用随机部署方式确定网络节点的初始状态,物联网感知层节点的感知半径以及通信半径分别为 5 和 10 m。在此实验环境下,进行仿真验证的具体操作。

2.2 仿真实验过程

在保证网络连通性质完好的情况下,对物联网感知层节点分组部署方法的网络覆盖率进行仿真实验验证。选取仿真环境中的 100 个节点,平均将其分为两组。其中编号为 1~50 的节点使用传统的网络节点部署方法进行部署。而编号为 51~100 的节点使用设计完成的最优节点分组部署方法进行部署。规定两组节点的初始部署覆盖率为 72.64%,综合节点的最大与最小传输半径,可以计算出每一个节点的网络覆盖范围,进而得出网络最优节点分组部署方法节点数与分组传输半径之间的关系。参考仿真实验中节点数与分组传输半径的关系,可以分别得出网络最优节点分组部署方法的覆盖率计算结果。同理得出传统方法节点数与传输半径之间的关系,进而计算传统部署方法的网络覆盖率。

2.3 仿真实验结论

经过仿真实验过程得到两种方法下的节点数与分组传输半径的关系数据如表 1 所示。

表 1 节点数与分组传输半径的关系表

Tab.1 The relationship between the number of nodes and

the packet transmission radius

| 实验方法 | 传输半径/m | 覆盖范围/m ² | 节点数量/个 |
|----------------------------|--------|---------------------|--------|
| 传统网络节点 部署方法 | 10 | 2826.00 | 10 |
| | 20 | 3846.50 | 20 |
| | 30 | 5024.00 | 30 |
| | 40 | 6358.50 | 40 |
| | 50 | 7850.00 | 50 |
| 物联网感知层 网络最优节点 分组部署方法 | 10 | 3004.00 | 10 |
| | 20 | 5386.50 | 20 |
| | 30 | 7096.00 | 30 |
| | 40 | 9434.50 | 40 |
| | 50 | 12400.00 | 50 |

网络覆盖率的计算公式为:

$$\eta = \frac{\hat{S}(R_i - R_{i-1})}{a}, \quad (12)$$

式中: \hat{S} 为覆盖范围; R_i 和 R_{i-1} 分别表示前后两个节点传输半径的值; a 为部署的节点数量。分别将表 1 当中的数据代入到式(12)当中,得到有关于网络覆盖率的实验结果。计算传统部署方法的平均网络覆盖率为 95.94%,而物联网感知层网络最优节点分组部署方法的平均节点覆盖率为 97.69%,相差 1.75%,较高的节点覆盖率保证了物联网感知层网络最优节点分组部署的优良效果。

3 结束语

在物联网环境下,通过使用网络最优节点分组部署方法,能够保证网络覆盖率,得到了较好的应用结果。由于仿真实验当中设置的节点数量较少,无法得到有关于网络安全连通度的实验结果。因此在下一阶

段的工作研究当中,需要对安全连通问题进行实验对比与验证,以提供更符合实际的结果,保证网络最优节点分组部署方法在物联网感知层内的应用价值。

参考文献:

- [1] 胡向东,王瑞,胡蓉.一种改进的物联网感知层簇维护优化算法[J].系统工程与电子技术,2017,39(1):198-205.
- [2] 唐玲,曹莉,乐英高等.基于路径优化策略的物联网感知层数据收集研究[J].组合机床与自动化加工技术,2017,14(7):137-141.
- [3] 钱开国,王玉见.一种面向物联网的感知节点 Amorphous 定位改进算法研究[J].昆明学院学报,2017,35(6):58-62.
- [4] 徐力,车念.网络节点均衡性优化控制模型仿真研究[J].计算机仿真,2017,34(4):271-275.
- [5] 谭景文.移动通信网络节点最优路径选择仿真研究[J].信息通信,2017(4):192-193.
- [6] 吴东民,谢涛.移动通信网络中继节点部署优化方法研究[J].计算机仿真,2017,34(3):301-304.
- [7] 朱正伟,刁小敏,郭晓等.基于改进混合粒子群优化算法的移动节点部署研究[J].传感器与微系统,2018,37(6):155-157+162.
- [8] 罗恒,郭爱煌,倪启东等.基于温度空间分布的传感节点部署最优化研究[J].计算机测量与控制,2018,26(4):236-240.
- [9] 申栋,孙子文.异构无线传感器网络密钥管理节点分组部署方案[J].小型微型计算机系统,2018,39(6):148-152.
- [10] 周宇,王红军,林绪森.分布式无线感知网络节点部署算法研究[J].信号处理,2017,33(3):359-366.
- [11] 滕志军,张力,郭力文等.基于密集度的虚拟力节点部署算法[J].传感技术学报,2018,31(7):96-100+120.
- [12] 孙子文,申栋.基于安全连接的 WSN 节点优化部署[J].传感技术学报,2018,31(7):101-108.

(责任编辑:叶丽娜)

Simulation of Optimal Node Packet Deployment in the Perception Layer Network of the Internet of Things

QU Xia HUA Jianxiang

(Automation Engineering Department, Fujian Forestry Vocational and Technical College, Nanping, Fujian 353000)

Abstract: A new optimal node grouping deployment method is proposed in the perceptive layer of the Internet of things. In this method, the objective function and constraint conditions of node packet deployment are established, and the sensor layer network node deployment model is built. The optimal number of nodes is estimated by solving the optimal solution set of the network node, and the distance between the optimal nodes is calculated to achieve node grouping, and the updated location results are obtained. Based on the updated positioning results, the transmission threshold of nodes is set up to control the optimal transmission distance between nodes, connect the perception layer nodes of the Internet of Things, and achieve packet deployment. The simulation results show that the average network coverage of the traditional deployment method is 95.94%, while the average network coverage of the optimal node group deployment method is 97.69%, compared with 1.75%.

Key words: perception layer of internet of things; network node; perception layer node; group deployment; optimal node

非自治具有食饵感染的捕食食饵 竞争系统的持久性设计

李 超, 郑 航, 秦天红

(武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300)

摘 要:通过应用比较原理,以一类非自治的具有食饵感染的捕食者-食饵系统为研究对象,分析该系统的动力学行为,结果表明,该系统具有持久性,并给出系统持久的条件。

关键词:非自治;竞争;比较原理;持久性

中图分类号: O175 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0049-05

1 研究的背景与意义

20 世纪初, Lotka^[1]、Voterra^[2]最早提出著名 Lotka-Voterra 模型后,引发了对各类捕食者-被捕食者模型的研究热潮。传染病模型也是流行病学研究中重要的研究课题。Kermack 等^[3]在对流行病的独创性工作之后,流行病模型也一直有不少学者做了很多研究。这些年来,它们都得到了相当的发展。但将两个领域结合研究却在上世纪末才出现,此后越来越多研究者致力于将两者结合进行研究,于是出现了生态流行病学这种新的模型。

Anderson 等^[4]和 Haderl 等^[5]较早将种群生态学与流行病动力学相结合。随后,该领域的研究者们开始在不同的条件因素下,对有疾病传播的捕食模型进行

了相应的研究。Venturino^[6], Chattopadhyay 等^[7]以及 Xiao 等^[8]学者分别对疾病在食饵和捕食者之间传播的模型,并取得一些新的成果。张江山等^[9]和杨亚莉等^[10]通过对捕食系统中捕食者有疾病的生态流行病模型进行了研究,找到了平衡点并给出平衡点渐近稳定的条件。近几年,也不乏在对具有疾病感染的捕食系统的研究。王晓庆等^[11]考虑疾病在食饵中传播的捕食食饵模型,证明了正平衡点的局部渐近稳定性,并讨论了引入时滞后正平衡点的稳定性。刘烁等^[12]对具有垂直传播的 SI 捕食传染病模型进行研究,得到了关于平衡点全局渐近稳定的充要条件。章培军等^[13]应用微分方程分支理论,讨论了食饵具有传染病和两时滞的捕食模型的稳定性和 Hopf 分支问题。王丽莎等^[14]讨论了食饵感染疾病的 Lotka-Voterra 捕食-被捕食模型的平衡点及稳定、中心流形上的周期解,并给出了传染病流行的阈值。将捕食系统与流行病结合起来研究,一直受到众多学者的关注和研究,中间也取得不少研究成果。但发现在结合二者的研究中大部分偏向于系统的有界性、平衡点、渐近稳定和 Hopf 分支等方面的研究,而对于系统持久性等方面的研究较少。受张艳^[15]、胡新利^[16]、钟小容^[17]的启发,本文研究一类非

收稿日期:2019-08-14

基金项目:福建省中青年教师教育科研项目(JT180558);
福建省自然科学基金项目(2018J01428)。

作者简介:李超(1990-),男,汉族,助教,主要从事组合优化、微分方程的研究。

自治具有食饵感染的捕食-食饵时间系统,假设系统中的食饵感染疾病,主要研究了该系统动力学行为,采用比较原理证明了该系统具有持久性并给出系统持久的条件。

2 非自治具有食饵感染的捕食食饵竞争系统模型

2.1 模型的建立

捕食食饵系统的模型是生态种群学的研究中比较常见的模型,而带有疾病的捕食食饵模型则是在将种群动力学与流行病学动力学两者研究相结合后被建立的,因为在捕食系统中将流行病考虑到进去,符合实际同时也更加具有现实意义。二者的结合基本分为三种,分别是食饵具有流行病,只有捕食者有流行病以及捕食者和食饵均有流行病。

Kant 等^[18]曾对食饵感染疾病的捕食-被捕食者模型进行过讨论,具体模型如下:

$$\begin{cases} \dot{S}(t) = rS(1 - \frac{S+I}{K}) - SI\beta - p_1SY \\ \dot{I}(t) = SI\beta - p_2IY - (c+d_1) \\ \dot{Y}(t) = -d_2Y + q_1p_1S(t)Y(t) + q_2p_2I(t)Y(t) \end{cases} \quad (1)$$

式(1)考虑的模型是自治。但考虑到现实情况,模型中的参数可能会随着时间的变化而改变,所以考虑非自治的模型更能够体现实际情况。与此同时,除了物种之间有竞争之外,每一物种内部也存在竞争。因此本文将模型进行了改进,加入染病食饵内部竞争,捕食者内部竞争。改进后的非自治捕食食饵模型如下:

$$\begin{cases} \dot{S}(t) = r(t)S(t)(1 - \frac{S(t)+I(t)}{K(t)}) - \beta(t)S(t)I(t) - p_1(t)S(t)Y(t) \\ \dot{I}(t) = \beta(t)S(t)I(t) - p_2(t)I(t)Y(t) - (c(t)+d_1(t)) - e_1(t)I^2(t) \\ \dot{Y}(t) = -d_2(t)Y(t) + k_1(t)p_1(t)S(t)Y(t) + k_2(t)p_2(t)I(t)Y(t) - e_2(t)Y^2(t) \end{cases} \quad (2)$$

其中, $S(t)$ 是易感染食饵在时间 t 时的总数, $I(t)$ 是染病食饵在时间 t 时的总数, $Y(t)$ 是捕食者在时间 t 时的总数。其他参数的具体含义见表 1。

表 1 参数的具体含义

Tab. 1 The meaning of parameters

| 参数符号 | 含义 |
|------------|-----------------|
| $r(t)$ | 食饵的种群内禀增长率 |
| $K(t)$ | 环境对食饵种群的最大承载能力 |
| $\beta(t)$ | 疾病传播率(为双向线性传播即) |
| $p_1(t)$ | 易感染食饵的被捕食率 |
| $p_2(t)$ | 染病食饵的被捕食率 |
| $c(t)$ | 染病食饵的因病死亡率 |
| $d_1(t)$ | 染病食饵的自然死亡率 |
| $e_1(t)$ | 染病食饵种群内的竞争系数 |
| $d_2(t)$ | 捕食者的自然死亡率 |
| $k_1(t)$ | 易感染食饵向捕食者的转换率数 |
| $k_2(t)$ | 染病食饵向捕食者的转换率数 |
| $e_2(t)$ | 捕食者种群内的竞争系数 |

讨论主要围绕模型(2)展开,现假设 $r(t), K(t), p_1(t), p_2(t), \beta(t), c(t), d_1(t), d_2(t), k_1(t), k_2(t), e_1(t), e_2(t)$ 是关于时间 t 的连续且严格大于零的函数,均有上界和下界。如果 $g(t)$ 是定义在 $[0, +\infty)$ 上连续有界函数,引入记号:

$$g^L = \inf_{[0, +\infty)} \{g(t), t \in [0, +\infty)\}, g^M = \sup_{[0, +\infty)} \{g(t), t \in [0, +\infty)\},$$

后面的讨论均在以下条件中进行

$$\begin{aligned} \min \{r^L, K^L, \beta^L, p_i^L, c^L, d_i^L, e_i^L, k_i^L (i=1,2)\} &> 0, \\ \max \{r^M, K^M, \beta^M, p_i^M, c^M, d_i^M, e_i^M, k_i^M (i=1,2)\} &< +\infty. \end{aligned}$$

2.2 持久性

引理 1 如果系统 $(S(0)>0, I(0)>0, Y(0)>0)$, 则 $(S(t)>0, I(t)>0, Y(t)>0)$,

$R_+^3 = \{(S(t), I(t), Y(t))^T \mid S(t)>0, I(t)>0, Y(t)>0\}$ 即为(1)系统的正向不变集^[19]。

证明: 对于 $\forall t \in [0, +\infty)$ 和 $(S(t), I(t), Y(t))^T \in R_+^3$ 有

$$S(t) = S(0) \exp \left\{ \int_0^t g_1(s, S(s), I(s), Y(s)) ds \right\} > 0,$$

$$I(t) = I(0) \exp \left\{ \int_0^t g_2(s, S(s), I(s), Y(s)) ds \right\} > 0,$$

$$Y(t) = Y(0) \exp \left\{ \int_0^t g_3(s, S(s), I(s), Y(s)) ds \right\} > 0,$$

故系统(2)满足 $(S(0)>0, I(0)>0, Y(0)>0)$ 。解 $(S(t)>0, I(t)>0, Y(t)>0)$, 由此引理得证。

引理 2 如果 $a>0, b>0$ 且 $\dot{x} \geq (\leq) x(b-ax^a)$, 这里 a 是正常数^[20], 有:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \inf x(t) \geq \left(\frac{b}{a}\right)^{1/a} \quad \left(\lim_{t \rightarrow +\infty} \sup x(t) \leq \left(\frac{b}{a}\right)^{1/a}\right).$$

定理 1 为了方便讨论,引入下列记号:

$$M_1 = K^M, M_2 = \frac{\beta^M M_1 - c^L - d_1^L}{e_1}, M_3 = \frac{k_1^M p_1^M M_1 + k_2^M p_2^M M_2 - d_1^L}{e_2},$$

$$m_1 = \frac{K^L r^L - (r^M + K^M \beta^M) M_2 - K^M p_1^M M_3}{r^M}, m_2 = \frac{\beta^L m_1 - p_2^M M_3 - c^M - d_1^M}{e_1},$$

$$m_3 = \frac{k_1^L p_1^L m_1 + k_2^L p_2^L m_2 - d_2^m}{e_2},$$

若(2)系统满足下列(A₁)~(A₅):

$$(A_1): \beta^M M_1 - c^L - d_1^L > 0;$$

$$(A_2): k_1^M p_1^M M_1 + k_2^M p_2^M M_2 - d_1^L > 0;$$

$$(A_3): K^L r^L - (r^M + K^M \beta^M) M_2 - K^M p_1^M M_3 > 0;$$

$$(A_4): \beta^L m_1 - p_2^M M_3 - c^M - d_1^M > 0;$$

$$(A_5): k_1^L p_1^L m_1 + k_2^L p_2^L m_2 - d_2^m > 0;$$

则称(2)系统具有持久性。

证明: 假设 $X(t) = \{S(t), I(t), Y(t)\}$ 为满足初始条件的任意正解。要证系统(2)是具有持久性,只需证明存在区域:

$G = \{(S(t), I(t), Y(t))^T \mid m_1 \leq S(t) \leq M_1, m_2 \leq I(t) \leq M_2, m_3 \leq Y(t) \leq M_3\} \subset \text{int } R^3_+$, 使得存在 $T > 0$, 当 $t > T$ 时, 使得 $X(t) \in G$ 其中 m_i, M_i 分别满足:

$$0 < m_i < m_i - \varepsilon, M_i < M_i + \varepsilon, (i=1,2,3)$$

其中 ε 为大于零又充分小的正数。

从(2)系统的第 1 个方程,可以作出如下推导:

$$\dot{S}(t) \leq S(t) \left[r(t) \left(1 - \frac{S(t)+I(t)}{K(t)} \right) \right] \leq$$

$$S(t) \left[r(t) \frac{r(t)}{K(t)} S(t) \right] \leq$$

$$\frac{r^M}{K^L} S(t) [K^M - S(t)], \quad (3)$$

由引理 2 和式(3),可以得到:

$$\limsup_{t \rightarrow +\infty} S(t) \leq K^M @ M_1, \quad (4)$$

由式(4),对 $\forall \varepsilon > 0$ 且充分小,使 $\beta^M M_1 - c^L - d_1^L > 0$, 存在足够大的 T_0 , 在 $t \geq T_0$ 时,有:

$$S(t) \leq M_1 + \varepsilon, \quad (5)$$

由(2)系统的第 2 个方程及(5)式,当 $t \geq T_0$ 时,可作如下推导:

$$\dot{I}(t) \leq I(t) [\beta(t)S(t) - c(t) - d_1(t) - e_1(t)I(t)],$$

$$\leq e_1^M I(t) \left[\frac{\beta^M (M_1 + \varepsilon) - c^L - d_1^L}{e_1} - I(t) \right]. \quad (6)$$

根据引理 2 和(6)式,可以得到:

$$\limsup_{t \rightarrow +\infty} I(t) \leq \frac{\beta^M (M_1 + \varepsilon) - c^L - d_1^L}{e_1},$$

令 $\varepsilon \rightarrow 0$, 则

$$\limsup_{t \rightarrow +\infty} I(t) \leq \frac{\beta^M (M_1 + \varepsilon) - c^L - d_1^L}{e_1} @ M_2, \quad (7)$$

由(7)式,对 $\varepsilon > 0$ 且充分小,使得 $k_1^M p_1^M (M_1 + \varepsilon) + k_2^M p_2^M (M_2 + \varepsilon) - d_1^L > 0$, 存在 $T_1 > T_0$, 当 $t \geq T_0$ 时,有:

$$I(t) \leq M_2 + \varepsilon. \quad (8)$$

同理,由(2)的第 3 个方程及式(5)、(8),当 $t \geq T_1$ 时,可进行如下推导:

$$\dot{Y}(t) \leq Y(t) [k_1(t)p_1(t)S(t) + k_2(t)p_2(t)I(t) - d_2(t) - e_2(t)Y(t)] \leq$$

$$e_2^M Y(t) \left[\frac{k_1^M p_1^M (M_1 + \varepsilon) + k_2^M p_2^M (M_2 + \varepsilon) - d_1^L}{e_2} - Y(t) \right]. \quad (9)$$

根据引理 2 和式(9),可以得到:

$$\limsup_{t \rightarrow +\infty} Y(t) \leq \frac{k_1^M p_1^M (M_1 + \varepsilon) + k_2^M p_2^M (M_2 + \varepsilon) - d_1^L}{e_2},$$

令 $\varepsilon \rightarrow 0$, 则:

$$\limsup_{t \rightarrow +\infty} Y(t) \leq \frac{k_1^M p_1^M M_1 + k_2^M p_2^M M_2 - d_1^L}{e_2} @ M_3, \quad (10)$$

由(10)式,对 $\varepsilon > 0$ 且充分小,使得

$$K^L r^L - (r^M + K^M \beta^M) (M_2 + \varepsilon) - K^M p_1^M (M_3 + \varepsilon) > 0,$$

由比较原理可知,存在 $T_2 > T_1$, 当 $t > T_2$ 时,有

$$Y(t) \leq M_3 + \varepsilon, \quad (11)$$

由(2)的第 1 个方程及(7)式和(10)式,当 $t \geq T_2$ 时,有可作出如下推导:

$$\begin{aligned} \dot{S}(t) = & S(t) \left[r(t) - \frac{r(t)(S(t)-I(t))}{K(t)} - \beta(t)I(t) - p_1(t)Y(t) \right], \geq \\ & \frac{r}{K^M} S(t) \left[\frac{K^L r - (r + K^M \beta^M)I(t) - K^M p_1^M Y(t)}{r^M} - S(t) \right] \geq \\ & \frac{r}{K^M} S(t) \left[\frac{K^L r - (r + K^M \beta^M)(M_2 + \varepsilon) - K^M p_1^M (M_3 + \varepsilon)}{r^M} - S(t) \right]. \end{aligned} \tag{12}$$

根据引理 2 和式(12),可以得到

$$\liminf_{t \rightarrow +\infty} S(t) \geq \frac{K^L r - (r + K^M \beta^M)(M_2 + \varepsilon) - K^M p_1^M (M_3 + \varepsilon)}{r^M},$$

令 $\varepsilon \rightarrow 0$, 则:

$$\liminf_{t \rightarrow +\infty} S(t) \geq \frac{K^L r - (r + K^M \beta^M)M_2 - K^M p_1^M M_3}{r^M} @m_1, \tag{13}$$

由式(13),对 $\varepsilon > 0$ 且充分小,可使:

$$\beta^L (m_1 - \varepsilon) - p_2^M (M_3 + \varepsilon) - c^M - d_1^M > 0,$$

由比较原理可知,存在 $T_3 \geq T_2$,当 $t \geq T_3$ 时,有

$$S(t) \geq m_1 - \varepsilon. \tag{14}$$

由(2)的第 2 个方程,(11)和(14)式,当 $t \geq T_3$ 时,可进行如下推导:

$$\begin{aligned} \dot{I}(t) \leq & I(t) [\beta(t)S(t) - p_2(t)Y(t) - c(t) - d_1(t) - e_1(t)I(t)] \geq \\ & e_1^L I(t) \left[\frac{\beta^L S(t) - p_2^M Y(t) - c^M - d_1^M}{e_1^M} - I(t) \right] \geq \\ & e_1^L I(t) \left[\frac{\beta^L (m_1 - \varepsilon) - p_2^M (M_3 + \varepsilon) - c^M - d_1^M}{e_1^M} - I(t) \right]. \end{aligned} \tag{15}$$

根据引理 2 和(15),可以得到

$$\liminf_{t \rightarrow +\infty} I(t) \geq \frac{\beta^L (m_1 - \varepsilon) - p_2^M (M_3 + \varepsilon) - c^M - d_1^M}{e_1^M},$$

令 $\varepsilon \rightarrow 0$, 则

$$\liminf_{t \rightarrow +\infty} I(t) \geq \frac{\beta^L m_1 - p_2^M M_3 - c^M - d_1^M}{e_1^M} @m_2, \tag{16}$$

由(16)式,对 $\varepsilon > 0$ 且足够小,可使 $k_1^L p_1^L (m_1 - \varepsilon) + k_2^L p_2^L (m_2 - \varepsilon) - d_2^M > 0$,由比较原理可知,存在 $T_4 \geq T_3$,当 $t \geq T_4$ 时,有

$$I(t) \geq m_2 - \varepsilon, \tag{17}$$

由(2)的第三个方程及式(14)、(17),当 $t \geq T_4$ 时,可作如下推导:

$$\begin{aligned} \dot{Y}(t) = & Y(t) [k_1(t)p_1(t)S(t) + k_2(t)p_2(t)I(t) - d_2(t) - e_2(t)Y(t)] \geq \\ & e_2^L Y(t) \left[\frac{k_1^L p_1^L S(t) + k_2^L p_2^L I(t) - d_2^M}{e_2^M} - Y(t) \right] \geq \\ & e_2^L Y(t) \left[\frac{k_1^L p_1^L (m_1 - \varepsilon) + k_2^L p_2^L (m_2 - \varepsilon) - d_2^M}{e_2^M} - Y(t) \right], \end{aligned} \tag{18}$$

由引理 2 以及(18)式,有

$$\liminf_{t \rightarrow +\infty} Y(t) \geq \frac{k_1^L p_1^L (m_1 - \varepsilon) + k_2^L p_2^L (m_2 - \varepsilon) - d_2^M}{e_2^M}$$

令 $\varepsilon \rightarrow 0$, 有

$$\liminf_{t \rightarrow +\infty} Y(t) \geq \frac{k_1^L p_1^L m_1 + k_2^L p_2^L m_2 - d_2^M}{e_2^M} @m_3. \tag{19}$$

综上所述,令 $T \geq T_4$,当 $t \geq T$,有 $m_1 \leq S(t) \leq M_1$, $m_2 \leq I(t) \leq M_2$, $m_3 \leq Y(t) \leq M_3$, 即当 $t \geq T$ 时, $X(t) = \{S(t), I(t), Y(t)\} \in G$, 同时系统满足定理 1, 故(2)系统具有持久性。

参考文献:

- [1] LOTKA A J. Elements of physical biology [J]. American Journal of Public Health, 1926,21(82):341-343.
- [2] VOLTERRA V. Variazioni e fluttuazioni del numero di individui in specie animali conviventi Mem[J]. Accd. Lincei.1926 (2):31-113.
- [3] KERMACK W O, MCKENDRICK A G. Contributions to the mathematical Theory of Epidemics[J]. Proceedings of the Royal Society of London A, 1927 (115): 700 - 721.
- [4] ANDERSON R M, MAY R. The invasion persistence and spread of infection diseases within animal and plant communities[J]. Phil Trans R Soc London B, 1986,314(1167):533-570.
- [5] HADELER K P, FREEDMAN H I. Predator-prey populations with parasitic infection[J]. J Math Biol, 1989,27(6):609-631.
- [6] VENTURNIO E. The influence of disease on Lotka-Volterra system[J]. Rockymount J Math, 1994(24):381-402.
- [7] CHATTOPADHYAY J, ARIO O. A predator-prey model with disease in the prey[J]. Nonlinear Anal, 1999(36):747-766.
- [8] XIAO Y, CHEN L. Analysis of a three Species Eco-epidemi-

- ological model[J].J Math ,Appl,2001,(258):733-754.
- [9] 张江山,孙树林.捕食者有病的生态-流行病模型的分析[J].生物数学学报,2005,20(2):157-164.
- [10] 杨亚莉,李建全,赵伟.一类捕食者存在疾病的捕食系统传染病模型[J].数学的实践与认识,2009,39(17):104-108.
- [11] 王晓庆,薛亚奎.疾病在食饵中传播的具有时滞的捕食被捕食模型的分析[J].数学的认识与实践,2010,40(17):251-256.
- [12] 刘烁,李文潮,赵清波,等.一类具有垂直传播的SI捕食传染病模型的全局分析[J].数理医药学杂志,2010,23(6):631-633.
- [13] 章培军,张慧.食饵具有传染病和两时滞的捕食-食饵模型[J].世界科技研究与发展,2016,38(6):1202-1206.
- [14] 王丽莎,赵建东.被捕食者感染疾病的Lotka-Volterra捕食-被捕食模型研究[J].鲁东大学学报,2018,34(1):38-43.
- [15] 张艳,刘颖芬.一类捕食者染病的非自治生态流行病模型研究[J].中北大学学报,2013,34(2):103-108.
- [16] 胡新利,王凯明,金上海.一类SIR流行病模型的周期解的存在性的全局存在性[J].纺织高校基础科学学报,2004,17(3):194-207.
- [17] 钟小容,王凤筵,张树文.一类Holling-Tanner生态流行病系统的周期解[J].集美大学学报,2015,20(4):305-310.
- [18] SHASHI K, VIVEK K. Dynamics of a Prey-predator System with infection in prey[J].Electronic Journal of Differential Equations,2017(209):1-27.
- [19] 王宜洁.一类非自治传染病捕食-食饵系统的持久性[J].闽江学院学报,2008,29(2):16-19.
- [20] 林晓.一类捕食-食饵系统的持久性和灭绝性[J].闽江学院学报,2008,29(2):20-39.

(责任编辑:叶丽娜)

Design on the Persistence of Non-Autonomous Predator-Prey Competitive System with Bait Infection

LI Chao, ZHENG Hang, QIN Tianhong

(School of Mathematics and Computer Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: We consider the persistence of a non-autonomous predator-prey competitive system with bait infection by applying comparison principle. Finally, the conclusion is reached that the system is persistent and the conditions for its sustainability are given.

Key words: non-autonomous; competitive; comparison principle; persistence

中国 OFDI 影响其出口产品质量的实证分析

邹良华, 曾卫锋

(集美大学 财经学院, 福建 厦门 361021)

摘要:以 3 854 种产品为对象测度了 2007—2016 年中国出口到 174 个国家的出口产品质量,在东道国需求侧视角下实证分析中国对外直接投资(OFDI)的出口产品质量效应。结果表明,(1)中国在高收入与中等偏上收入国家的 OFDI 对中国出口到这些国家的产品质量存在显著的负效应,而中国在中等偏下收入和低收入国家的 OFDI 对中国出口到这些国家的产品质量的影响并不显著;(2)同中国收入水平差异较大的东道国其人均收入水平的提高会给中国出口产品质量带来显著正的市场深化效应,而同中国收入水平差距较小的东道国其人均收入水平变化对于中国的出口产品质量的影响不显著;(3)东道国市场规模扩张会给中国出口产品质量带来显著负面的市场广化效应;(4)东道国经济危机会给中国出口产品质量带来显著的负面影响。

关键词:对外直接投资;出口产品质量;市场深化效应;市场广化效应

中图分类号:F740.3; F114.46 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0054-06

1 问题的提出

随着世界经济的发展和各国人均收入水平的提高,一方面产品质量竞争已成为国际市场竞争越来越重要的手段,另一方面提高产出质量已成为越来越多国家经济发展的目标。Helpman 等(2004)^[1]的新新贸易理论表明,一国产业内生产率或产品质量水平处于最高区域的那部分企业会以对外直接投资(OFDI)的方式开拓国际市场,而生产率或产品质量水平处于次高区域的那部分企业则会以出口方式开拓国际市场。由此进一步推论:随着一国产出质量水平较高企业 OFDI 规模的不断扩张,是否导致没有进行 OFDI 而留在国内的出口企业它们的出口产品质量下降。即一国

OFDI 是否降低其出口产品质量的整体水平。回答这个问题对于我国今后提高经济发展质量来说无疑具有重要的意义。

本世纪以来中国 OFDI 规模快速扩张,2003 年中国 OFDI 存量为 332 亿美元,2016 年增加到 13 573.9 亿美元^[2-3]。中国 OFDI 规模的扩张是否导致中国出口产品质量的整体水平下降,已经引起了学者们的关注,但是当前相关文献仍然较少。Weng 等(2010)^[4]调查发现,台湾企业的 OFDI 对其产品质量的影响只有 33.4%的企业是积极的。景光正和李平(2016)^[5]从供给侧的角度分析了中国各省 OFDI 对其出口产品质量存在显著的正影响,杜威剑等(2015)^[6]以及邹衍(2016)^[7]也从供给侧的角度实证分析了中国企业 OFDI 对其出口产品质量存在显著的正影响。实际上,对于一国的出口产品质量问题,它既可以从 OFDI 投资国即产品出口国这个供给侧角度去分析,也可以从 OFDI 东道国即产品进口国的需求侧这个角度去分析,但当前人们基本上忽视了从 OFDI 东道国需求侧角度的研究。鉴于此,本文从 OFDI 东道国需求侧角度研究投资国 OFDI 以及东道国收入水平和市场规模等因素对于投

收稿日期:2019-05-07

作者简介:邹良华(1981-),女,汉族,硕士研究生,主要从事国际经济与贸易研究。

通讯作者:曾卫锋(1966-),男,汉族,集美大学财经学院教授,博士,主要从事国际经济理论与政策研究。

资国出口产品质量的影响,以此检验投资国的 OFDI 会不会降低其出口产品质量的整体水平,丰富 OFDI 影响出口产品质量的研究,这种 OFDI 东道国视角的研究可以算是本文的创新尝试。

2 研究假设与模型设定

2.1 研究假设

2.1.1 中国 OFDI 影响其出口产品质量的经济效应

当代新新贸易理论的企业异质性既可以是同等产出质量下企业生产率水平的异质性,也可以是同等生产率水平下企业产出质量的异质性,或者是其他方面的异质性。在 Melitz(2003)^[8]的基础上 Helpman 等(2004)^[11]对异质企业的研究表明,一国产业内生产率水平或产品质量水平处于最高区域的那部分企业会以 OFDI 的方式开拓国际市场,处于次高区域的那部分企业则以出口方式开拓国际市场,而生产率水平或产出质量水平处于较低区域的那些企业只能在国内市场销售产品,水平处于最低区域的那些企业将会被赶出国内外市场。Hallck 等(2009)^[9]的研究支持了 Melitz(2003)^[8]的结论,认为只有高质量产品才能以更高价格在国际市场销售,并获得较大的利润。根据这些研究可以进一步推论:一国 OFDI 有可能会降低其出口产品质量的整体水平。由于当前中国 OFDI 存量排序中非金融类跨国公司 100 强均为中国知名大企业,它们的产品质量往往高于行业内的其他企业。这些企业的 OFDI 有可能会使得没有进行 OFDI 而留在国内的出口企业它们的出口产品质量的整体水平下降。据此提出假设 1。

假设 1: 中国 OFDI 对其出口产品质量存在负效应的影响。

2.1.2 东道国人均收入水平影响中国出口产品质量的市场深化效应

一方面,人均收入水平差异较大的国家之间一般以基于产品相对价格差异的比较优势原则而进行产业间贸易为主,贸易伙伴之间的产品存在互补关系而不是竞争关系,在这种情况下进口国对进口品质量的需求符合需求结构变化的一般规律,即进口国对于进口品质量的需求会随着进口国人均收入水平的提高

而提高,或者说进口国人均收入水平的提高对于出口国的出口产品存在市场深化效应。另一方面,对于人均收入水平差异较小的国家来说,它们之间则以基于重叠需求理论而进行产业内贸易为主,贸易伙伴之间的产品更多的是竞争关系而不是互补关系,在这种情况下,如果出口国具有较强的产品质量竞争能力,则产业内贸易应该能够促进出口产品质量的提高,反之则可能会降低出口国的出口产品质量,而当一国的出口产品质量竞争能力处于中等水平时这种影响可能是不显著的。结合这两方面的分析并考虑到中国出口产品的质量竞争能力在重叠需求的产业内贸易中可能处于中等水平,提出假设 2。

假设 2: 同中国收入水平差异较大的东道国其人均收入水平的提高会给中国出口产品质量带来正的市场深化效应,而同中国收入水平差距较小的东道国其人均收入水平变化对于中国的出口产品质量的影响可能是不显著的。

2.1.3 东道国市场规模影响中国出口产品质量的市场广化效应

进口国市场规模扩张既可能为高质量进口品也可能为质量较低的进口品提供更多市场机会,从这一点来说,如果出口国的出口品整体质量水平较高并且产品质量竞争已经成为该国参与国际市场竞争的主要手段,则进口国市场规模扩张应该会提高出口国出口品的整体质量水平,反之则相反。出口国随着进口国市场规模扩张而能够不断提高其出口产品的整体质量水平,这实际上是一种市场广化效应。鉴于目前相对于发达国家来说中国出口产品整体质量水平相对较低而且产品质量竞争还没有成为中国出口产品参与国际市场竞争的主要手段,因此,提出假设 3。

假设 3: 东道国市场规模扩张可能会给中国出口产品质量带来负面的市场广化效应。

2.1.4 东道国经济危机影响中国出口产品质量的经济效应

东道国经济危机往往既降低该国的人均收入水平又缩小该国的市场规模,从而给出口国同时带来负面的市场深化效应和市场广化效应,有鉴于此,显然可以提出假设 4。

假设 4: 东道国经济危机会给中国出口产品质量

带来负面的经济效应。

2.2 模型设定

为了考察中国 OFDI 对出口产品质量的影响,借鉴 Harding 等(2010)^[10]的方法设定模型:

$$q_{mt} = \alpha + \beta_1 \ln ofdi_{mt} + \beta_2 \ln pgdp_{mt} + \beta_3 \ln gdp_{mt} + \beta_4 crisis_{mt} + \mu_m + \varepsilon_{mt}, \quad (1)$$

其中, m 代表中国 OFDI 的东道国即中国出口产品的进口国; t 代表年份; q_{mt} 为标准化后的中国出口产品的相对质量; $\ln ofdi_{mt}$ 为中国对各国 OFDI 存量的对数; $\ln pgdp_{mt}$ 为东道国人均 GDP 的对数; $\ln gdp_{mt}$ 为东道国 GDP 的对数, 以此作为东道国市场规模的代理变量; 虚拟变量 $crisis_{mt}$ 代表东道国是否存在经济危机; μ_m 表示个体效应, ε_{mt} 表示随机干扰项。

3 数据来源与指标测算

3.1 出口产品质量的测算

借鉴施炳展(2013)^[11]的回归反推法来测度中国对世界各国(地区,下同)的出口产品质量。数据来源于 UN Comtrade database 内 HS02 的 6 位编码 160100 到

961800 项商品,数据涵盖所有制造业的出口。最终获取 2007 年至 2016 年中国对 174 个国家(地区)3 854 种产品的出口数据,数据具有产品(i)—进口国(m)—年份(t)3 个维度,数据总量为 311 万条。提取出口总价值量及出口数量(Q),计算相关价格(P),按照 HS02 六位下的单一产品使用以下(2)式进行回归,共进行 3 854 个回归。

$$\ln Q_{imt} = X_{imt} - \sigma \ln P_{imt} + \varepsilon_{imt}, \quad (2)$$

其中 X_{imt} 为进口国和年份两个维度的固定效应,回归包含产品质量的残差项。因此产品层面质量为 $\ln \lambda_{imt} = \varepsilon_{imt}/(\sigma-1)$ 。为了方便比较,将产品进行标准化处理并将在国家—年份层面进行加权汇总得到中国出口到 174 个国家的出口产品质量 q_{mt} 。考虑到各国 GDP 与人均 GDP 获取的有限,选择其中 153 个国家作为样本国家。

3.2 其它变量数据来源

中国 OFDI 存量数据来源于历年的《中国对外直接投资统计公报》。各国 GDP 和人均 GDP 数据来源于 World Bank Open Data。样本期间为 2007—2016 年。变量的描述性统计见表 1。

表 1 变量的定义及描述性统计

Tab.1 Definition and descriptive statistics of variables

| 变 量 | 定 义 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|------------|---------------------------------|-------|------|-------|-------|
| q | 标准化之后的产品相对质量,取值为 0 到 1 之间。 | 0.45 | 0.09 | 0.10 | 0.93 |
| $\ln ofdi$ | 中国对各国直接投资的自然对数,单位:亿美元。 | 18.51 | 2.52 | 9.90 | 27.38 |
| $\ln pgdp$ | 东道国的人均 GDP,单位:美元 | 8.60 | 1.53 | 5.14 | 11.69 |
| $\ln gdp$ | 东道国的 GDP,单位:美元 | 24.45 | 2.29 | 18.83 | 30.56 |
| $crisis$ | 经济危机发生;2008 年与 2012 年取 1,其余取 0。 | 0.20 | 0.40 | 0 | 1.00 |

4 模型估计及其结果分析

由于世界各国处于不同的经济发展阶段,产出质量在不同发展水平的经济系统中所处的地位和它们的形成机制可能存在较大差异,因此,模型有必要根据经济发展水平差异将样本国家进行分组研究。这里以世界银行 2018 年 7 月 1 日规定的人均国民总收入作为划分标准,将所有样本国家划分为四组样本,即高收入国家(人均收入大于 12 055 美元)、中等偏上国家(人均收入在 3 896~12 055 美元之间)、中等偏下

国家(人均收入在 996~3 895 美元之间)和低收入国家(人均收入小于 996 美元)。使用 STATA15 版软件进行模型估计。

4.1 基本回归

四组样本的模型估计及其结果如表 2 第(1)、(2)、(3)、(4)列所示。四组样本的 Chow 检验和 LM 检验的 P 值都为零,均拒绝原假设,说明不适合采用混合回归。利用面板数据的虚拟变量考查是否使用变系数模型,在四组样本中,结果表明大部分国家在 1% 的显著水平下与核心变量 $\ln OFDI$ 的交互项回归系数均不显著,因此本文不采用变系数模型,而应该采用变截

距模型。Hausman 检验结果表明,高收入国家 P 值为 0.23,中等偏上收入国家为 0.52,中等偏下收入国家为 0,低收入国家为 0.22,因此高收入、中等偏上收入和低收入国家采用随机效应回归,而中等偏下收入国家采用固定效应回归。由于出口产品质量越高的企业越可能会进行 OFDI,这就可能导致模型(1)存在内生性问题,为此,利用 \ln OFDI 滞后一阶变量作为工具变量对模型进行估计,结果如表 2 所示。

表 2 模型(1)的回归结果

Tab.2 Regression result of model (1)

| 变量 | (1) 高收入 国家 | (2) 中等偏上 收入国家 | (3) 中等偏下 收入国家 | (4) 低收入 国家 | (5) 中高收入 国家 | (6) 中低收入 国家 |
|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| \ln OFDI | -0.01*** (-4.13) | -0.01*** (-3.70) | -0.00 (-0.37) | -0.01 (-1.32) | -0.01*** (-3.52) | 0.00 (0.72) |
| \ln PGDP | 0.03*** (2.62) | -0.01 (-0.41) | 0.33*** (3.67) | 0.05** (2.12) | 0.11** (2.43) | 0.30*** (5.01) |
| \ln GDP | -0.02*** (-4.84) | -0.01** (-2.17) | -0.34*** (-3.87) | -0.02 (-1.44) | -0.11** (-2.56) | -0.30*** (-5.00) |
| crisis | -0.04*** (-5.40) | -0.02*** (-3.78) | -0.03*** (-4.29) | -0.01 (-1.13) | -0.03*** (-6.80) | -0.02*** (-4.09) |
| Comstant | 0.83*** (7.01) | 0.86*** (7.81) | 6.29*** (4.55) | 0.84*** (3.39) | 2.38*** (3.50) | 5.35*** (5.79) |
| Chow 检验 | 8.61 (0.00) | 11.07 (0.00) | 17.97 (0.00) | 16.51 (0.00) | 10.53 (0.00) | 17.29 (0.00) |
| LM 检验 | 425.52 (0.00) | 448.58 (0.00) | 501.27 (0.00) | 404.70 (0.00) | 971.87 (0.00) | 976.26 (0.00) |
| Hausman 检验 | 5.61 (0.23) | 3.21 (0.52) | 15.83 (0.00) | 5.68 (0.22) | 10.93 (0.03) | 13.41 (0.01) |
| Wald P 值 | 90.90 (0.00) | 45.73 (0.00) | 33597.32 (0.00) | 9.56 (0.05) | 59332.32 (0.00) | 58601.00 (0.00) |
| 模型 类型 | 随机效 应(RE) | 随机效 应(RE) | 固定效 应(FE) | 随机效 应(RE) | 固定效 应(FE) | 固定效 应(FE) |
| N | 530 | 410 | 330 | 260 | 940 | 590 |

注:回归系数估计值中的括号内分别为 z 统计量(2SLS 回归),上标星号 ***、** 和 * 分别表示通过了 1%、5% 和 10% 显著性水平的检验;Chow 检验、LM 检验、Hausman 检验和 Wald 均为 P 值

表 2 第(1)、(2)、(3)、(4)列的模型估计结果表明有以下 4 点。

(1)从核心解释变量 \ln OFDI 的系数估计值来看,在高收入和中等偏上收入国家当中,中国 OFDI 对其

出口产品质量会产生非常显著的负效应,这一结果同依据异质企业模型推论得到的结果是完全一致的,即假设 1 得到证实。而在中等偏下收入和低收入国家当中 \ln OFDI 的系数估计值虽然为负数,但都没有通过 10% 显著性水平的检验,即假设 1 没有得到证实,其中的原因很可能是因为中国对于这两类国家 OFDI 的流量规模和存量规模都普遍较小,对于这两类国家近年的直接投资有些甚至小到每年只有二三十万美元,从而使得中国对这两类国家的 OFDI 不会对出口产品质量产生显著的影响。从高收入和中等偏上收入国家的分析结果看,文章的结果同景光正等(2016)^[5]以及杜威剑等(2015)^[6]等当前的研究结果是完全相反的,当前这些研究表明中国 OFDI 对其出口产品质量会产生显著的正效应。本文的研究同当前的这些研究存在 3 方面的差别:①从东道国需求侧分析中国 OFDI 与其出口产品质量的关系,即除了投资国的 OFDI 这个核心解释变量之外,模型的主要解释变量是东道国的经济变量,而当前的这些研究则从供给侧角度进行分析,即模型的主要解释变量是投资国的经济变量;②度量出口产品质量的方法不同,本文使用反推法测度出口产品质量,而景光正等(2016)^[5]、杜威剑等(2015)^[6]则使用单价法度量出口产品质量;③研究样本存在较大的差异,景光正等(2016)^[5]的样本是中国的省际面板数据,而杜威剑等(2015)^[6]样本时间比较早,是 2001—2006 年的数据,由于样本时间比较早,同现在的情况相比较可能意义不是很大。总的来说,关于高收入和中等偏上收入国家的分析结果同当代异质企业贸易模型的推论是一致的,但当前的研究结果似乎并不符合异质企业贸易模型的推论。

(2)从 \ln PGDP 的系数估计值来看,一方面,高收入、中等偏下收入和低收入国家等它们的人均收入水平同中国的人均收入水平之间存在较大的差距,这些国家的 \ln PGDP 的系数估计值均显著为正,这同需求结构变化的一般规律是完全一致的;另一方面,从中等偏上收入国家(人均收入在 3 896~12 055 美元之间)的情况来看,这些国家的人均收入水平同中国差距相对较小,这类国家的 \ln PGDP 的系数估计值为负数但没有通过 10% 显著性水平的检验,这同按照重叠需求理论进行分析所得到的结论是一致的。结合这两

方面的情况来看,假设2得到了证实。

(3)解释变量 $\ln GDP$ 的系数估计值均为负数,只是低收入国家的系数估计值没有通过10%显著性水平的检验,其主要原因可能是因为低收入国家的市场规模普遍较小从而使得低收入国家的市场规模变化对中国出口产品质量缺乏市场广化效应。除了低收入国家的情况之外,假设3也得到了证实。

(4)代表经济危机的 $crisis$ 其系数估计值显著为负,假设4得以证实,在此不多加分析。

4.2 模型的稳健性检验

将“高收入国家”和“中等偏上收入国家”的样本合并为一个“中高收入国家”样本,将“中等偏下收入国家”和“低收入国家”合并为一个“中低收入国家”的样本,然后使用这两个样本进行稳健性检验。从表2第(5)和第(6)列所示的稳健性检验可见,两类国家的Chow检验和LM检验的 P 值都为零,均拒绝原假设,说明不适用混合回归;利用面板数据的虚拟变量考查是否使用变系数模型,结果表明大部分国家在1%的显著水平下与核心变量 $\ln OFDI$ 的交互项回归系数均不显著,因此不采用变系数模型,而应该采用变截距模型;Hausman检验得到中高收入国家样本的 P 值为0.03,中低收入国家样本的 P 值为0.01,因此均采用固定效应回归;考虑到模型的内生性,利用 $\ln OFDI$ 滞后一阶变量作为工具变量对模型进行估计。从 $\ln OFDI$ 的系数估计值来看,在“中高收入国家”样本中中国的 $OFDI$ 对其出口产品质量会产生显著的负效应,而在“中低收入国家”样本中中国的 $OFDI$ 对其出口的产品质量的影响虽然为正数,但没有通过10%显著性水平的检验。总的来看,这些检验结果表明模型是稳健的。

5 结论及启示

根据 UN Comtrade 数据库六位编码 311 万条数据,首先运用回归反推法测度了 2007—2016 年中国出口到各国的 3 854 种产品的质量,通过建立模型进行实证分析所得到的结果表明:(1) 中国在高收入与中等偏上收入国家的 $OFDI$ 对中国出口到这些国家的产品质量存在显著的负效应,而中国在中等偏下收入

和低收入国家的 $OFDI$ 对中国出口到这些国家的产品质量的影响并不显著;(2) 同中国收入水平差异较大的东道国其人均收入水平的提高会给中国出口产品质量带来显著正的市场深化效应,而同中国收入水平差距较小的东道国其人均收入水平对于中国的出口产品质量的影响不显著;(3) 东道国市场规模扩张会给中国出口产品质量带来显著负面的市场广化效应;(4) 东道国经济危机会给中国出口产品质量带来显著的负面影响。

根据以上结论可以得到两点启示:(1) 中国 $OFDI$ 要防止以牺牲出口产品质量为代价,在鼓励企业“走出去”的同时要注重提高国内出口企业的出口产品质量;(2) 同发达国家相比,中国出口产品的质量竞争力仍然较弱,在重叠需求的产业内贸易中中国还需要通过实施适当的政策措施不断提高出口产品的质量竞争力。

参考文献:

- [1] HELPMAN E, MELITZ M J, YEAPIE S R. Export versus FDI with heterogeneous firms [J]. *The American Economic Review*, 2004(1):300-316.
- [2] 中华人民共和国商务部,中华人民共和国国家统计局,国家外汇管理局. 2011 年度中国对外直接投资统计公报[M]. 北京:中国统计出版社,2012:35.
- [3] 中华人民共和国商务部,中华人民共和国国家统计局,国家外汇管理局. 2016 年度中国对外直接投资统计公报[M]. 北京:中国统计出版社,2017:50.
- [4] WENG Y G, YANG C H, TU F C. Outward foreign direct investment and product quality of domestic productions: an empirical investigation [J]. *Journal of Business Economics and Management*, 2010(3):396-414.
- [5] 景光正,李平. $OFDI$ 是否提升了中国的出口产品质量[J]. *国际贸易问题*, 2016(8):131-142.
- [6] 杜威剑,李梦洁. 对外直接投资会提高企业出口产品质量吗:基于倾向得分匹配的变权估计[J]. *国际贸易问题*, 2015(8):112-122.
- [7] 邹衍. 对外直接投资与内资企业成长:基于出口产品质量的视角[J]. *世界经济与政治论坛*, 2016(6):83-103.
- [8] MELITZ M J. The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity [J]. *Econometrica*, 2003(6):1695-1725.

- [9] HALLAK J C, J SIVADASAN. Firms' exporting behavior under quality constraints[EB/OL].(2009-04-01) [2019-05-07]. <https://www.nber.org/papers/w14928>. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1533201.
- [10] HARDING T, JAVORCIK B S. A touch of sophistication: FDI and unit values of exports[EB/OL].(2010-01-11) [2019-05-07].
- [11] 施炳展. 中国企业出口产品质量异质性: 测度与事实[J]. 经济学(季刊), 2013(1): 263-284.

(责任编辑:白 晔)

An Empirical Analysis on the Impact of China's OFDI on the Quality of its Export Products

ZOU Lianghua, ZENG Weifeng

(School of Finance and Economics, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021)

Abstract: This paper measures the quality of export products in 3854 kinds from China to 174 countries from 2007 to 2016, and then analyzes empirically the effect of China's OFDI on the quality of its export products from the demand-side perspective of importing countries. The results show that: (1) In high-income and upper-middle income countries, China's OFDI has brought a significant negative effect on the quality of its export products. In lower-middle income and low-income countries, China's OFDI has not brought a significant effect on the quality of its export products; (2) The improvement of per capita income level of host countries with large income difference from China has brought a significant positive market deepening effect on the quality of China's export products, while the change of per capita income of host countries with small income gap with China has not brought any significant impact on the quality of China's export products; (3) The expansion of the host country's market scale has brought a significant negative market expansion effect on the quality of China's export products; (4) Economic crisis of the host country has brought a significant negative effect on the quality of China's export products.

Key words: OFDI; quality of export products; market deepening effect; market expansion effect

基于灰色关联度的福州港发展策略分析

吴剑新

(福建船政交通职业学院 交通经济系, 福建 福州 350007)

摘要:在港城经济联动发展的理论基础上,建立福州市港城经济指标体系并收集近 10 a 数据,利用灰色关联度模型分析城市相关产业发展对港口生产指标的影响程度,得到客观的分析结果,结合目前福州港城经济发展的现状和特征,针对性地提出港口融资和自动化码头建设等方面的发展建议,为政府和港口管理者提供福州港发展的决策参考依据。

关键词:港城联动;福州港;灰色关联度;对策建议

中图分类号:F552.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0060-05

港口城市是一种特殊的城市类型,港口是城市的“窗口”,现代化港口建设能够提高城市竞争力。港口的基础设施如码头、库场、公路和铁路等集疏运设施可为临港产业所共享,带动临港产业发展,降低相关企业运输环节和运输成本。城市也为港口发展提供了建设空间、公共设施、科技服务和腹地支持。港口和城市相互促进,共同发展,促进现代化港口城市的兴起^[1]。港城关系研究一直是国内外学术界的热点问题,不断有学者利用定性或定量的方法对该领域进行研究。

国外从 20 世纪 50 年代开始关注港城关系研究。Vigarie^[2]解释了欧洲港城关系的变化;Harvey^[3]从社会学者的角度阐述美国港城空间利用的变化;Hayuthp^[4]从时空和功能的角度解释港城互动,认为港口与城市之间存在一个相互作用的功能区,即临港区;Merckx^[5]提出连续进化港城空间模型,强调港口发展对城市演变的作用;Ducruet Cesar^[6]对比研究欧洲与亚洲港城关系的区域差异,在欧洲港城关系是“核心-边缘”二元论,港口与内陆市场的距离是影响其发展的关键因素,而亚洲港口城市关键在于其自身市场大小,即港

口城市规模论;Olivier 等^[7]提出“大港口,大城市”的概念,即两者相互融合一体化。

由于近几年我国港口行业发展迅猛,引起了港城关系研究的热潮。在定性研究方面,许继琴^[8]以宁波港为例,深入探讨港口对城市发展的促进作用和港口城市发展模式;刘秉镰^[9]发现港口发展的最终目标是实现城市经济的增长,从而实现区域的整体发展;罗萍^[10]提出我国港城互动发展的特点及在发展过程中的误区,深入思考我国港口和城市如何实现互动发展;李晶、吕靖等^[11]总结出港口发展的重要前提是协调港口与区域的关系及港口对区域经济会产生负向作用且此作用不容小觑等;朗宇等^[12]探讨了港口与腹地经济如何实现一体化等问题。在定量研究方面,王金婷^[13]建立 DEA 模型评价辽宁省港口与区域经济之间的关系,创新了港城互动关系定量分析的研究方法;罗芳等^[14]运用相对集中指数(RCI)对上海港和青岛港与城市经济的相互依赖性进行了对比定量分析,提出发展策略;刘丽娜等^[15]结合系统动力学、投入产出法等数学模型,定量分析大连港口对其城市经济的影响;林建华、陈淳^[16]侧重研究港口对厦门城市经济发展的作用,通过分析样本数据得出的一系列对厦门城市发展有重要促进或指示作用的港口指标。

从上文综述可以看出目前的研究更多侧重于研究港口对城市发展的影响,采用定量结合定性的方法分析

收稿日期:2019-04-16

基金项目:2016 年福建省中青年骨干教师科研项目(JB12672S)。

作者简介:吴剑新(1985-),男,汉族,副教授,主要从事港口物流管理研究。

城市产业发展对港口发展的影响。在福建省自贸区和跨境电子商务试点城市的背景下,分析福州市产业发展与港口生产的相关性,提出港口发展的对策建议,进一步带动城市经济发展,有着较强的现实意义。

1 港口生产和城市产业发展的灰色关联度分析

港城系统是一个较为复杂的、包含城市经济子系统和港口经济子系统的综合体。为了对福州港的发展提出针对性的发展建议,对城市经济指标按产业进行细分,利用灰色关联度模型测算主要产业发展对港口生产指标的影响程度。

1.1 灰色关联度模型简介

灰色关联度模型常被用于分析港口产出与城市相关产业间的关联度测算。它是一种多因素统计分析方法,以各因素样本数据为依据,用灰色关联度来描

述因素间关系的强弱、大小和次序。在系统发展过程中,若各因素变化的趋势具有一致性,即同步变化程度较高,则它们关联程度较高;反之,则较低^[7]。灰色关联度测算可以手工计算,也可通过 Matlab、DPS 和 GTMS 等软件完成。

1.2 指标选择和数据收集

为了客观反映城市相关产业发展对港口生产的影响程度,需要构建合理的指标体系。其中港口生产指标体系选择了港口吞吐量和集装箱吞吐量 2 个指标;城市产业发展指标选择了与港口生产相关的 10 个指标,具体的指标体系如表 1 所示。

通过查询福州市统计年鉴与福州市国民经济和社会发展统计公报等资料,收集以上指标体系的具体数据,得到灰色关联度分析的原始数据,具体如表 2 所示。

表 1 灰色关联度分析指标体系表

Tab.1 The index system table of grey relational analysis

| 港口生产指标 | | 城市产业发展指标 | | | |
|--------------|-------------------|-----------------------|------------------|----------------|--------------|
| 港口吞吐量 Y_1 | 工业 X_1 | 建筑业 X_2 | 进出口总额 X_3 | 批发和零售业 X_4 | 房地产业 X_5 |
| 集装箱吞吐量 Y_2 | 交通运输、仓储和邮政业 X_6 | 信息传输、软件和信息技术服务业 X_7 | 科学研究和技术服务业 X_8 | 租赁和商务服务业 X_9 | 金融业 X_{10} |

表 2 福州市港城经济指标原始数据表

Tab.2 The original data table of port-city economic indicators of Fuzhou

| 年份 | 港口吞吐量 /万吨 | 集装箱吞吐量 /万 TEU | 工业 /万亿 | 建筑业 /万亿 | 进出口总额 /万亿 | 批发和零售业 /万亿 | 房地产业 /万亿 | 交通运输、仓储和邮政业 /万亿 | 信息传输、软件和信息技术服务业 /万亿 | 科学研究和技术服务业 /万亿 | 租赁和商务服务业 /万亿 | 金融业 /万亿 |
|-------|--------------|------------------|-----------|------------|--------------|---------------|-------------|--------------------|------------------------|-------------------|-----------------|------------|
| 2008年 | 6 702.59 | 117.66 | 791.24 | 186.06 | 1 389.08 | 250.97 | 124.40 | 133.88 | 90.81 | 32.09 | 98.90 | 136.90 |
| 2009年 | 8 094.11 | 122.27 | 891.64 | 216.55 | 1 219.52 | 274.39 | 130.08 | 138.51 | 100.27 | 35.10 | 112.37 | 155.57 |
| 2010年 | 7 124.79 | 147.05 | 1 127.59 | 274.33 | 1 629.16 | 339.77 | 134.98 | 158.10 | 112.65 | 40.46 | 123.27 | 184.71 |
| 2011年 | 8 218.26 | 166.02 | 1 355.19 | 356.00 | 2 187.97 | 390.34 | 166.07 | 177.58 | 132.84 | 46.70 | 139.60 | 246.16 |
| 2012年 | 9 373.27 | 182.50 | 1 481.99 | 423.51 | 1 952.27 | 420.12 | 222.70 | 182.74 | 136.99 | 52.56 | 179.93 | 290.92 |
| 2013年 | 10 504.87 | 197.79 | 1 654.51 | 485.61 | 1 916.22 | 454.63 | 252.10 | 197.59 | 144.61 | 58.14 | 212.61 | 333.54 |
| 2014年 | 11 942.63 | 221.76 | 1 816.87 | 541.10 | 2 129.59 | 498.44 | 243.23 | 228.99 | 157.02 | 64.87 | 243.02 | 405.69 |
| 2015年 | 11 361.09 | 236.74 | 1 875.26 | 580.40 | 2 065.48 | 514.73 | 261.66 | 243.47 | 211.36 | 76.86 | 329.07 | 454.80 |
| 2016年 | 11 812.10 | 260.77 | 1 978.83 | 621.46 | 2 082.17 | 543.28 | 317.25 | 252.59 | 257.88 | 83.57 | 419.47 | 507.02 |
| 2017年 | 14 586.47 | 324.33 | 2 227.15 | 698.20 | 2 336.03 | 616.00 | 378.82 | 325.56 | 351.98 | 84.05 | 498.88 | 596.62 |

数据来源:福州统计年鉴、福州市国民经济和社会发展统计公报

1.3 灰色关联度测算

将以上数据通过 Matlab 软件进行灰色关联度测算, 分别以港口吞吐量和集装箱吞吐量为参考数列, 以 10 个城市经济发展指标为比较数列, 取分辨系数为 0.5, 经过对数据系列的无量纲化处理、计算差序

列、计算极差等过程, 最终分别得出港口吞吐量和集装箱吞吐量与城市经济发展指标之间的关联度, 并取两者的平均值得出综合关联度。具体关联度数值和排名如表 3 所示。

表 3 福州市港口生产指标与城市发展指标关联度表

Tab.3 The relevance table of Fuzhou port production index and urban development index

| 指标 | 交通运输、仓储和邮政业 | 房地产业 | 进出口总额 | 信息传输、软件和信息技术服务业 | 批发和零售业 | 科学研究和技术服务业 | 工业 | 租赁和商务服务业 | 建筑业 | 金融业 |
|--------|-------------|---------|---------|-----------------|---------|------------|---------|----------|---------|---------|
| 港口吞吐量 | 0.930 6 | 0.900 0 | 0.903 7 | 0.843 2 | 0.818 9 | 0.794 0 | 0.792 3 | 0.695 6 | 0.658 9 | 0.646 7 |
| 排名 | 1 | 3 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 集装箱吞吐量 | 0.955 3 | 0.920 4 | 0.889 6 | 0.840 1 | 0.818 1 | 0.787 2 | 0.786 1 | 0.679 8 | 0.640 7 | 0.627 9 |
| 排名 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 综合关联度 | 0.943 0 | 0.910 2 | 0.896 7 | 0.841 7 | 0.818 5 | 0.790 6 | 0.789 2 | 0.687 7 | 0.649 8 | 0.637 3 |
| 综合排名 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

1.4 灰色关联度分析结果讨论

从灰色关联度分析的结果来看, 不论是以港口吞吐量还是以集装箱吞吐量为参考数列进行测算, 得到的与城市经济发展指标之间的关联度几乎一致, 说明模型较好地反映了相关产业指标与港口生产之间的关联度。

其中交通运输和仓储业与港口生产的关联度最高, 说明福州市公路运输、铁路运输和仓储等行业对港口生产提供了良好的支撑, 整体交通运输和仓储条件较好。福州近十年火爆的房地产市场带动了大量的建房物资进口, 提高了港口货运量; 进出口贸易的增长必然带动港口的国际货物运输量, 所以房地产业和进出口总额这两项指标与港口生产指标的关联度也较高。

信息技术、科学研究和技术服务等行业目前与港口生产关联度中等, 接下来可以进一步将信息化、智能化的技术和手段运用于港口生产之中, 提高港口生产效率。而与港口生产关联度较低的行业为工业和金融业等。

2 福州港发展策略分析

根据上文的实证分析结果, 结合福州市目前产业

发展和港口生产的具体现状, 针对性地提出以下福州港发展的对策建议。

2.1 依托福建自贸区建设大力发展进出口贸易, 提高港口货运量

分析结果显示进出口贸易总额对港口生产影响显著。福建自贸区作为国务院确定的 21 世纪海上丝绸之路核心区, 积极拓展与海丝之路沿线国家和地区的经贸合作。福州作为福建自贸区的重要组成部分, 应借助相关优惠和便利政策, 抓住机遇大力发展进出口贸易。发挥福州市纺织化纤、轻工食品、机械制造和冶金建材等支柱产业的带动作用, 鼓励相关企业入驻自贸区, 借助自贸区的保税政策和延时通关政策, 降低通关和仓储成本, 促进进出口贸易额的增长。同时根据国家战略和福州经济特点, 深化对台经济贸易合作, 力求发挥对台地理位置优势, 推动与台湾之间投资贸易自由化, 促进两岸经济发展。

水路运输尤其是集装箱运输是国际贸易中最重要的货物运输方式。福州进出口贸易的增长必然带来港口货物运输量的增长, 能够提高港口装卸业务收入。同时也对港口的设施设备条件和服务水平提出了更高的要求, 促进港口的升级和建设发展。

2.2 建设港口设施和集疏运体系, 扩展福州港腹地纵深

江阴港区是福建省两大集装箱核心港区之一, 是

全国少有、福建最优的深水良港,应借助天然水深优势,建设大型深水泊位,吸引大型集装箱船舶挂靠,增加航线的密度和广度,提高福州港集装箱吞吐能力,同时提高港口服务水平和通关效率,缓解甚至解决目前存在的福州集装箱运输向南部厦门港分流和向北部浙江港口分流的现状,减少货源流失。

福州地貌多山,目前内陆腹地较浅,通过进一步发展集疏运体系,扩大福州港辐射的经济腹地范围,积极加强与三明、龙岩、南平等无水港间的合作,为福建非沿海企业搭建一站式的国际物流公共服务平台,为企业提供良好的外贸条件,巩固福州港的经济腹地。同时,也可以吸引江西、湖南和湖北等临近省份的货物通过福州港进出口,带动港口生产的发展。

2.3 增加信息化技术投入,发展自动化码头

上文分析结果显示近些年福州市“信息传输、软件和信息技术服务业”及“科学研究和技术服务业”这两个产业的发展与港口生产的关联度较弱。智能自动化码头可以提高30%以上的作业效率,并通过“人机分离”和“人货分离”解决码头作业安全问题,还可以降低废气排放实现“绿色”码头。福州港在码头智能化和自动化方面的发展相对滞后,目前几乎未应用任何智能自动化技术。同处福建省的厦门远海集装箱码头目前已经能够实现全封闭、无人化和系统自动运行;青岛港是目前世界最先进的全自动化码头,并成为世界第七大集装箱港。

2018年福州成为“数字城市”试点,福州港应借此契机增加信息化技术的投入和应用,对传统码头进行升级改造。考虑到成本投入和效益产出的平衡,以福州港目前的吞吐量规模,没有必要立即参照青岛港建设全自动化码头,可先引入自动化岸边机械以提高装卸船效率,缩短船舶在港停留时间;引入自动导引车(AGV)以提高货物在堆场和前沿间的运输效率,后期再根据福州港的吞吐量发展情况,逐步实现全自动化码头建设。

2.4 优化港口融资模式,推动港口设施建设

港口基础设施的建设需要巨额资金作为支撑。在10个城市经济发展指标中,金融业对港口生产指标的影响最低,说明目前福州的金融投资、租赁和金融服务等行业对福州港的建设发展支撑不足,这与港口建

设资金投入大、建设周期长和资金回收慢的特点有很大关系。目前福州港的港口基础设施建设和设备投放,主要依靠政府投资和国企经营的模式,模式比较单一,应该积极拓宽港口融资渠道,促进港口的转型升级。

首先,在福州港工程类基础设施的建设上,目前由当地政府进行主导性投资。可以考虑利用PPP模式(Public-Private-Partnership,公私合营模式),以特许经营的方式引入社会资本,鼓励不同的投资主体加入到福州港的建设中,政府和社会主体互相取长补短,一方面有利于转换政府职能,减轻财政负担,另一方面可以给出资企业一定的政策扶持以降低其投资风险,实现共赢。

其次,在港口机械设备购置和更新方面。福州港可借鉴青岛港和上港集团等大型港口企业的经验,在资金紧缺的情况下采用融资租赁模式进行设备购置和更新。港口将所需设备的型号和规格等信息提交给租赁公司,租赁公司采购相应的设备并出租给福州港,福州港利用设备产生的利润支付租金,待租期满时,设备所有权归福州港所有。借助融资租赁模式不仅可以让福州港加快设备的购置和更新换代,还能避免一次性投入大量资金,极大地降低资金压力,把保存下来的大部分资金作为运营流动资金或用于其它投资。

3 结语

在福建省自贸区和跨境电子商务试点城市的背景下,福州的经济发展和进出口贸易迎来了重要的发展时机,对福州港来说这既是发展机遇同时也是挑战。本文建立了福州港城经济发展指标体系并进行灰色关联度分析,得到的分析结果能够客观反映目前福州港城的发展现状,有效地分析出各城市经济发展指标与港口生产指标关联度的强弱,并以此为依据针对性地提出相应的发展策略,供相关决策者作为决策参考依据。

参考文献:

- [1] 杨伟,宗跃光.河口港城市港城关系建设:以长三角港城南通为例[J].南通大学学报,2009(3):16-21.
- [2] SLACK B, WANG J J. The challenge of peripheral ports: an Asian perspective[J]. *GeoJournal*, 2002, 56(2):159-166.
- [3] SLACK B, BRIAN. Containerization, inter-port competition, and port selection [J]. *Maritime Policy & Management*, 1985, 12(4):293-303.
- [4] HAYUTH Y. The port - urban interface: an area in transition [J]. *Area*, 1982, 14(3):219-224.
- [5] MERCKX F, NOTTEBOOM T, WINKELMANS W. Spatial Models of Waterfront Redevelopment:The Tension between City and Ports Revisited [J].*Proceedings of the IAME 2004 Conference,Lodern,2004.*
- [6] DUCRUET C. Port-city relationships in Europe and Asia[J]. *Journal of International Logistics and Trade*, 2006(2): 13-35.
- [7] OLIVER D, SLACK B. Rethinking the port[J]. *Environment and Planning A*, 2006, 38(8):1409-1427.
- [8] 许继琴.港口带动区域经济发展的理论探讨与建议[J].*宁波经济*,1997(4):10-12.
- [9] 刘秉镰.港城关系机理分析[J].*港口经济*,2002(3):12-14.
- [10] 罗萍. 我国港口与城市互动发展的趋势 [J]. *综合运输*, 2006,28(10):16-20.
- [11] 李晶,吕靖.港口与区域经济互动的的影响机理[J].*大连海事大学学报(社会科学版)*,2008,7(3):60-62.
- [12] 郎宇,黎鹏.论港口与腹地经济一体化的几个理论问题[J].*经济地理*,2005,25(06):767-770.
- [13] 王金婷. 辽宁省港口与区域经济关系有效性评价研究[D].大连:大连海事大学,2008.
- [14] 罗芳,宋培培.青岛港和上海港港城关系的比较分析[J].*福建论坛(人文社会科学版)*,2013(3):148-153.
- [15] 刘丽娜,郭子坚,宋向群.基于系统动力学的港口经济分析[J].*水运工程*,2006(5):18-21.
- [16] 林建华,陈淳.厦口港口经济与城市经济定量分析[J].*厦门科技*,2002(3):34-37.
- [17] 栾贵勤,陈文巧,欧东旭.上海市港城经济联动发展研究:基于建设现代化港口城市的背景[J].*资源开发与市场*,2012(9):793-795.
- [18] 何娴.天津港城互动发展对策研究[J].*物流工程与管理*, 2013(5):45-47.
- [19] 汤天培,曹阳,徐勋倩.基于熵权 TOPSIS 法的现代化国际港口城市发展评价及障碍度分析[J].*长沙理工大学学报(自然科学版)*,2016(9):42-49.
- [20] 杨山,潘婧.港城耦合发展动态模拟与调控策略:以连云港为例[J].*地理研究*,2011(6):1021-1031.
- [21] 陈绍炯.厦门港口与城市经济互动发展研究[D].厦门:集美大学,2016:3-5.
- [22] 廖传波.深圳市港城协调发展研究[D].大连:大连海事大学, 2010:2-5.

(责任编辑:白 晔)

Study on Development Strategy of Fuzhou Port Based on Grey Relational Analysis

WU Jianxin

(Department of Transportation Economic, Fujian Chuanzheng Communications College, Fuzhou, Fujian 350007)

Abstract: Based on the theory of port-city economic linkage development, this paper establishes the Fuzhou port-city economic index system and collects the data in the past ten years. The grey relational analysis model is used to analyze the influence degree of the development of city-related industries on the port production index. The objective analysis results are obtained. Combined with the current situation and characteristics of Fuzhou port-city economic development, the development suggestions of port financing and automated wharf construction are put forward to provide the decision-making basis for the government and port managers.

Key words: linkage of port and city; Fuzhou port; grey relational analysis; countermeasures and suggestions

福建省进出口贸易地区差异分析

谢冰¹, 丘甜², 吴丽清²

(1.福建江夏学院 会计学院, 福建 福州 350108; 2.武夷学院 商学院, 福建 武夷山 354300)

摘要:地区贸易发展水平的差异是地区在发展过程中不可忽视的现象。福建省区域贸易的发展水平不如邻近的长江三角洲和珠江三角洲贸易区,西北内陆山区和东南沿海地区的进出口贸易发展差异明显。根据福建省 2010—2017 年进出口贸易相关数据,选用因子分析对福建省 9 个地市的进出口贸易进行了分析。以福建省区域贸易存在的问题和现状为基础,分析制约福建省区域贸易发展的原因。结果显示,福建省区域贸易发展不协调,区域贸易发展两极分化严重,贸易发展程度差距大。经济实力及自然地理条件差异是影响区域贸易规模扩展的主要原因。因此针对福建省地区贸易的发展差异,提出引进贸易人才、拓宽区域贸易范围和加强区域贸易合作等相关的政策措施,以期促进福建省整体贸易的协调健康发展提供参考。

关键词:进出口贸易;地区差异;因子分析;福建省

中图分类号:F752.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0065-08

区域贸易是区域经济快速增长的引擎。对外贸易在现代社会发展中承担关键作用。我国进出口贸易发展的区位差异在省际层面表现的相当明显,而福建作为一个贸易大省,在经历了 40 a 的改革开放后,进出口贸易也得到了相应的发展,但区域贸易发展却不协调。可以确定的是,进出口贸易的发展是由于地理交通、经济水平、FDI 引入和外贸科技等方面的差异引起的。总之,这些都是造成对外贸易地区差异性的关键问题,阻碍了福建省地区贸易的健康发展,甚至可能会制约着我国经济发展。

对外开放以来,福建省整体贸易显快速发展。但受到历史、地理位置等因素的制约,福建省区域贸易发展呈现出不同水平,区域差异明显。尽管这种差异是必然的,但它对福建省贸易的整体促进有很大影响。因此,全面地研究福建省区域贸易差异对促进福

建省进出口贸易共同发展意义重大。因子分析可以解释各个贸易变量之间的关系,对真实的数据进行分析,并可以找到一些因子代替原来的数据展开分析,验证模型所包含变量之间的相关性,使数据作进一步统计分析。目前,较多国内外学者采用因子分析法研究进出口贸易与地区经济增长的关系。然而,对地区贸易差异方面的研究却很少。中国学者对全球贸易差异研究过,但对福建贸易差异方面的研究也很少。借此对福建省各地区进出口贸易差异进行研究,为福建省外贸规模扩大提供建议。

1 福建省各地市进出口贸易现状

1.1 各地市进出口贸易差距逐步扩大

随着福建省经济特区的建立,福建省整体贸易发展快速,国际贸易总额持续扩大。2007 年福建省贸易总额为 744 亿美元,到 2017 年,其贸易总额达到 1710 亿美元,10 a 间翻了一番,进出口贸易的各项统计指标具有良好的发展势头。但是在其发展过程中,福建省对外贸易分布不均,贸易化差距大的问题也是不可忽视,产生此现象的原因主要由于福建省各地市自身

收稿日期:2019-09-29

基金项目:2019 年省级大学生创新创业训练项目
(201910397003);福建江夏学院科研基金资助
项目(XL20152S)。

作者简介:谢冰(1989-),女,汉族,经济师,主要从事经济
统计研究。

贸易发展不协调,对外合作开放程度也存在差异,厦门等地区开放程度高,发展程度高于内陆地区。政策投资和吸引外资等差异,也直接导致地区贸易发展的差异^[1]。结合图1各城市进出口贸易额,2017年厦门进出口贸易总额最大达到378.04亿美元,而南平贸易总金额仅有0.78亿美元,二者之间相差484.6倍。

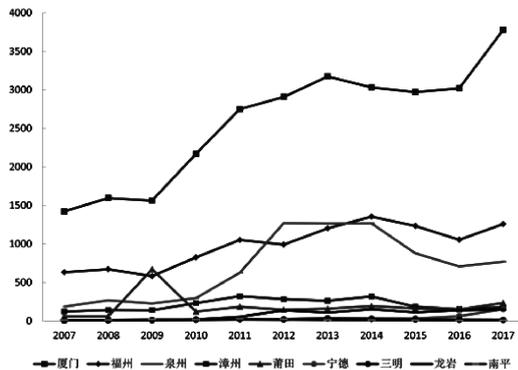


图1 福建省2007—2017年各地区进出口贸易状况
单位:千亿美元

Fig.1 The situation of import and export trade in Fujian Province from 2007 to 2017

注:数据来源 2018 年福建省统计年鉴,下同

1.2 各地市对外贸易依存度普遍较低

福建省社会经济快速发展,2017年地区产值超过32182.09亿元,占全中国3.9%;社会资产投资达到26226.6亿元,占全国的4%;消费品零售额为13023亿元,占全中国3.5%^[2]。福建省经济规模相对较大,但整体贸易额占总产值比例却较低,区域对外贸易依存度也不均衡。结合图2,可以看出厦门、泉州和福州地区,区域贸易发展快速,它们的对外贸易依存度占总产值的比例分别达到64%、12%和11%,而其他地市的对外贸易依存度都处于10%以下,最低的南平市还不到1%。

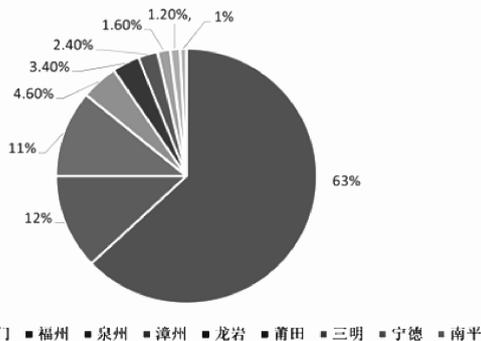


图2 福建省2017年各地市对外贸易依存度占比分布图

Fig.2 Distribution map of foreign trade dependence ratio of Fujian Province in 2017

1.3 各地市外商投资比例失衡

福建省之所以能够稳居进出口贸易前十的省份,外商投资作为一个关键的因素起到重要的推动作用。外资的持续流入缓解了福建省资金和资本不足问题^[3]。但随着进出口贸易实力和水平的上升,福建省区域对外贸易增长的非均衡现象也日益突出。外商投资规模的扩大和区域贸易发展是正相关同步增长的关系。外商主要集中在厦门和福州等地市投资,这些区域的外资投资额占全省70.89%,这种不平衡的投资比例加大了区域贸易的差距,影响福建省外资利用的总体水平及质量。

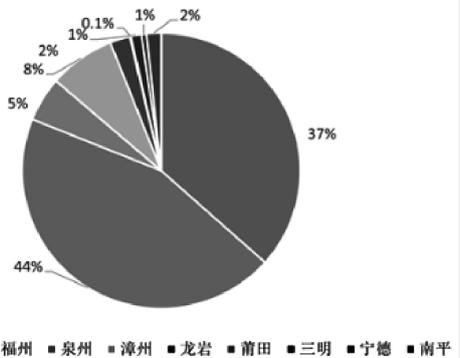


图3 福建省2017年各地市外商投资金额占比分布图

Fig.3 Distribution of foreign investment amount in Fujian Province in 2017

1.4 各地市经济发展水平不同

福建省各地区由于受到地理位置和贸易基础等因素的制约。大部分地区经济发展程度不高并且交通设施建设落后,在经济发展过程中,存在明显的区域贸易失衡,较大制约了经济增长对进出口贸易的促进作用^[4]。福建省进出口贸易的发展遵循着沿海高内陆低的规律,处于沿海地区的厦门、福州和泉州贸易发展迅速,而内陆处于内陆的地区,虽然也在发展,但仍然与沿海地区有很大的差距,并且差距还在逐步的扩大。从每个城市的人均GDP来看,2018年厦门人均GDP12万元,位居全省第一,而最低的是南平市,人均GDP仅厦门的一半。超过全省人均GDP9.1万元的主要是厦门、泉州和福州,位于内陆地区的GDP普遍较低。尽管处于内陆地区具有一定的地理区位优势和丰富的资源,但由于经济发展水平较为落后和基础设施建设不足,一定程度上制约了内陆进出口贸易的发展。

1.5 自然地理环境制约着各地市贸易发展水平

福建省低山分布广泛,地势由内陆向沿海倾斜。福州和泉州等地区处于沿海地域,海上贸易交通便利。在这3个地区,高速公路和铁路交通系统较为完善,除此之外还有较为完善的国际机场昌乐和高崎等^[6]。因此,厦门等地市进出口贸易发达开放程度高。宁德虽地处沿海,但因多山,交通基础略显薄弱,同样,漳州和莆田境内高速公路也较少。因此,宁德、漳州和莆田在对外贸易往来和吸引外资投资方面处于一定的劣势地位。位于西部内陆的龙岩和南平地区,地势起伏,公路、铁路沿山体地势修建,并且修建难度较大。基础设施上的制约,不仅阻碍了三明、龙岩和南平等地进出口贸易的发展,并难以从外部获的资金和技术上的支持。

2 福建省进出口贸易地区差异实证分析

在实际问题的研究中,需要用大量数据来寻找规律,通常会出现数据之间有一定的相关性,使得分析变得复杂,增加数据分析的难度。因此对大样本、多指标的变量进行研究时,需要使用一个合理的方法减小变量,在减小变量的同时还要尽可能的避免原始数据的丢失,选用较少的几个综合指标替代原有指标^[6]。因子分析很好地解决了这个问题,它可以将复杂的原始数据简化为几个综合变量,使综合变量更具代表性。所以,将采用因子实证分析方法对所研究的数据降维,抽取综合因子,对区域进出口贸易差异进行研究和分析。

2.1 指标的选取及解释

为了能够全观和深入的了解福建省进出口贸易基本情况,变量指标的选择不仅要很好的呈现福建省进出口贸易整体状况,而且要包括各个州和市,同时,所选择的指标还应具有可比性和数据可获得性等,因此,选取指标要遵循以下几个要求:(1)指标的完整性,选取的指标的要尽可能的全面和完整,指标可以反映总体的信息,所以,对指标进行选择时,要选择能够能从不同角度反映各地区进出口贸易发展水平和规模的指标。(2)指标具有可比性,在选择变量时,选择一些具有可比性的指标,地市与地市间的变量要有可比性^[7]。(3)指标易获取,有些变量虽然可以反映整

体情况,可以具体反映相互比较结果,可是数据却无法获取,那么就无法进行因子分析。

基于以上原则,在查阅有关数据的基础上,选取福建省各地区2010—2017年8年的有关指标作为原始数据变量,同时选择以下7个变量用于因子分析:

各地市GDP X_1 。区域贸易发展程度取于一个地区的经济发展状况,有效评价一个地区的指标就是GDP,它体现一个地区的经济效益,与区域贸易密切相关^[8]。

各地市进出口商品总额 X_2 。进出口总额体现一个地区进出口贸易的总体发展状况。相对于进口额和出口额指标进出口总额更能直接的反映一个地区进出口贸易的总体情况。

各地市研究与实验发展经费 X_3 。技术创新和进步是贸易发展中重要的组成部分,进出口贸易发展离不开技术的支撑,一些先进的科研成果的应用,可以提高生产效率,它还将形成自己的品牌效应,从而提高区域竞争力。

各地市对外贸易依存度 X_4 。各地区的进出口贸易情况通常用对外依存度来表示。指各地区在一定时期内进出口总额占该地区总产值的比例,反映各地区经济发展与进出口贸易的关系,以及各城市对外贸易开放程度。

各地市固定资产投资总额 X_5 。固定资产投资可能导致不同地区的产业结构调整,对提高区域贸易竞争力和贸易规模有比较直接的影响。

各地市实际利用外资金额 X_6 。外资的不断进入将促进各地区的进出口贸易保持高速增长。相反外资的退出会阻碍区域贸易的发展,因此实际使用外资是非常重要的。

各地市城乡居民储蓄 X_7 。居民储蓄体现了一个地区的经济发展情况,并且地区的进出口贸易在大程度上取决于该地区的经济发展状况^[9]。

2.2 数据的处理及检验

采用因子分析法对福建省进出口贸易的区域差异进行研究和评价,根据该方法的基本原理和数据要求,要对各种变量进行降维,原因是所选取的数据具有不同的维度和单位,数据之间无法进行比较^[10]。如果使用未处理的原始数据分析,得到的结果很有可能存

在偏差,降维既可以消除指标之间的量纲,使数据之间具有可比性,又可以减小较大方差变量的影响。

在使用数据进行因子分析时,除了对数据进行标准化处理外,还需要检验指标是否可行和适用,以确定其是否符合因子分析的要求,如检验结果不符合因

子分析的要求,则需要重新选择数据进行研究。

2.2.1 各指标相关分析

首先对原始数据进行标准化处理,建立各指标相关分析,得到表1。

由表1中相关矩阵可知:在原始数据中地区生产

表1 各指标相关分析

Tab.1 Related analysis of indicators

| 项 目 | GDP | 进出口商品额 | 研究实验经费 | 贸易依存度 | 固定资产投资 | 实际利用外资 | 城乡居民储蓄 |
|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| GDP | 1.000 | 0.619 | 0.517 | 0.957 | 0.295 | 0.938 | 0.195 |
| 进出口商品额 | 0.619 | 1.000 | 0.948 | 0.782 | 0.803 | 0.538 | 0.348 |
| 研究实验经费 | 0.517 | 0.861 | 1.000 | 0.965 | 0.676 | 0.405 | 0.924 |
| 贸易依存度 | 0.604 | 0.842 | 0.703 | 1.000 | 0.798 | 0.921 | 0.615 |
| 固定资产投资 | 0.295 | 0.782 | 0.956 | 0.703 | 1.000 | 0.593 | 0.172 |
| 实际利用外资 | 0.928 | 0.803 | 0.768 | 0.921 | 0.593 | 1.000 | 0.854 |
| 城乡居民储蓄 | 0.854 | 0.937 | 0.419 | 0.172 | 0.799 | 0.854 | 1.000 |

总值与对外贸易依存度和实际利用外资金额存在着很强的相关关系,相关系数分别达到0.957和0.938;进出口商品总额与研究经费和固定投资存在很强的正相关关系;对外贸易依存度与进出口商品总额和实际外资金额存在较强相关性等,简而言之,这些指标之间相关性非常复杂,每两个变量之间都有一定的相关度。因此,选用因子分析就较有意义,既能达到对指标降维目的,又能解决指标之间信息重叠问题。

2.2.2 KMO 和 Bartlett 检验

因子分析的核心思想就是用少量的因子指标代替较多的原始数据,所以需要对指标进行相关性检验,只有各个初始数据相关性较高时,才能运用因子分析进行研究。采用KMO和Bartlett来确定初始数据有无相关性^[1]。KMO值介于0和1之间,KMO越接近1,就表示关联度高,适合因子分析。巴特利特检验表示的数据之间的关联系数矩阵,其假设关联系数矩阵是一个单位矩阵,就是初始变量之间没有关联性。如果概率P值小于显著性水平,则证明原假设是错误的说明变量间存在关联性,可以进行因子分析。

表2 KMO 和 Bartlett 检验

Tab.2 KMO and Bartlett test

| | | |
|-----------------------------|------|--------|
| 取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 量 | | 0.793 |
| Bartlett 的球形度 检验 | 近似卡方 | 86.317 |
| | df | 21.000 |
| | Sig. | 0.000 |

从表2得出,KMO的检验结果为0.793,满足大于0.7的要求,表明初始变量能够进行下一步因子分析,并且Bartlett检验的P值接近0,小于指定的显著性水平0.05,说明初始数据间相关性很强,满足因子分析的要求。

2.3 结果分析

2.3.1 指标变量的共同度检验分析

指标变量共同度是代表初始数据能够被公因子解释的程度^[2]。因子分析的关键是所选择的公共因子能够代表原始数据的大部分变量,并且能够解释大部分原始信息。共同度越高,说明公共因子越能代替原始数据的信息,越适合因子分析。如表3所示,变量提取的共同度都大于90%,利用外资的数据指标的共同度为0.863,低于90%,但变量的共同度只要大于0.8就属于合理区间,所以提取出的公因子可以解释每一个指标,说明对这组数据进行因子分析是有意义的。

表3 公因子方差

Tab.3 Common factor variance

| 指 标 | 初 始 | 提 取 |
|-----------|-------|-------|
| 地区生产总值 | 1.000 | 0.966 |
| 进出口商品总额 | 1.000 | 0.985 |
| 研究与实验发展经费 | 1.000 | 0.950 |
| 对外贸易依存度 | 1.000 | 0.984 |
| 固定资产投资额 | 1.000 | 0.974 |
| 实际利用外资金额 | 1.000 | 0.863 |
| 城乡居民储蓄 | 1.000 | 0.975 |

2.3.2 解释的总方差

本文采用 SPSS 进行因子分析,计算出数据的特征值、方差贡献率和累计贡献率等。选择主因子的常用方法:(1)提取的特征值大于某个特征值为标准,软件默认值是 1^[13]。(2)自己选择提取几个主因子。本文将选择第 1 个方法,根据累计贡献率不小于 85%的标准建立因子载荷矩阵,最终得到表 4。表中结果显示只有前两个特征值大于 1,两个指标累计贡献率为

95.667%。“旋转平方载入”表示的是指标旋转之后提取的因子结果,从表格数据可以看出,因子提取的结果与因子旋转前的结果差别不大,表明因子分析的结果是理想的,能够实现降维的功能。说明只要提取这两个指标作为公共因子就能很好的解释选取的 9 个地市的进出口贸易差异。因此,根据结果得出两个主因子,记为 F_1 和 F_2 。

表 4 解释总方差

Tab.4 Explaining the total variance

| 成份 | 初始特征值 | | | 提取平方和载入 | | | 旋转平方和载入 | | |
|----|-------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | 合计 | 方差的 % | 累积 % | 合计 | 方差的 % | 累积 % | 合计 | 方差的 % | 累积 % |
| 1 | 5.328 | 76.119 | 76.119 | 5.328 | 76.119 | 76.119 | 3.385 | 48.352 | 48.352 |
| 2 | 1.368 | 19.548 | 95.667 | 1.368 | 19.548 | 95.667 | 3.312 | 47.315 | 95.667 |
| 3 | 0.171 | 2.447 | 98.114 | | | | | | |
| 4 | 0.113 | 1.609 | 99.723 | | | | | | |
| 5 | 0.012 | 0.165 | 99.887 | | | | | | |
| 6 | 0.006 | 0.086 | 99.974 | | | | | | |
| 7 | 0.002 | 0.026 | 100 | | | | | | |

2.3.3 旋转成分载荷矩阵

在得到了各因子的特征值和累计贡献率后,需要计算各变量对公因子的解释程度,从而旋转矩阵,使方差最大化。旋转得分如表 5 所示。分析评价采用因子分析理论模型,在众多分析变量中找出共同变量即公因子。除此之外,为了进行实际分析,还需要了解每个共同因子的意义内涵,这些可以通过每个公共因子反映出来。然而在因子分析这个过程中得出来的原始因子不能很清晰的显示主要指标,容易在后续分析中造成误差,在这种情况下系统往往会对初始变量进行线性交换,也就是通过因子旋转来改善分析结果,突出最具影响力的公因子^[14]。因子旋转的过程不会改变每个因子对其他因子的方差贡献率,但可以更加清晰的突出共同因子。因此,在分析过程中,如果初始因子不令人满意,可以通过因子旋转对指标进行适当处理,以获得更令人满意的共同因子。

表 6 旋转成分矩阵

Tab.6 Rotating component matrix

| 指标 | 成份 1 | 成份 2 |
|----------|-------|-------|
| 地区生产总值 | 0.956 | 0.229 |
| 进出口商品总额 | 0.313 | 0.942 |
| 研究与实验经费 | 0.711 | 0.667 |
| 对外贸易依存度 | 0.062 | 0.990 |
| 固定资产投资总额 | 0.980 | 0.114 |
| 实际利用外资额 | 0.465 | 0.804 |
| 城乡居民储蓄 | 0.829 | 0.537 |

从方差最大化旋转后的因子载荷矩阵可以看出:第一个公共因子在总产值、固定资产投资额、研究与实验经费、居民储蓄上具有较大的载荷和解释能力,这些变量体现了各城市经济贸易发展的总体水平,可以概括为对外贸易发展经济基础的条件因素;第二个公因子主要在贸易总额、对外贸易依存度和利用外资额上具有较大的载荷和解释能力,这些变量可以反映进出口贸易各个指标,可以命名为进出口贸易实力因子。

最后,根据主因子 F_1 和 F_2 的差异贡献度,计算 F_1 和 F_2 的权重为 0.505 5 和 0.494 5,得出综合得分 F 的计算公式:

$$F=0.5055 \times F_1 + 0.4945 \times F_2, \quad (1)$$

可以得到福建省各地区的最终得分,并从得分情况分析各地区进出口贸易发展情况,见表 7。

表 5 成分矩阵

Tab.5 Component matrix

| 指标 | 成份 1 | 成份 2 |
|----------|-------|--------|
| 地区生产总值 | 0.842 | -0.506 |
| 进出口商品总额 | 0.883 | 0.453 |
| 研究与实验经费 | 0.975 | -0.022 |
| 对外贸易依存度 | 0.738 | 0.663 |
| 固定资产投资总额 | 0.779 | -0.606 |
| 实际利用外资 | 0.895 | 0.248 |
| 城乡居民储蓄 | 0.967 | -0.197 |

表7 福建省各地区综合得分及排名情况

| 地区 | 主成分 F_1 | 主成分 F_2 | 综合得分 | 排名 |
|----|-----------|-----------|-----------|----|
| 厦门 | -0.503 72 | 4.769 31 | 2.103 79 | 1 |
| 福州 | 3.485 18 | 0.114 56 | 1.818 40 | 2 |
| 泉州 | 2.284 88 | -0.423 43 | 1.230 70 | 3 |
| 龙岩 | -0.822 30 | -0.296 18 | -0.562 13 | 4 |
| 漳州 | -0.171 55 | -0.998 50 | -0.580 48 | 5 |
| 三明 | -1.281 50 | -0.462 85 | -0.799 16 | 6 |
| 莆田 | -1.208 40 | -0.451 33 | -0.834 03 | 7 |
| 宁德 | -1.266 67 | -0.942 64 | -1.106 43 | 8 |
| 南平 | -1.233 18 | -1.079 81 | -1.157 34 | 9 |

从因子得分来看：如果某一地区的因子得分为正，则表示这个地区进出口贸易的发展高于福建省整体水平，因子得分为负，则表示该地区贸易水平低于福建省平均水平。由表7可知，贸易发展水平在福建省平均水平以上的只有厦门、福州和泉州3个地市，而其他7个地市的贸易发展程度均在平均水平之下，说明这些地区的进出口贸易发展水平在全福建省是比较落后。通过因子得分，可以把福建省9个地市划分为以下4类地区。

从综合得分可以看出福建省9个地市的进出口贸易水平。厦门综合得分为2.103 75，是唯一综合得分超过2的地区，远远领先于福建省其他地市。因此，把厦门市分为第1类。具体来看，厦门市的 F_1 得分虽处于第3位，得分稍微较低，但厦门市的进出口贸易发展的经济基础条件较好^[15]。 F_2 的得分最高，其贡献率也较大，说明厦门的进出口贸易也更发达，从 F_2 对外贸易依存度来看， F_2 贸易依存度很高。这也是厦门在进出口贸易方面领先其他地市的重要原因，厦门位于沿海又是经济特区。这些优势吸引了大量的贸易投资以及其他各地市无法比拟的发展机遇。

福州市、泉州市的最终得分为1.818 40和1.230 70落后于厦门，但也远远高于除厦门以外的其他地市，所以把这两个地市分为第2类地区，福州进出口贸易实力雄厚。它的 F_1 分数自然是也高， F_2 分数也居第2。特别是福州的经济发展为进出口贸易的发展奠定了基础。泉州在 F_1 和 F_2 中排名第3，泉州是海上贸易之路的起点，这一地理位置促进了泉州贸易文化的发展，这也是泉州进出口贸易之所以能快速发展的主要

原因。

龙岩市和漳州市的得分为-0.562 13和-0.580 48，相对比厦门和泉州等地市其综合水平较低，但它们是福建省的重要临海城市，相对于比较特殊，因此把他们划分为第3类地区。龙岩和漳州的进出口贸易处于福建省的中等贸易水平，作为沿海城市，这两个城市对外开放程度，经济发展水平和进出口贸易发展较好。但是，两市总体经济和进出口贸易建设还不够理想，阻碍了两市进出口贸易的发展。但两地毗邻沿海位置优越，进出口贸易有极大的发展潜力。

三明、莆田、宁德和南平这些地市的综合得分都为负，这些地市之间的得分差距不是很大，所以这些地市分为第4类。整体来看，这些城市的 F_1 和 F_2 得分相对较低，对外开放程度不高，既处于经济发展的边缘地带，又处于经济的不发达地区，贸易发展乏力^[16]。这些城市大多位于福建省西北部，经济水平总体落后也是这些城市贸易发展缓慢的主要原因。

3 促进福建省区域贸易平衡发展的建议

为了协调福建省山区和海域之间的贸易差异，实现福建省区域贸易协调健康发展，促进福建省整体贸易的发展^[17]。通过以上分析，可以看出福建省不同地区的进出口贸易发展存在很大差异，主要表现在进出口贸易总额、基础交通条件、区域地理位置和进出口贸易发展条件等方面，这些差异直接影响到福建进出口贸易的整体发展，甚至影响中国整体贸易的发展。因此，应采取相应的措施，缩小各城市之间的贸易差距，实现福建省整体贸易的平衡发展。

3.1 打造贸易联合发展格局

通过以上分析，福建省9个城市分为4类地区。这4类地区要根据各市情况，发挥各自优势加强合作，共同促进福建省进出口贸易的发展。福建省的厦门、泉州和福州的进出口贸易发展水平远远超过其他城市，但相对与全国的其他大城市而言，3个地区的进出口贸易发展实力还较为薄弱，其作为福建区域贸易发展的重点，协调发展能力有限，并且3大地区也存在相互竞争。因此，3大城市扩大贸易规模时，首先要消除城市间的贸易壁垒。厦门和泉州应加强企业贸易

交流合作,形成更大的贸易区域规模,并且可以加入漳州,带动闽南金三角贸易的全面发展。这就要求厦门发挥协调平衡能力形成紧密的贸易联系,共同建设贸易发展走廊。同时可以西接龙岩和三明东接莆田带动边缘区域的贸易发展。福州作为省会城市应加强贸易经济特区建设,发挥省会城市功能,加强带动内陆贸易发展能力,促进三明和南平的贸易发展。处于山区地市可以利用自身优势和特殊的地理区位优势,充分发挥各自的优势,建立山区贸易发展实验区,增强山区自身发展的实力基础^[8]。加强与沿海区域城市的合作,创造提升贸易竞争的条件,缩小区域贸易发展差距。

3.2 完善基础交通设施建设

基础设施的完善,既可以减少区域贸易的运输费用,又可以促进区域贸易的合作,吸引大量外资。福建独特的山区与海域位置,使许多沿海地区的基础交通建设相对完善,这就需要充分利用其区位优势,不仅要加强与美国和欧盟等传统市场的合作与建设,还应努力发展与俄罗斯和东盟等新市场的合作,扩大福建进出口贸易影响,推动福建区域贸易全面发展^[9]。靠近西北内陆的山区地市基础设施还不够完善,贸易现代化水平不高,贸易市场竞争力也比较薄弱,很多地市还处于欠发达阶段,这就需要落后地区合理的完善的交通设施,吸引贸易投资。因此,要利用经济特区建设的契机,积极完善贸易交通网络。提高山区进出口能力,进而缩小福建省各地市之间的进出口贸易差异。

3.3 培养现代经贸人才

福建省在进出口贸易发展的历程中,山区与沿海的贸易人才失衡,贸易人才集中在沿海地区,内陆出现了贸易人力资源紧缺。在自由竞争的贸易基础下,急需大量的贸易应用型技术人才,诸如:贸易复合型管理人才、贸易营销类人才等。因此,为了促进贸易人才均衡,政府部门应该出台相关贸易人才政策,吸引贸易人才到山区就业,建立相应的区域贸易就业保障制度,有效的解决好经贸人才在内陆区域就业过程中可能遇到的困难,如加快落实贸易技术人才户籍管理制度,积极鼓励高校的优秀毕业生到贸易区域较落后的地区。并且,对于在内陆工作的贸易优秀人才,可以优先解决子女入学等方面的问题,对于贸易科研人才

要给予适当的岗位津贴和经费保障。同时扩大人才引进窗口,上海和北京等地区是福建省引进贸易人才的重要渠道,福建省可以开展贸易高层次人才洽谈会,帮助各地区吸引相关的贸易人才。同时鼓励企业到内陆建立工厂,给予一定的贷款优惠,加快企业应用型贸易人才培养,促进福建省进出口贸易的协调发展。

3.4 扩宽贸易合作范围

随着福建省自由贸易区的建立和一带一路的顺利开展,福建省各地市应充分利用好这些政策条件寻找发展前景好、具有潜力的市场推广自己的区域特色产品。海峡西岸贸易区重点城市可以积极探索创新贸易合作方式,积极支持福建和台湾贸易技术研发和贸易成果的应用,推动福建和台湾双方贸易自由,从而促进福建省各地市与台湾之间的贸易合作,构建面向全国乃至世界的立体贸易交通网络^[20]。厦门和泉州处于沿海地区可以利用现有的港口资源,加强沿海贸易通道建设,建设海洋区域贸易发展中心、海上贸易之路中心港、福州贸易枢纽港等。同时加快建设武夷山和龙岩等内陆地区的道路交通建设,完善福建省贸易交通基础和贸易通道,扩展境外贸易航线,促进区域地区有贸易基础实力的企业先走出国门,然后逐渐带动区域内整体企业扩宽贸易范围,扩展新兴海外市场。

参考文献:

- [1] 许一柱.福建省区域协调发展研究[D].福州:福建农林大学,2016.
- [2] LIU X. The impact of new trade barriers on China's export trade [A].2018:3-5.
- [3] 李书琴,杨丹萍.长江经济带与“一带一路”沿线国家贸易地区结构的实证研究[J].宁波大学学报(理工版),2018,31(6):97-103.
- [4] 赵清军,周毕芬.福建省经济增长与进出口贸易关系的实证分析[J].石家庄铁道大学学报(社会科学版),2018,12(4):9-14.
- [5] 王金营,李天然.区域经济增长中贸易开放作用及空间差异分析:基于中国省级区域面板数据的分析[J].河北经贸大学学报,2017,38(4):98-109.
- [6] 何其翀.基于因子分析的广州市对外贸易竞争力实证分析[D].成都:西南财经大学,2016.
- [7] 马青,傅强.地方政府竞争与区域发展差异:基于贸易开放的

- 实证研究[J].经济问题探索,2016,405(4):97-105.
- [8] RUSLAN S. Openness of the Regional Economy and its Dependence on Interregional and Foreign Trade: Case of the Republic of Tatarstan [J]. Procedia Economics and Finance, 2015(23):4-8.
- [9] 李邵鹏.浙江省区域对外贸易发展差异研究[J].经贸实践, 2018,242(7):83-84.
- [10] 刘思懿,谭丹.基于因子分析的湖南省进出口贸易影响因素探究[J].中国市场,2017(13):290-292.
- [11] 王晓鸿,李倩.甘肃对外开放竞争力分析:基于因子分析法[J].河北地质大学学报,2017,40(3):54-58.
- [12] 谢莹.新疆对外贸易区域差异研究[D].石河子:石河子大学, 2013.
- [13] 余官胜. 企业所有制结构和进出口贸易地区差异实证研究:基于国际贸易政治经济学视角[J].广东商学院学报, 2010,25(6):4-9.
- [14] 胡文涛,王子姣.基于主成分分析法的中国进口贸易影响因素研究[J].牡丹江师范学院学报,2018(1):1-6.
- [15] 章秀琴.长江经济带对外贸易区域差异及影响因素的实证研究:基于省级动态面板数据 GMM 方法[J].经济问题探索,2017(2):91-9.
- [16] 吴立元.贸易成本要素流动与区域经济差异[J].中国经济问题,2018,308(3):12-22.
- [17] 邱晋.福建省对外贸易发展中的问题与趋势研究[J].中国外资,2013(18):16-17.
- [18] 徐安勇.以新的发展理念助力福建区域协调发展[J].中外企业家,2016(23):31.
- [19] 廖萌.福建与东盟贸易现状及潜力研究:基于贸易引力模型的分析[J].亚太经济,2016(04):60-65.
- [20] ZHANG X. Research on the impact of foreign direct investment on Chinese trade structure optimization —based on the strategic background of the belt and road[J]. Modern Economy,2019,10(3):7-9.

(责任编辑:聂传朋)

Regional Differences of Import and Export Trade in Fujian Province

XIE Bing, QIU Tian, WU Liqing

(1. Accounting School, Fujian Jiangxia University, Fuzhou, Fujian 350108;

2. Business School, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: The difference in the level of regional trade development is a phenomenon that can not be ignored in the process of regional development. The development level of regional trade in Fujian province is not as good as that of the neighboring Yangtze River delta and Pearl River delta trade zone. Based on the import and export trade data of Fujian Province from 2010 to 2017, this paper analyzes the import and export trade of 9 local cities in Fujian Province by using factor analysis. Based on the problems and current situation of regional trade in Fujian Province, the paper analyzes the reasons that restrict the development of regional trade in Fujian Province. The results show that the development of regional trade in Fujian Province is not coordinated, the development of regional trade is seriously polarized, and the degree of trade development is wide. Economic strength and geographical differences are the main reasons that affect the expansion of regional trade. Therefore, according to the differences in the development of regional trade in Fujian Province, some relevant policy measures such as introducing trade talents, broadening the scope of regional trade and strengthening regional trade cooperation are put forward, so as to provide reference for promoting the coordinated and healthy development of overall trade in Fujian Province.

Key words: import and export trade; regional differences; factor analysis; Fujian Province

基于厦门高校的互联网环境下 经济学自主学习能力的影响因素

王珊珊, 蒋清泉

(厦门理工学院 经济与管理学院, 福建 厦门 361024)

摘要:基于对厦门高校的随机抽样问卷调查,运用计量回归分析,从学习的方式方法、学习的结果反映、互联网环境以及师生互动等四个维度研究互联网下大学生经济学自主学习能力的因素。研究表明:(1)教师的介入程度、学生的提问、互联网环境会显著正向影响经济学的自主学习能力;(2)大学生的自主学习能力一定程度上受到性别、年级、城乡来源的影响,而是否担任学生干部、父母受教育程度对自主学习能力及其维度影响整体并不显著。

关键词:自主学习;互联网环境;经济学课程;高等学校;厦门市

中图分类号:G642 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0073-06

自主学习作为一种教育行为,在理论和实践研究上都一致强调并致力于解决自主学习能力的测度问题。而在测度自主学习能力时,不同学者的理解也有所差异,有的把自主学习看成是一种能力,有的则将其视为一个过程。目前,国内外关于自主学习能力评价指标所包含维度的研究已较为丰富。Pintrich 等(1993)^[1]设计的自主学习评价指标主要包括两个部分,一是学习动机、时间管理、学习态度,二是学习策略、考试策略等。国内研究方面,徐锦芬等(2004)^[2]设定的指标包括学习目标与制定学习计划、有效使用学习策略、监控学习策略使用、监控与评估英语学习过程等几个方面。饶莹心(2018)^[3]指出挖掘和培养大学生的自主学习能力对教师、学生以及学习情景的要求。章木林(2017)^[4]认为学生自主学习能力包括 4 个维度:目标自主、计划自主、策略自主、评价自主,这些

维度的形成是一个复杂的动态过程。

国内外关于大学生自主学习影响因素研究大的分类上,主要包括学生个人情况和其他影响因素、内在影响因素和外在环境,且前者是实证研究中的主要分类。曾东霞(2011)^[5]认为大学生个人情况对自主学习能力有影响,这些个人情况包括性别、年级、专业、城乡来源、是否担任学生干部、父母收入水平。研究结果发现是否担任学生干部对大学生的自主学习能力有显著的影响。同时个人情况外的一些因素,包括上课提问的程度、翻阅期刊的频率、软件场域和硬件条件等。李永强等(2014)^[6]建立有序概率模型从实证检验江西中医药大学学生自主学习的影响因素,模型中加入的学生个人情况包括性别、父母文化程度、年级、家庭收入程度;模型中的个人情况外的因素则为生活规律性、学习计划性等。黄威威(2014)^[7]基于问卷调查考查大学生自主学习情况下,发现包括年级、性别、及是否担任学生干部方面的个人因素差异显著。郝丽霞(2015)^[8]侧重于从个人情况的角度,对武汉普通高校大学生的体育自主学习情况进行统计分析,并发现不同的性别、生源地、年级等对自主学习的影响表现出显著差异。魏鹏飞(2018)^[9]在研究大学生自主学习能所受影响时,则更强调性别和家庭城乡来源对学生自

收稿日期:2018-10-20

基金项目:2016 年福建省教育科学“十三五”规划“互联网环境下学生经济学课程自主学习能力的培养”(FJJKCG16-309)。

作者简介:王珊珊(1986-),女,汉族,副教授,主要从事经济理论与实践研究。

自主学习能力的影 响。

也有一些文献从内外因素进行概括的。内在因素主要有:学习者的个性^[10]、学习动机^[12]、学习反思^[12]。外在因素:教师介入^[12-13]、文化影响包括整体文化、国家文化和学习文化的影响^[14]。

纵观现有文献的研究,我们发现:一方面现有关于自主学习的研究主要集中在英语、医学体育等学科的学习上,经济学方面的研究较少。但现有的网络学习环境和经济学需要透过大量社会现象看本质的特点,决定了在经济学课程中自主学习能力的培养是极为重要的;另一方面关于自主学习实证研究的评价指标也较少纳入互联网环境。在网络信息时代研究学生在经济学课程上的自主学习能力,离不开互联网环境这一外部因素。因此,文章主要研究互联网环境下影响自主学习的因素,从而提出进一步激励学生自主学习的相关策略。

1 研究设计

1.1 研究假设

总体而言,互联网环境下,影响学生经济学自主学习的因素包括学生个人情况和其他影响因素。学生个人情况通常包括学生的个人情况,例如性别,年级,是否有担任过学生干部等;学生的家庭背景,例如学生的家庭居住地和父母的文化程度等。其他因素主要包括互联网提供的关于经济学课程的学习资源、教师介入等。据此,在实证研究中也做出类似的分类。综合国内外的相关研究,提出了以下三个研究假设:一是经济学自主学习能力与学生的个人情况有关。学生的性别不同,年级不同,其对自主学习能力的影响也不同。学生是否担任学生干部也会影响在经济学上的自主学习能力。二是经济学自主学习能力与互联网环境有关。互联网提供的关于学习经济学课程资源的情况、学生在使用电子设备和互联网学习时注意力的集中程度、如何对待公众号所推送的学习资讯、使用期刊数据库的熟练程度、浏览有关学习经济学课程的网站的频率等都会影响着学生经济学自主学习的能力。三是学生的经济学自主学习能力与教师的介入有关。教师介入并对学生的自主学习加以引导也会影响学

生自主学习经济学课程的效果。

1.2 研究方法

1.2.1 研究对象

主要以厦门理工学院和厦门大学为例进行随机抽样调查。其中厦门理工学院主要是以经济与管理学院 2014-2017 级不同专业的学生作为调查对象,他们也是经济学课程开课的主要对象。抽取的班级分别是:2017 级金融工程、国际商务和财务管理、2016 级国际商务、投资学和工业工程、2015 财务管理 1 班和财务管理 2 班、2014-2015 国际商务、2015 国际商务(4+0)。厦门大学选取了经济学院 2014-2015 级财政学、金融学、国际经济与贸易等学习水平有层次差异的学生作为调查对象。两所学校有效的调查人数总计为 515 人。

1.2.2 研究工具

将自主学习能力划分为学习的结果反映、学习的方式方法、互联网学习环境、师生的有效互动 4 个维度进行分析,同时主要采用问卷调查法进行数据收集。本次调查一共发放问卷 560 份,收回的有效问卷为 515 份,剔除无效问卷 45 份(譬如,对于设定的相似问题回答不同,或者回答不完整等视为无效问卷)。

1.2.3 数据处理

通过 Stata14 对调查所收集到的数据进行录入、赋值、整理和分析,以确保回归系数的有效性。为量化问卷调查结果的分析,除虚拟变量的选项外,我们设定的其他题目中的不同选项一般能够满足影响力逐渐递增或递减的规律,接着,对每一道题中的选项按照作用或影响的大小进行赋值。

2 实证分析过程

2.1 样本的基本情况

问卷调查包括两大方面的基本内容。(1)基本信息,包括性别、年级、学生的城乡来源,是否担任学生干部以及父母的文化程度;(2)影响因素。从样本的基本信息看,由于厦大和厦门理工学院两所高校开设经济学课程的专业女生偏多,因此样本中女生的比重较高。2014 级学生因实习找工作较多不在学校,样本中大四学生也较少,2017 级学生很多还没开设经济学课程,

收集到的相关样本也较少。父母文化程度越高的占比越少。此外,样本中的城市生源和担任学生干部学生约占总体样本的一半。

表 1 样本的基本信息

Tab.1 Basic information of the sample

| 变量 | 类别 | 频数 | 百分比 | 变量 | 类别 | 频数 | 百分比 |
|------|--------|-----|-------|--------|-------|-----|-------|
| 性别 | 男 | 362 | 70.29 | 是否学生干部 | 是 | 112 | 46.67 |
| | 女 | 153 | 29.71 | | 否 | 128 | 52.92 |
| 年级 | 2014 级 | 94 | 18.25 | 父母文化 | 中学及以下 | 240 | 46.60 |
| | 2015 级 | 198 | 38.45 | | 高中 | 169 | 32.82 |
| | 2016 级 | 168 | 32.62 | | 大学本科 | 81 | 15.73 |
| | 2017 级 | 55 | 10.68 | | 本科以上 | 25 | 4.85 |
| 城乡来源 | 城市 | 275 | 46.60 | 城乡来源 | 农村 | 240 | 53.40 |

2.2 变量的描述性统计

对文章用到的主要变量进行描述性统计,结果如表 2 所示。从样本基本信息外的其他影响自主学习的因素看,描述性统计的结果显示:一是自主学习能力的平均值为 3.17,说明整体经济学自主学习的能力还不高;二是学习经济学知识教师的介入程度在不同的个体之间差别较大,因为该变量的标准差是 1.11,是所有描述变量中标准差最大的。同时,标准差的统计结果也显示,借助互联网工具的程度在不同个体之间差别较小。

表 2 自主学习与其主要影响因素的描述性统计

Tab.2 Statistics description of self-access learning and its influencing factors

| 变量 | 含义 | 观测值 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|-------|----------------|-----|------|------|------|------|
| ind | 自主学习能力的 | 515 | 3.17 | 0.46 | 1.47 | 4.85 |
| gen | 性别 | 515 | 0.30 | 0.46 | 0.00 | 1.00 |
| grade | 年级 | 515 | 2.39 | 0.98 | 1.00 | 5.00 |
| place | 城市或农村 | 515 | 0.53 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| edu | 父母受教育程度 | 515 | 1.79 | 0.88 | 1.00 | 4.00 |
| sled | 是否担任学生干部 | 515 | 0.49 | 0.50 | 0.00 | 1.00 |
| rely | 学习经济学知识教师的介入程度 | 515 | 4.14 | 1.11 | 2.00 | 5.00 |
| ask | 上课提问的次数 | 515 | 2.43 | 0.87 | 1.00 | 5.00 |
| inte | 借助互联网工具的程度 | 515 | 4.33 | 0.53 | 3.00 | 5.00 |

2.3 大学生经济学自主学习能力的测度

我们综合四个维度测算大学生经济学自主学习

能力。这个四个维度分别是学习的结果反映,学习的方式方法,互联网学习环境和师生互动关系,其中学习的结果反映以经济学课程的平均分来衡量;学习的方式方法则由课前预习和学习过程的主动性来衡量;互联网学习环境则包括拥有的互联网学习资源、使用互联网设备的注意力集中度、关注和使用的相关公众号和网页等的情况;师生关系互动则由学生提问数和自主回答数来衡量。每一个维度下的分指标,从积极态度到消极态度的程度分别赋值为 5、4、3、2、1 分,自主学习态度最积极的选项赋值 5 分,积极性最差的赋值 1 分。根据四个不同维度对经济学课程自主学习能力的不同影响程度,赋予不同的权重。学习的结果反映被赋予的权重系数为 20%;学习的方式方法被赋予的权重系数为 40%;互联网学习环境被赋予的权重系数为 30%;师生关系的互动被赋予的权重系数为 10% (见表 3)。

表 3 自主学习能力四个维度的测度

Tab.3 The measurement of self-access learning via four dimensions

| 维度 | 总指标 | 分指标 | 计算式 | 占自主学习比重/% |
|-------|---------|---|---------------------------|-----------|
| d_1 | 学习的结果反映 | 经济学课程的平均分(v_1) | $d_1=v_1$ | 20 |
| d_2 | 学习的方式方法 | 课前预习情况(v_2)、学习过程的主动性(v_3) | $d_2=(v_1+v_3)/2$ | 40 |
| d_3 | 互联网学习环境 | 互联网学习资源丰富程度(v_4)、使用互联网设备时注意力集中度(v_5)、关注和使用的相关公众号和网页(v_6)、教师教学中使用互联网的情况(v_7) | $d_3=(v_4+v_5+v_6+v_7)/4$ | 30 |
| d_4 | 师生互动关系 | 上课时学生提问数(v_8)、学生自主回答数(v_9) | $d_4=(v_8+v_9)/2$ | 10 |

在学习的结果反映,学习的方式方法,互联网学习环境和师生互动关系的四个维度上,大学生在自主学习的结果反映和学习的方式方法方面较好,互联网学习环境次之,师生关系的互动表现最差,平均分只有 2.89,还达不到及格的水平。从差异的角度来看,在自主学习能力四个维度中,学习的结果反映和师生关系的互动差异较大,而学习的方式方法差异却最小。就整体的关于自主学习能力的总分而言,平均分只达到

了12分,刚好达到及格分数,说明大部分学生经济学自主学习水平处于中等偏下的水平。

3 计量模型构建和计量结果

3.1 计量模型的构建

基于四个不同的维度测算出自主学习能力后,为进一步分析影响自主学习能力的因素,我们进一步构建了自主学习能力与其影响因素之间相关关系的计量模型,如方程(1)所示:

$$ind_i = \beta_0 + \beta_3 sled_i + \beta_6 rely_i + \beta_8 ask_i + \beta_9 inte_i + \beta_1 gen_i + \beta_2 grade_i + \beta_3 place_i + \beta_4 edu_i + \mu_i \quad (1)$$

其中, *rely* 是学习经济学知识教师的介入程度、*ask* 为上课提问的次数、*inte* 是借助互联网工具的程度、*edu* 是父母的教育水平、*gen*、*place* 和 *sled* 都是虚拟变量,分别是性别(男=1,女=0)、地区(城市=1,农村=0)和是否担任学生干部(是=1,否=0)。为进一步描述计量模型中的相关变量的含义和统计数据,进一步整理出表4。因为有些个人情况是自己难以改变的,而那些自己可以掌握的影响因素对于我们的政策启示更大,因此,在实证分析中,我们进一步区分主要解释变量和控制变量,以得到更有效的影响主要解释变量的系数。其中, *rely*、*ask*、*inte*、*sled* 是主要解释变量, *gen*、*place*、*edu* 是控制变量。此外,为细化自主学习能力所包含的不同维度的影响,我们在不改变解释变量的条件下,分别以四个不同的维度(学习的结果反映,学习的方式方法,互联网学习环境和师生关系)作为被解释变量构建计量模型。

3.2 计量结果分析

基于方程(1)构建的计量模型和厦门两所本科高校的515份有效问卷整理后得到的数据,应用stata14对总体自主学习能力的因素进行实证检验,同时区分出自主学习的不同维度,分别以不同的维度作为被解释变量进行实证分析,可得到表4所示的结果。

从自主学习能力的总维度来看,教师的介入程度、上课学生的提问情况,互联网的使用程度,学生的年级、性别,城乡来源情况等都会显著地影响自主学习的能力,其中提问越多,互联网使用越频繁、年级越低则自主学习的能力越强,女同学和农村生源的自主学习

能力越强。从维度1即学习结果的反映来看,除了父母的受教育水平和教师的介入程度对自主学习的能力影响不显著外,是否担任学生干部、教师的介入程度、上课提问次数、互联网使用程度,性别,年级,城乡来源等都显著地影响自主学习的能力,且影响的符号方向与总维度上的影响是一致的。从维度2即学习的方式方法看,不同变量影响的显著性水平与维度1是一致的,特别是影响显著变量的系数大小与维度1相差不大。从维度3即学习的方式方法上看,不同于前两个维度所受的影响,性别和城乡来源影响不显著,这说明互联网环境下教师授课中,互联网使用并没有表现出性别差异和城乡来源差异。从维度4即师生互动关系所受影响上看,教师的介入和学生上课提问次数的影响为正向显著的,其他变量的影响并不显著。

归结起来,教师的介入程度、上课学生的提问情况,互联网的使用程度等都是影响经济学课程自主学习能力的因素,同时不同的年级、性别和城乡来源等虚拟变量也会影响自主学习的能力,而是否担任学生干部和父母的受教育水平对经济学课程自主学习的能力影响则不显著。

表4 影响自主学习能力的计量分析结果

Tab.4 Empirical results of influencing factors of self-access learning

| 变量 | (1) ind | (2) d ₁ | (3) d ₂ | (4) d ₃ | (5) d ₄ |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| sled | 0.00667 (0.032) | 0.148** (0.069) | -0.0402 (0.047) | -0.0170 (0.044) | -0.00181 (0.056) |
| rely | 0.0166** (0.008) | 0.00721*** (0.003) | 0.00117** (0.000) | 0.0468** (0.020) | 0.0829*** (0.025) |
| ask | 0.260*** (0.019) | 0.134*** (0.041) | 0.230*** (0.028) | 0.301*** (0.026) | 0.574*** (0.033) |
| inter | 0.188*** (0.031) | 0.195*** (0.066) | 0.168*** (0.045) | 0.274*** (0.042) | 0.0139 (0.054) |
| gen | -0.0695** (0.035) | -0.312*** (0.074) | -0.0351*** (0.005) | -0.0599 (0.048) | -0.0640 (0.061) |
| grade | 0.0657*** (0.017) | 0.142*** (0.035) | 0.0598** (0.024) | 0.0461** (0.023) | 0.0396 (0.029) |
| place | -0.0966*** (0.037) | -0.219*** (0.079) | -0.119** (0.054) | -0.00845 (0.051) | -0.00898 (0.065) |
| edu | 0.0178 (0.021) | -0.0113 (0.045) | 0.0490 (0.031) | -0.00758 (0.029) | -0.0767 (0.067) |
| _cons | 1.458*** (0.159) | 1.895*** (0.331) | 1.824*** (0.227) | 1.269*** (0.212) | 1.294*** (0.273) |
| N | 515 | 515 | 515 | 515 | 515 |
| adj. R ₂ | 0.385 | 0.506 | 0.570 | 0.314 | 0.370 |

注: 1.ind、d₁、d₂、d₃ 和 d₄ 分别代表自主学习总维度、学习的结果反映、学习的方式方法、互联网学习环境和师生关系; 2.

***、**、* 分别代表 10%、5%、1% 下的显著水平。3. 第一行分别表示相应的被解释变量。由于自主学习能力的四个维度综合测量得出,这四个维度分别是学习的结果反映,学习的方式方法,互联网学习环境和师生关系互动,因此,我们计量回归时除了以自主学习能力的被解释变量外,我们还分别以它所包含的四个维度为被解释变量进行分析

4 政策启示

鉴于以上的实证分析结果,对于在互联网环境下提升大学生经济学自主学习能力的因素,我们得出了以下几点政策启示。

4.1 经济学自主学习能力的提高需要教师的介入和引导

学生的自主学习不等同于自学,这就需要教师的适当引导以达到较好的自主学习效果。根据我们问卷调查得到的数据整理分析可以发现自主学习能力的得分只达到了 12 分(满分 20 分),这说明大学生的自主学习经济学能力还需要进一步提高。表 4 所报告的实证回归结果也显示,学习过程中对老师的依赖程度(rely)、学生回答问题的次数(ask)均正向显著影响自主学习能力的总体和各个维度,此外,在影响学生自主学习能力的几个维度中,师生关系的互动所表现出来的差异性最为明显。因此,提高大学生经济学自主学习的能力需要学生和教师之间多互动,提高彼此互动的有效性。从另一个角度来说,培养大学生在经济学方面的自主学习能力的需要教师的介入,换言之,互联网环境下,教师对于学生自主学习的引导和影响不能缺位。

在互联网环境下教师的介入可以从以下几个方面入手:一是要密切关注学生自主学习的动向并给予及时的引导,以此来提升学生的自主学习能力。二是教师介入应该讲究方式方法以达到预期的效果。在课堂和课后,教师可以以身边有趣的经济学案例切入,激发学生经济学自主学习的积极性后,推荐学习经济学课程的相关书籍、网站、论坛、微信公众号等,也可以收集经济学数据并进行模拟分析,进一步激发学生自主学习的动力。三是利用当下各种智能设备和新媒体来调查、分析以及评价学生在经济学课程上自主学

习能力差异,以此做出教学计划的改进,通过因材施教来提高学生的自主学习能力。此外,对于大学生来说,要充分利用互联网提供的关于学习经济学课程的资源来丰富自己的经济学知识以此提高自身的自主学习性,通过现有的移动学习设备和无线通信网络学习经济学课程,并与他人交流学习心得。

4.2 互联网环境下教师提升学生自主学习能力也要考虑性别、年级等的差异

计量回归的结果表明女生经济学自主学习能力高于男生,年级越高,经济学自主学习能力越强,这表明:一方面需要制定以提升男生自主学习能力的举措,包括利用男生普遍对科技的喜爱,通过有趣的互联网互动和通过他们感兴趣的互联网渠道加以引导,增强他们的自主学习能力。另一方面,增进高年级学生与低年级学生的交流,高年级学生的现身说法将更具说服力。同时,大学生所处年级不同,经济学课程的自主学习能力也出现了显著性差异。尤其是到大四时,其对师生互动关系有一个负向影响,这一时期学生处于找工作或考研时期,重心发生转移,课堂表现欲低。这一时期教师的引导作用要从这一阶段的特点出发,以工作或考研形势等学生最为关注的问题切入,引入自主学习能力的要点,提升学生在自主学习上的竞争力。单就经济学课程来说,担任学生干部未必可以提高大学生的自主学习能力,因此,每位学生应该根据自己的职业规划方向选择是否担任或担任多长时间的学生干部。

参考文献:

- [1] Pintrich P R, Marx R W, Boyle R A. Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. [J]. Review of Educational Research, 1993, 63(2):167-199.
- [2] 徐锦芬,彭仁忠,吴卫平. 非英语专业大学生自主性英语学习能力的调查与分析[J]. 外语教育与研究, 2004, 16(1): 64-68.
- [3] 饶莹心. 大学生自主学习能力培养初探[J]. 考试周刊, 2018 (2):34-34.
- [4] 章木林. 英语自主学习能力对混合合作学习满意度的影响 [J]. 现代外语, 2017, 14(4):564-574.
- [5] 曾东霞. 惯习与场域:大学生自主学习能力的因素:以中南大学为例的实证研究[J]. 中南大学学报(社会科学版),

- 2011,17(3):128-137.
- [6] 李永强,陈永成,时洪洋,陈静.大学生自主学习影响因素实证研究:基于高校的调查数据[J].上饶师范学院学报,2014,34(02):97-105.
- [7] 黄威威.大学生自主学习现状调查研究[D].南昌:江西师范大学, 2014:21-35.
- [8] 郝丽霞.武汉市普通高校大学生体育自主学习现状研究[D].武汉:华中师范大学, 2015:30-42.
- [9] 魏鹏飞.网络环境下医学生自主学习能力和效果影响因素研究[D].长春:吉林大学, 2018:21-30.
- [10] 张殿玉.英语学习策略与自主学习[J].外语教学, 2005,26(1):49-55.
- [11] VICTORIA C, MARY S, GILLIAN H. Autonomous language learning: Hong Kong tertiary students' attitudes and behaviours [J]. Evaluation & Research in Education, 2002, 16(1):1-18.
- [12] 陈美华.计算机网络环境下大学生英语自主学习要素研究[J].外语与外语教学, 2007(3):33-36.
- [13] Benson P, Voller P. Autonomy and independence in language learning[M]. Longman, 1997:30-56.
- [14] 毛玲, 张玉兰. 外国文化与外语专业学习[J].才智, 2017(3): 122-123.

(责任编辑:聂传朋)

Influencing Factors of Undergraduates' Self-Access Learning about Economic Courses Based on Internet of Universities in Xiamen

WANG Shanshan, JIANG Qingquan

(School of Economy and Management, Xiamen University of Technology, Xiamen, Fujian 361024)

Abstract: According to the questionnaires collected from students who major in the economics of main universities in Xiamen city. Through random sampling and regression analysis, the study makes a research which included the way of learning, result of learning, learning environment of the Internet and the relationship between teachers and students, impact on the undergraduates' self-access learning of economic courses based on the Internet. The results show that there is significantly positive correlation between degree of teachers' involvement, questions raised, and internet environment. Gender, grades and whether undergraduates from city or not will influence self-access learning to some extent. In addition, there is no significant impact of whether the undergraduates are cadres or not or the education degree of their parents.

Key words: self-access learning; the internet environment; economic courses; university; Xiamen city

“互联网+”网店形象对大学生购买意愿的影响

韦素娟

(福建江夏学院 公共事务学院, 福建 福州 350108)

摘要:互联网为大众创业提供了有效的途径,网店是互联网发展下的产物,已成为消费者与商家进行交易的重要线上场所,其形象对消费者的购买意愿产生一定的影响。在总结和借鉴各学者研究成果的基础上,文中提炼出19个影响网店形象的指标来编制调查问卷,以福州市大学城的大学生为研究对象,将收回的问卷结果进行因子分析,将网店形象划分为6个维度,并就6个维度对大学生购买意愿展开探讨。研究表明,网店形象对大学生购买意愿有显著影响,根据影响重要程度排序为:服务形象、产品形象、价格形象、物流配送形象、页面形象和支付形象。

关键词:网店形象;购买意愿;服务质量;支付安全

中图分类号:F713 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0079-06

1 文献综述

随着互联网、大数据、人工智能和区块链等高科技在产品追溯、营销和物流等方面不断的研究与应用,以及日益完善的网络购物平台功能,网购突破了时间、地域和传统商务的限制,人们无论何时何地,只要电脑或其它移动设备在手就可完成购物过程。迎合人们当下繁忙的生活需求,节省了购物时间和精力,享受到实体店购物一样优质的服务,同时为企业和商家节省运营成本和更确切的掌握市场的需求,可谓是当下多赢的商务理想模式^[1]。大学生是网民中表现最活跃、受新事物影响最深、使用高新技术最顺手和购物观念最新潮的群体,他们的购买意愿具有普遍性和代表性。在以往的研究中,学者们较倾向于研究大众

群体顾客购物满意度、购买意向、消费行为和需求等方面,鲜少有学者探索网店形象对大学生群体顾客购买意愿的影响。据此,文中着重探讨网店形象对大学生购买意愿的影响,为网店精准营销战略和发展提供参考。

购买意愿是指顾客购置某种商品的倾向性。各学者针对消费者购买意愿给出不同的定义,主要集中在两种观点:一是对商品有所了解后做出理性的决策;二是在情感上商品较适合自己的心理需求。如国外Mullet指出购买意愿是消费者选择某种特定产品的外在因素和主观倾向的共同作用,是预测购买行为的重要指标。Dodds等人指出购买意愿是指顾客购置某种产品的可能性或主观概率。国内学者韩睿等人定义购买意愿是指顾客购置特定产品的可能性。朱志贤指出,购买意愿是消费者购置适合自己需求商品的心理倾向,是客户心理和购买行为的表现。据此,网上商店的购买意愿是指顾客在浏览购物网站时,对网店内的商品、服务和物流等方面了解后,购买某种商品或服务的可能性^[2]。

就网店形象的概念而言,学术界尚未形成统一的定义。从搜集到的国内外相关文献显示,有关网店形

收稿日期:2019-05-02

基金项目:福建江夏学院教育教学改革重点项目
(J2019A017)。

作者简介:韦素娟(1979-),女,壮族,实验师,主要研究方向:电子商务和网络安全。

象的研究相对较弱,而有关实体店形象的研究较成熟。由于网店不具备实体店的具体物质形态,主要靠网站框架设计的图文并茂视觉效果来吸引顾客的眼球和关注。纵观国内学者对网店形象的研究和理解,有的通过感知价值、消费者情感等因素来研究网店形象的各个属性对网购意愿的影响,有的借助顾客信任、感知风险等来探讨网店形象与购买意愿间是否存在关系。如高博提出网店形象是在网络环境下,顾客对网店功能因素、外在特征和自身心理因素形成对网店的整体性认知^[3]。熊光泽指出网店的形象是多方面的结合,是客户对网店的的功能和情感属性的整体印象^[4]。唐新玲等人指出,产品形象、安全形象和服务形象与网购意愿呈正相关,感知风险与网购意愿呈负相关^[5]。宋思根等人指出服务态度、描述与实物相符程度、卖家信用是重要的网店形象因子,产品特征不同对产品质量评价、购买意愿贡献率有显著性差异^[6]。总之,网店是商店的一种虚拟性形式,网店形象概念与商店形象概念稍有不同。本研究认为网店形象是指在网络环境下网店的整体属性给消费者感官、视觉、听觉和心理等方面的体验和感受的复合体,包括顾客对有形网站、商品与无形服务等方面的感知与印象。

2 问卷设计

依据上述文献综述,结合网店形象的特点和借鉴各专家学者设计的量表进行参考和调整。最后将商品、服务、价格、页面、支付和物流配送形象6个维度作为影响大学生购买意愿的潜在变量。并对每个潜变量定义了2~5个相应的可测变量。以福州市大学城各高校的本科生为研究对象,先对部分本科生进行小范围预问卷,将收回的问卷进行分析总结,验证测量指标的有效性和可靠性,删减并修改了部分题目的表述方式,并结合本研究的实际情况将测量指标进一步细化、改进,设计出表1所示问卷测量量表。该调查问卷使用李克特5级量表来衡量量表的指标,将答案设置为完全不同意、不同意、一般、同意和非常同意,分别赋值1至5分,要求被问卷者依据自身感受从中选择最佳答案。

表1 测量量表

Tab.1 Measurement scale

| 测量变量 | 问卷项 |
|------------|----------------------------------|
| 商品形象(SP) | SP ₁ :您认为网店商品信息详细 |
| | SP ₂ :您认为网店商品外形时尚 |
| | SP ₃ :您认为网店商品选择空间大 |
| | SP ₄ :您认为网店商品分类清楚 |
| | SP ₅ :您认为网店商品质量可靠 |
| | SP ₆ :您认为网店 客户评价好 |
| 服务形象(FW) | FW ₁ :您认为网店服务答疑即时 |
| | FW ₂ :您认为网店服务热情 |
| | FW ₃ :您认为网店售后服务周到 |
| 价格形象(JG) | JG ₁ :您认为网店商品价格比实体店便宜 |
| | JG ₂ :您认为网店商品价格合适 |
| 页面形象(YM) | YM ₁ :您认为网店页面布局合理 |
| | YM ₂ :您认为网店页面色彩和谐 |
| 支付形象(ZF) | ZF ₁ :您认为网店支付方式便捷 |
| | ZF ₂ :您认为网店支持主流支付 |
| | ZF ₃ :您认为网店 支付方式快捷 |
| 物流配送形象(WL) | WL ₁ :您认为网店物流配送及时 |
| | WL ₂ :您认为网店物流配送可靠 |
| | WL ₃ :您认为网店支持主流物流 |
| 购买意愿(GM) | GM ₁ :您对网购很感兴趣 |
| | GM ₂ :您将在未来频繁网购 |
| | GM ₃ :您很愿意尝试网购 |

3 结果分析

以福州大学城周边各本科高校的大学生为调查对象,于2018年9月至2019年3月期间进行,利用问卷星进行编制,通过QQ和微信方式向大学生发放,回收问卷568份,剔除回答选项一样或不完整的无效问卷43份,最终有效问卷525份,有效率为92.43%,利用Excel和SPSS20.0软件进行整理和分析,分析结果如下。

3.1 样本描述分析

从收回的问卷中可看出参与问卷的大学生都有网购经验,年龄在18到25岁之间,受教育程度较高。从性别结构上看男性254人,占比48.4%,女性271人,占比51.6%,说明本次调查以女性居多,与现实中女性较喜欢购物吻合,样本具有代表性;从年级结构来看,大一120人,占比22.9%,大二133人,占比25.3%,大三139人,占比26.5%,大四133人,占比25.3%,各年级取样较均匀、合理;从生活费分布来看,生活费在1000~1500元155人,占比29.5%,1501~2000元229人,占比43.6%,2000元以上141人,占比26.9%,说明随着物价的上涨,大学生的生活费越来越高;从个人收入来看,无收入352人,占比67.0%,月

收入在 300~500 元 90 人,占比 17.1%,月收入在 501~1 000 元 63 人,占比 12.0%,月收入在 1 000 元以上 20 人,占比 3.8%,可知大学生中无收入占多数,有收入的也相对较低,说明大学生多数还是以学业为重,较符合现实情况。

3.2 信度效度分析

为了证明调查问卷是否能反映调查的意图和目的,以及每个子问题是否衡量相同的信息和内容,调查问卷得到的数据是否可靠有效,使用 SPSS20.0 对 525 份问卷进行标准化处理,并利用信度分析中的克隆巴赫(Cronbach's α)系数的大小来衡量调查问卷的信度,检验结果如表 2 所示影响因子 α 为 0.852,购买意愿 α 为 0.931,两者的 α 值都大于 0.8,表明问卷信度较好,变量间的一致性和稳定性还不错。

表 2 信度表

Tab.2 Reliability table

| 参数 | Cronbach's Alpha | 项数 |
|---------|------------------|----|
| 影响因子总量表 | 0.852 | 19 |
| 购买意愿总量表 | 0.931 | 3 |

接下来对问卷影响因子和购买意愿两部分分别进行 KMO 系数、Bartlett 球形检验,得出如下表 3 所示,KMO 系数分别为 0.825 和 0.758,Bartlett 球形检验,Sig

值为 0.000,说明该问卷数据非常适合做因子分析。

表 3 KMO 和 Bartlett 的检验

Tab.3 KMO and Bartlett's test

| 参数 | 影响因子 | 购买意愿 |
|------------------------------|-------|---------------------|
| 取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量 | 0.825 | 0.758 |
| Bartlett 的球形 | 近似卡方 | 4 649.991 1 294.686 |
| 度检验 | df | 171.000 3.000 |
| | Sig. | 0 0 |

3.3 因子分析

通过对上述数据的分析,选择探索性因子分析法中的主成分分析,提取特征值>1 的公因子,通过最大方差和正交旋转法得到旋转因子载荷矩阵。最后剔除系数绝对值<0.5、因子负荷在两个因子以上相近的 2 个不合适指标,剩余 17 个指标。并对这 17 个项目再次进行因子分析,取特征值>1 的 6 个因子,根据各因子组成项目的内容对 6 个因子进行命名,依次为因子 1 商品形象,因子 2 服务形象,因子 3 价格形象,因子 4 页面形象,因子 5 交易支付形象,因子 6 物流配送形象。且 6 个因子旋转后的方差解释率分别为 16.527%、15.089%、9.941%、9.458%、8.531%、8.521%,累积方差解释率为 68.066%>50%,说明所研究的信息量被有效的提取出来,信息丢失较少,能够较好的解释研究结果,分析结果如下表 4、表 5 所示。

表 4 解释的方差

Tab.4 Total variance of explanation

| 成分 | 初始特征值 | | | 提取平方和载入 | | | 旋转平方和载入 | | |
|----|-------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | 合计 | 方差的/% | 累积/% | 合计 | 方差的/% | 累积/% | 合计 | 方差的/% | 累积/% |
| 1 | 5.572 | 29.326 | 29.326 | 5.572 | 29.326 | 29.326 | 3.140 | 16.527 | 16.527 |
| 2 | 1.972 | 10.378 | 39.704 | 1.972 | 10.378 | 39.704 | 2.867 | 15.089 | 31.616 |
| 3 | 1.894 | 9.966 | 49.670 | 1.894 | 9.966 | 49.670 | 1.889 | 9.941 | 41.557 |
| 4 | 1.375 | 7.238 | 56.908 | 1.375 | 7.238 | 56.908 | 1.797 | 9.458 | 51.015 |
| 5 | 1.091 | 5.744 | 62.651 | 1.091 | 5.744 | 62.651 | 1.621 | 8.531 | 59.546 |
| 6 | 1.029 | 5.415 | 68.066 | 1.029 | 5.415 | 68.066 | 1.619 | 8.521 | 68.066 |
| 7 | 0.837 | 4.405 | 72.471 | | | | | | |
| 8 | 0.773 | 4.069 | 76.540 | | | | | | |
| 9 | 0.684 | 3.602 | 80.142 | | | | | | |
| 10 | 0.655 | 3.447 | 83.588 | | | | | | |
| 11 | 0.573 | 3.016 | 86.605 | | | | | | |
| 12 | 0.493 | 2.595 | 89.200 | | | | | | |
| 13 | 0.461 | 2.426 | 91.626 | | | | | | |
| 14 | 0.421 | 2.215 | 93.841 | | | | | | |
| 15 | 0.409 | 2.152 | 95.993 | | | | | | |
| 16 | 0.388 | 2.044 | 98.037 | | | | | | |
| 17 | 0.175 | 0.920 | 98.957 | | | | | | |
| 18 | 0.132 | 0.695 | 99.652 | | | | | | |
| 19 | 0.066 | 0.348 | 100.000 | | | | | | |

注:提取方法为主成分分析

表5 旋转成分矩阵

Tab.5 Rotation component matrix

| 变量 | 成份 | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| SP ₃ | 0.794 | | | | | |
| SP ₄ | 0.752 | | | | | |
| SP ₂ | 0.737 | | | | | |
| SP ₁ | 0.732 | | | | | |
| SP ₅ | 0.700 | | | | | |
| SP ₆ | | | | | | |
| FW ₂ | | 0.922 | | | | |
| FW ₁ | | 0.904 | | | | |
| FW ₃ | | 0.899 | | | | |
| JG ₁ | | | 0.927 | | | |
| JG ₂ | | | 0.920 | | | |
| YM ₂ | | | | 0.871 | | |
| YM ₁ | | | | 0.816 | | |
| ZF ₃ | | | | | | |
| ZF ₁ | | | | | 0.851 | |
| ZF ₂ | | | | | 0.816 | |
| WL ₂ | | | | | | 0.757 |
| WL ₃ | | | | | | 0.641 |
| WL ₄ | | | | | | 0.511 |

注:提取方法为主成分;旋转法为具有 Kaiser 标准化的正交旋转法;a. 旋转在 5 次迭代后收敛

3.4 相关性分析

通过以上的探索因子分析,提取了商品形象、服务形象、价格形象、页面形象、支付形象和物流配送形象 6 个维度作为影响大学生购买意愿的因子,并将这 6 个影响因子与购买意愿进行相关性探索。

表6 购买意愿相关性

Tab.6 Correlation of purchase intention

| 项目 | 商品形象 | 服务形象 | 价格形象 | 页面形象 | 支付形象 | 物流配送形象 |
|-------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Pearson 相关性 | 0.164** | 0.933** | 0.117** | 0.097* | 0.092* | 0.109* |
| 显著性(双侧) | 0 | 0 | 0.007 | 0.026 | 0.036 | 0.013 |
| N | 525 | 525 | 525 | 525 | 525 | 525 |

注:** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关;* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关

由表 6 得知,商品形象、服务形象、价格形象、页面形象和物流配送形象的 Pearson 的相关系数所对应的 P 值分别为 0、0、0.007、0.026、0.036 和 0.013 都小于 0.05,且相对应的相关系数的 r 值为 0.164、0.933、

0.117 与购买意愿在 0.01 的显著性水平上呈正相关,0.097、0.092 和 0.109 与购买意愿在 0.05 的显著性水平上呈正相关。

3.5 回归分析

为了进一步验证商品形象、服务形象、价格形象、页面形象、支付形象和物流配送形象这 6 因子变量对购买意愿的重要性程度,使用多元线性回归进行分析,建立回归模型如下:

$$GM = \beta_1 SP + \beta_2 FW + \beta_3 JG + \beta_4 YM + \beta_5 ZF + \beta_6 WL + \epsilon$$

得到分析结果为如下表 7 所示。

表7 多元线性回归分析综合结果

Tab.7 Comprehensive results of multiple liner regression analysis

| 自变量 | 标准系数 | T 值 | Sig | VIF | 其它参数 |
|------------|-------|--------|-----|-------|-----------------------|
| 商品形象(SP) | 0.164 | 15.257 | 0 | 1.000 | R=0.969 |
| 服务形象(FW) | 0.933 | 86.569 | 0 | 1.000 | R ² =0.940 |
| 价格形象(JG) | 0.117 | 10.855 | 0 | 1.000 | R ² =0.939 |
| 页面形象(YM) | 0.097 | 9.001 | 0 | 1.000 | F=1 349.993 |
| 支付形象(ZF) | 0.092 | 8.503 | 0 | 1.000 | P=0 |
| 物流配送形象(WL) | 0.109 | 10.096 | 0 | 1.000 | D.W.=1.780 |

注:因变量为购买意愿

由表 7 可知:(1)调整后 R²=0.939,线性拟合方程能很好的反映原始数据,可达到 93.9%,认为选取的自变量解释程度较高,回归效果显著,模型拟合优度较高;(2)Sig 值为 0.00<0.05,表明 6 个自变量中至少有一个对因变量有显著影响;(3)D.W. 用于检验序列的自相关,表中 D.W.=1.780 在 2 的附近,表明序列无自相关,不存在伪回归;(4)VIF 值都等于 1<5 表明各个自变量不存在共线性。从表中看出商品形象、服务形象、价格形象、页面形象、支付形象和物流配送形象这 6 个维度与购买意愿呈正相关且有显著的影响。(5)得到的回归方程为:GM=0.164×SP+0.933×FW+0.117×JG+0.097×YM+0.092×ZF+0.109×WL。回归方程表明,各个维度的重要程度为:服务形象、商品形象、价格形象、物流配送形象、页面形象、支付形象。

4 结论与建议

4.1 研究结论

(1)商品形象对大学生购买意愿有显著的正向影响,与吴锦峰等人研究结论一致^[7]。商品形象能使大学

生获得更加详细的产品信息,如商品的包装样式、精美的图案、色彩设计以及制作的材料选择等都能体现商品的鲜明个性。

(2)服务形象对大学生购买意愿有显著的正向影响,与唐新玲研究结论一致^[4]。当下的大学生购物观念在不断变化,更注重服务效果。网店在服务方面得到了有效的改善,购物过程中能够与客户及时沟通并且平台能够提供良好的售后服务,大学生购买商品时享受和体验到别样的服务。

(3)价格形象对大学生购买意愿有显著正向影响,与杨向东研究得出的结论一致^[8]。因大学生大多没有固定收入,消费支出主要靠父母的支持,商品价格往往能决定他们是否会买该商品。

(4)页面形象对大学生购买意愿有显著的正向影响。网店页面易操作性易掌握性很容易让大学生更愿意在网店上购买商品。网店页面形象有良好的视觉形象,会令人赏心悦目,原因在于,随着高新技术得到不断的发展和应用,网购越来越成为主流的购物方式。

(5)支付形象对大学生购买意愿有显著影响。高科技的应用,使网络支付安全性和隐私性功能越来越完善,支付过程简便快捷,大学生对支付过程相对放心^[2]。

(6)物流配送形象对大学生购买意愿有显著的积极影响。大学生选择在网上商店购物,看重的是物流配送方便快捷的特性,可省去在实体店购物所需的大量购物时间。

综上,网店形象的各个维度对顾客购买意愿都有着显著的影响,网店若能给消费者留下好的购物印象,消费者往往会选择超出自己预期的商品和服务,成为回头客的几率较高,无形中带动身边的亲朋好友给商家带来更多消费者,口碑的良好效应就自然形成,获得更高的销售业绩,取得双赢的效果。因此,网店若要长远发展,须保持良好的整体形象和对自身精准的定位,留住顾客和增加客源。

4.2 建议

结合已有的研究成果和本次研究的结果,提出以下建议。希望能为网店商家群体提供一定的帮助和指导。

4.2.1 加强商品信息的透明化

通过市场调研,了解商品流行趋势、当前需求和

网购消费者的消费习惯,通过商业活动和信息技术传递信用,增强双方的透明度和对称性,推出令消费者满意的商品。让消费者通过网店的网页直观的获取相关产品的信息,如商品的品牌、型号、价格和功能等有关商品信息的文字说明和图片,有条件的网店提供虚拟的商品展示场景,向消费者宣传所售的商品,满足消费者在听觉、视觉和触觉等感官体验,增进消费者对商品的了解、认可和好感,从而激发购买欲望。

4.2.2 提升网店的的服务质量

网店的的服务质量直接影响到网店的形象,与传统购物不同,网店购物过程不是面对面的互动过程,而是虚拟过程,有时信息不对称,消费者在网店购买商品是存有疑虑的。有的消费者一旦经历不愉快的网购过程往往会给出差评和不友好的文字评价,会影响其再次消费或其他消费者的购买意愿,从而对商家的销售业绩造成影响。因此,网店要加强与消费者间沟通,提高解决问题时效性,保证售后服务质量,增加彼此间的信任,降低消费者的顾虑,让消费者在网购中消费舒心 and 安心。

4.2.3 增强价格优势

网店商品价格是网店营销和竞争策略的主要手段^[9],网店商品价格是否占优势体现在买家的最终体验。首先针对不同的产品设定不同的价格以吸引消费者的注意力,提高受欢迎度。其次以成本价格促销一件或两件商品,其余的商品可查看同类商品在不同网店里的定价,做出合理的报价,定好的价格后不要轻易去改,并交待清楚商品是否包含运费,以免引起麻烦,损害到自己网店的声誉。最后周期性的对部分商品执行弹性价格,为消费者讨价还价留有一定的余地,网店可在买家下订单后,支付前对交易价格进行修改,并与消费者讲清具体交易的方式和流程。

4.2.4 加强网店页面的设计

网店是商家展示商品,与消费者交流的直接窗口。网店页面设计是一项重要的工作。一是页面结构、布局和色彩搭配等要合理、简洁且大气,体现独特的网店文化、经营理念和经营方式,使消费者一目了然地了解到网店所传播的信息,吸引更多消费者的眼球,获得更多消费者的青睐,赢得良好的第一印象。二是页面中的辅助功能要易于操作,如搜索引擎,能让

消费者花费最少的时间和精力,快速的、准确的搜索到目标商品。三是独具特色,重点突出网店的个性,力争在同类网店中脱颖而出,才能把顾客吸引到自己的网店中来。

4.2.5 加强支付账户安全和支持主流支付方式

一是在购物操作上提供简单易学,操作简便的支付流程,让消费者感知到网店购买商品是简单易用的。二是在支付账户安全管理上,对开户账户程序严格把关,账户限额消费,强化对支付账户功能的认知^[10]。三是在支付渠道上,提供微信、支付宝、银行转账等多种主流支付方式,以及交易担保、安全保障服务。

4.2.6 加强与物流公司的合作

网店要想在激烈的竞争中胜出,需要加强与物流公司的深度合作,优化资源配置,突破瓶颈,提高物流配送人员的综合素质等,建立适合网店自身的物流配送模式,实现双赢。物流配送是网购过程中一个重要的环节,需要相关部门不断完善物流政策法规和行业准则,及时更新订单的物流配送跟踪信息,实现物流配送系统的信息化和网络化^[11]。

5 结束语

网店经营者要想获取更多的利润,在互联网下保持好的销售业绩,在激烈的网购市场竞争中立足,就要正确认识网店形象的重要性,完善网店形象的维度以及认知其的价值创造和提高消费者的信任、关注和进店率。在本研究中尚未拓展到网店的其它影响因

素,在后续的研究中,将进一步拓展对网店的其它方面研究来强化本次研究的结论。

参考文献:

- [1] 孙永波,王振山.网络商店满意度影响因素的实证分析[J].北京工商大学学报:社会科学版,2016,31(3):65-73.
- [2] 于跃,陈伟山.消费者网络购买意愿影响因素研究综述[J].商业经济研究,2017(16):46-49.
- [3] 高博.网络商店形象对顾客购买意向的影响关系研究[D].大连:大连理工大学,2010.
- [4] 熊光泽.网上商店形象对顾客忠诚的影响研究[D].长江:中南大学,2011.
- [5] 唐新玲,周静,赵丽娅.网店形象对顾客服装网购意愿的影响研究[J].丝绸,2019,56(1):54-60.
- [6] 宋思根,王平,徐伟.网店形象购后评级、新产品质量评价与购买意愿[J].天津财经大学学报,2016,36(7):60-66.
- [7] 吴锦峰,常亚平,侯德林,等.网络商店形象对情感反应和在线冲动性购买意愿的影响[J].商业经济与管理,2012,1(8):35-44.
- [8] 杨向东.价格制定因素对消费者购买意愿的影响:基于网络预售环境[J].商业经济研究,2017(18):30-32.
- [9] 白世贞,谢爽.网络购物环境下参考价格对购买意愿影响的研究[J].价格月刊,2017(4):10-15.
- [10] 柴洪峰,郝建明.网络支付安全的账户管理对策:基于国内外银行个人账户管理的实证分析[J].上海金融,2011(12):70-73.
- [11] 潘亮,鲍锐,周冰洁.快递运费价格对网上购物意愿的影响研究[J].价格理论与实践,2016(8):149-151.

(责任编辑:聂传朋)

The Influence of "Internet +" Online Store Image on College Students' Purchase Intention

WEI Sujuan

(School of Public Administration,Fujian Jiangxia University, Fuzhou, Fujian 350108)

Abstract: The Internet provides an effective way for mass entrepreneurship. The online store is a product of the development of the Internet. It has become an important online place for consumers and merchants to trade, and its image has a certain impact on purchase intention. On the basis of summarizing and drawing on the research results of various scholars, the paper extracts 19 indicators that affect online store image to prepare questionnaires, and takes the students of Fuzhou City University as the research object, and analyzes the results of the returned questionnaires. The online store image is divided into six dimensions, and the six-dimensional exploration of college students' purchase intention is discussed. The research results show that the online store image has a significant impact on college students purchase intention, according to the importance of the impact: service image, product image, price image, logistics and distribution image, page image and payment image.

Key words: online store image; purchase intention; service quality; payment security

转型应用技术大学背景下园艺专业 实践教学改革的

刘金仙

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

摘要:园艺专业实践存在教学内容单一,“双师型”教师缺乏,教学条件薄弱等问题,针对这些问题,提出要更新实践教学内容、改革实践教学模式,完善实践考核体系,并在此基础上,提出加强学校内部培养、外聘人才,完善实践教学平台,以期达到改革的预期目的。

关键词:转型;园艺专业;实践教学;改革策略

中图分类号:G642.2;S68 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0085-03

武夷学院作为一所新建本科院校,于 2013 年高质量通过教育部本科教学工作合格评估,同年底响应国家号召做出了“转型应用技术大学”的决定。至今转型工作取得了明显的成效,2016 年入选全国百所产教融合项目实施校,被福建省教育厅确定为转型发展试点校。

应用技术大学的定位是向基层、生产、建设输送实用型的高级技术人才和管理人才,以培养服务生产一线的技能型和应用型高级专门人才为主要任务^[1]。在人才培养的诸多环节中,实践教学是理论联系实际的重要手段,是培养应用型人才的重要环节,也是培养学生动手能力和专业技能最有效的措施^[2]。武夷学院园艺专业于 2015 年获福建省教育厅批准设立,以培养具有应用专业技能的综合园艺人才为目标。目前,受传统教学模式的影响,武夷学院园艺专业实践教学环节在教学内容、指导教师和教学条件等方面还存在明显不足,有效培养应用型综合园艺人才尚有差距。通过探讨武夷学院转型应用技术大学过程中园艺

专业的实践改革,旨在为同类院校的实践教学改革提供参考。

1 园艺专业实践教学存在的问题

1.1 实践教学内容单一缺乏系统性,考核欠科学

目前,我校园艺专业实践教学分为 3 个模块,分别是专业基础、专业核心以及素质拓展,每个模块的各门实践课程都是独立设课,既能与理论教学相辅相成,又有相对独立的实验教学体系,对学生实践和动手能力的培养有很大帮助。但毕竟该专业设立时间短,在具体实施过程中仍存在一些问題:第一,较多专业基础、专业核心实验课程内容相对简单,以基础型和验证型实验项目居多,缺乏综合性设计性试验项目,学生只要需按照教材经典实验步骤完成即可,实践技能得不到明显提升,导致学生缺乏实践热情;第二,实验教学内容缺乏连贯性和系统性。园艺植物生产是连续过程,每个环节都要求丰富的基础理论和专业技能。例如园艺植物生产综合实习应包括育苗、整地、定植、田间水肥管理、整枝定型、园艺产品采摘等环节,而现有教学中把该课程统一集中安排在 2 周,时间集中,未按照植物生长规律要求进行,缺乏连贯

收稿日期:2019-03-29

基金项目:武夷学院教学改革研究项目(XJJY17026)。

作者简介:刘金仙(1981-),女,汉族,副教授,主要从事农业生物技术研究。

性和系统性,影响实践教学质量;第三,实践考核欠科学。主要通过实验报告和实习报告撰写质量的好坏来评判学生的实验实习效果,忽视学生的动手操作过程,导致实验实习报告千篇一律,很难客观反应学生实践学习的真实效果,也抹杀了学生参与实践的积极性^[9]。

1.2 “双师型”教师较缺,整体实践教学指导能力较弱

地方应用型本科院校要培养符合社会经济发展需求的应用型人才,需要拥有一批理论知识扎实、实践技能过硬、社会服务能力强的教师^[4-5]。我校园艺专业是新设立不久的专业,教师队伍中以刚毕业的青年教师居多,缺乏“双师型”教师。这些青年教师大都从高校一毕业就直接进入学校从事教学工作,很少参加过园艺行业实践,自身实践经历缺乏,也未接受过任何实践教学环节训练,普遍存在学历高、年轻化、理论功底扎实,但实践经验缺乏,实践教学指导能力薄弱等问题,导致实践和理论教学相对脱节。

1.3 实践教学条件相对薄弱,不利于专业实践课程开展

培养应用型园艺专业人才需要具备良好的实践教学条件。园艺专业设立以来,实践教学条件建设初见成效,已经建成土壤肥料实验室、园艺产品加工实验室、温室大棚 690 m² 和校内实训基地 1.33 hm²,能满足日常教学的基本要求。但仍然存在诸多问题:一是专业实验室建设不够健全,需要增建园艺植物保护实验室和园艺植物栽培育种实验室;二是已建成实验室的仪器设备不够先进且套数不够,造成单个实验需要分批完成,给任课老师增加工作量,影响学生上课积极性;三是温室大棚和校内实训基地已建成投入使用,缺乏统筹规划和专人管理,利用率低;四是已经在上海、五夫、松溪等地设立的校外实践基地,普遍存在规模小、园艺技术相对落后等现状,不能很好地满足校外实践实习的需求。

2 园艺专业实践教学改革策略

2.1 优化实践教学体系,为培养应用型园艺人才提供体系保障

2.1.1 更新实践教学内容

实验课是实践教学的主要组成部分,针对实验教

学内容简单、陈旧、有重复、创新性不强等问题,每学期定期召开教研组课程教学大纲修订研讨会,剔除简单、陈旧的实验内容,减少验证性、演示性实验学时数和项目数,增设综合性、设计性实验项目,既保证实验的连续性和知识的系统性,又提高学生动手能力和创新思维。

2.1.2 改革实践教学模式

目前园艺专业的集中性实践教学模式是将观赏植物生产等实习集中安排在短周期内完成,但很多园艺植物的生长周期很难在短时间内结束,集中时间造成实习缺乏连贯性和系统性。另外,实习期间可能会遭遇长时间下雨等各种因素的影响,导致实习中断,实习效果不理想。为此,可在确保实习总课时比例不动的前提下,根据园艺植物的生物学特性及对栽培季节的要求,将原来集中的实习周分散安排在每一周,这样既能保证实习总学时不变,又能使每个实践环节不脱离生产实际,促进提升实践教学效果。

2.1.3 完善实践考核体系

实践教学考核是实践教学体系重要组成部分,只有在科学、健全的实践教学体系下,才能严格加强教学过程监控,培养出高水平应用型人才^[9]。考核手段应根据不同课程的差异,设计不同考核方式,例如园艺植物栽培与育种学实验,共6个实验项目,其中2个为综合性实验,1个为设计性实验,综合性实验和设计性实验项目数达50%,考核实验成绩时不仅要看学生是否按要求完成了实验内容和实验操作,还要考虑学生参与的积极性和创新性,以及专业知识综合应用能力。所以,实践能力考核应该贯穿实验准备、实验操作、实验记录和实验报告撰写等所有环节,不同的环节制定不同的评分标准。如实验准备成绩占20%,根据实验准备是否充分、态度是否端正认真、积极主动等,给予评分;实验操作占40%,根据实验方法是否掌握、操作是否规范、实验记录是否及时正确、成员之间的团队协作能力等,给予评分;实验报告撰写占40%,根据报告撰写的工整及完整性、数据的分析、结果的准确性,以及是否有独到见解或取得创新性成果等给予评分。

2.2 加强“双师型”师资队伍建设和提高实践教学能力

2.2.1 学校内部培养

在鼓励和支持专业教师多参加国内外学术交流和进修学习的同时,可下派到园艺行业企业定岗生产或作为科技特派员到县、市基层单位挂职,将积累的实践经验和专业技术应用能力融入具体课程教学中。同时,广泛关注了解用人单位对学生专业知识和实践技能的要求,有针对性地调整课程设置、教学内容和教学方法,切实加强教学实践教学环节。

2.2.2 大力外聘人才

拓宽师资队伍聘用渠道,聘请生产及社会经验丰富的行业专家、工程技术人员作为“双师型”教师,可以到校上课、开设讲座、指导学生课程实践和毕业论文等,也可承担青年教师实践教学培训等工作。

2.3 完善实践教学平台,为培养应用型园艺人才提供平台支撑

2.3.1 增加经费投入建好校内实践平台

学校要不断争取经费,加大经费的投入,根据园艺专业特点,增建园艺植物保护、园艺植物栽培育种等实验室,增购先进的实验仪器设备和套数,提高实验装备的档次,避免实验项目循环开设。同时,结合园艺专业实际情况统筹规划,将温室大棚划分为育苗区、生产区,将室外实训基地划分成药用植物和观赏植物等园艺植物种质资源区、教师科研试验区、生产示范区,增设基地保护设施、排灌系统、机械化农机具等配套设施。还要选派实践经验丰富的专职教师或校聘专业园丁进行基地和温室日常管理、安全维护以及

学生实习实践安排等,提高基地利用效率,规范开展校内实习实践工作。

2.3.2 拓宽思路拓展校外实习基地建设

校外实习基地是学生实践能力训练的重要场所,也是学生了解企业、行业和社会的桥梁^[7]。在园艺专业现有实践基地的基础上,进一步加强与闽北其他县市园艺企业的合作,继续增设校外实习基地。同时,开拓校外基地建设思路,考虑到闽北区域外,如到闽南或省外寻求园艺龙头企业,提高园艺专业实践能力和水平,提升园艺专业校外实践基地的整体层次。

参考文献:

- [1] 肖瑜. 新建本科院校向应用技术大学转型的举措分析[J]. 集宁师范学院学报, 2018(1):83-87.
- [2] 吴玉霞, 刘玉连, 王延秀, 等. 地方院校园艺专业实践教学改革新思路[J]. 高等教育, 2017(10):181-182.
- [3] 张金智, 胡春根. 园艺学实验改革与实践探索:以华中农业大学为例[J]. 安徽农业科学, 2017,45(21):254-256.
- [4] 刘松虎, 梁本国. 应用型本科园艺专业实践教学现状探析[J]. 廊坊师范学院学报(自然科学版), 2015,15(4): 118-121.
- [5] 钱淑霞, 于彦华, 吴春岩, 等. 高等教育转型背景下地方本科院校“双师型”教师队伍建设初探[J]. 2017(7):257-259.
- [6] 向地英, 邸葆, 王丽霞. 园艺专业观赏园艺方向实践教学改革探讨[J]. 高等教育, 2018(2):119-121.
- [7] 郑世英, 苏荣存, 郑芳, 等. 地方本科院校园艺专业实训基地建设[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(2):218-220.

(责任编辑:叶丽娜)

Reform of Practice Teaching of Horticultural Under the Background of Transition to Applied Technology University

LIU Jinxian

(School of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: There are some problems in the practice of horticulture, such as the single teaching content, the lack of double teachers and the weak teaching conditions. In view of these problems, it is proposed to update the practical teaching content, reform the teaching mode, and improve the practical assessment system. On this basis, it is necessary to strengthen the internal training, external recruitment of talents, and improve practice teaching platform in order to achieve the expected purpose of the reform.

Key words: transition; horticultural major; field teaching; reform strategy

“新工科”背景下建筑信息化课程体系建设与思考

涂劲松¹, 李瑞霞², 周 明¹, 汪万芬¹

(1. 皖西学院 建筑与土木工程学院, 安徽 六安 237012; 2. 皖西学院 电子与信息工程学院, 安徽 六安 237012)

摘 要:教育部为主动适应国家创新驱动发展战略积极推进“新工科”建设,面对新技术的变革,传统的土木工程人才培养模式和方法存在着与市场需求脱节和不适应,本文在分析土木工程专业趋同化的人才培养弊端基础上,提出了基于新工科背景下建筑信息化时代的土木工程专业基础知识、课程和创新实践课程体系,并在此基础上提出了具体改革的目标和措施,形成了多专业多学科交叉的四年不断线的实践课程体系。经过教学改革的初步实践,土木工程人才培养效果凸显。本课题的研究为其它高校更新土木工程专业实践教学体系和转型发展提供了很好的借鉴与参考。

关键词:新工科; 土木工程; 实践课程体系; BIM 技术

中图分类号: TU7-4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0088-06

“新工科”建设是教育部主动适应新技术、新服务、新产业和新模式为特点的新经济发展而提出的新的教育战略。新形势下,为应对新一轮的产业革命和技术变革,支持新形势下“中国制造 2025”和创新驱动发展等国家战略,新时代迫切需要大批新型工程技术人才^[1]。2017年2月以来,教育部积极推进新工科建设,在“复旦共识”、“天大行动”和“北京指南”的基础上,先后发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》和《关于推进新工科研究与实践项目的通知》两个文件。社会的急剧变革要求高等院校必须面对这一新形势,深化教育改革,培养满足行业发展需求的新型工程人才。土木工程专业作为典型的传统工科专业,面对快速发展变化的技术和行业需求,尤其需要改革创新,

探索新的课程体系,优化教学内容,加快适应人工智能、云计算和大数据为主导方式的工作内容变革,以培养具有创新精神的复合型人才。

1 新工科背景下土木工程专业的知识特征探析

“新工科”背景下应用型人才培养模式与传统人才培养模式最大的区别在于对学生的工程分析能力和解决实践问题的能力以及创新能力的培养更加的重视。也就是说在人才培养的规格上不再是单一输出“产品”,要求培养的学生应同时具备设计、施工、组织和管理等工程技术技能,同时要求以工程技术问题为导向的解决实际问题的能力和实际工程中的沟通协作能力等。

“新工科”背景下应用型人才培养要求的基本面是全过程生命周期考虑问题,不再是传统单一解决问题的能力,伴随着互联网+各类新技术的涌现,应对传统知识进行摒弃和综合,打破传统设计施工方法的思维,采用现代化的教学手段,提升学生以学为中心的学习参与度,创新创建实践基地和平台,使学生能够参与、提升、领悟和创新,以满足新型人才的社会需求。

国家高等学校土木工程专业指导委员会指出:土

收稿日期:2018-11-12

基金项目:安徽省教学研究项目(新工科背景下地方本科应用型本科实践课程体系建设和质量监控研究;2017jyxm1187);安徽省高等学校省级质量工程教学研究重点项目(2017jyxm0384);安徽省大学生创客实验室建设计划项目(BIM+创客实验室;2016ckjh216)。

作者简介:涂劲松(1977-)男,汉族,副教授,主要从事建筑信息化,建筑全过程生命周期管理的研究。

木工程专业就是培养适应社会主义现代化建设需要,德智体全面发展,掌握土木工程专业学科的基本理论和基本知识,获得工程师基本训练并具有创新精神的高级专门人才。各高校可以根据自己学校的实际情况在保证土木核心知识单元的前提下,建设符合学校定位的特色培养计划^[2]。

地方土木工程应用型人才培养方案制定过程中,常常有两个误区,一个是侧重研究型,紧靠“双一流”大学标准,重基础轻视实践,另一个侧重是重技能轻理论,重视专门人才的培养,实际过程中工程师所需要的素养绝不仅仅是理论+实践的简单 1+1 的问题,因此上述兼顾型模式是行不通的。地方应用型本科教育必须解决的首要问题要教会学生设计方法和管理理论的方法怎么得来的,二是要解决这些方法又怎么反哺在工程实践中的。在以设计施工管理为核心的教学体系中,要掌握如图 1 所示的一个核心,两个过程和三个环节的问题。

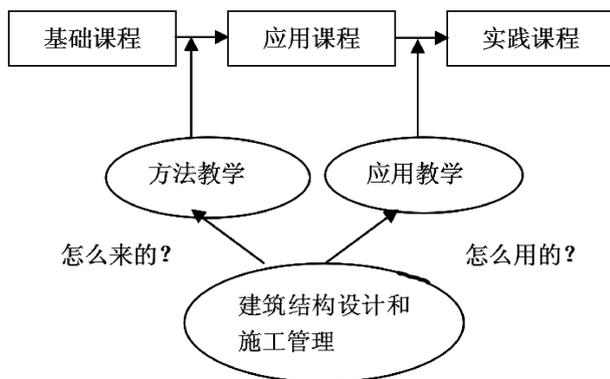


图 1 土木工程专业三层课程关系图

Fig.1 Three-level course relations of civil engineering major

在应用型本科人才培养目标实现的途径中要重新审视学生成果导向和过程教学要素的问题,其一是把握应用型人才培养的基础问题,主要是方法论的学习,凝练工程师设计素质和工具知识,符合应用型人才目标的公共课程和素质课程,其二要整合专业基础知识和专业核心课程知识体系,把人才目标中的能力设计为模块知识单元,减少理论的推倒过程,以工程实践“用”为导向精简理论,同时兼顾为毕业生毕业后持续学习和创新所需的基本知识。其三“教”的方式,地方应用型高校尤其要加大实践教学,多开设课内实习实践环节,如在土木工程实践中增加现场施工视频

和预应力操作实验,在钢筋混凝土结构基本原理课程中增设预制梁破坏机理实验,在钢结构设计课程中增加厂房实习等,这样就把“学”什么,怎么“教”就很好的界定了。

2 传统“高等学校土木工程本科指导性专业规范”与新工科背景下土木工程人才知识体系矛盾解析

2.1 传统课程体系基本构成

传统土木工程专业的办学都是在高等学校土木工程本科指导性专业规范下开设的知识体系和课程体系,如表 1 所示,规范推荐核心课程 42 门,实践体系中推荐 62 个最少实验学时和 35 个最少实践周数。专业知识体系按 2500 学时统计,专业实践体系按 40 周统计,详见表 1。

表 1 土木工程专业指导规范推荐的课程体系学时

Tab.1 Course lesson time recommended by guidance standards for civil engineering major

| 课程体系 | 工具、人文、 自然科学 知识体系 | 专业 知识 体系 | 选修学时数 | |
|---------------|------------------------|----------------|---------|--------|
| | | | 推荐的专业方向 | 剩余学时 |
| 专业知识 体系/学时 | 1110 | 712+44 | 264 | 370 |
| 比例/% | 44.4 | 30.2 | 25.4 | |
| 专业实践 体系/周 | 62 学时+3 周 | 32 | | 4 |
| 比例/% | | 约 90.0 | | 约 10.0 |

表 1 的体系标准无论是“双一流”院校还是地方本科院校的土木工程专业都遵循规范标准,工具、人文和自然科学知识体系推荐了 1 110 学时,专业知识体系推荐了 712 课时,表 2 是确定的专业核心知识领域知识,该体系中知识单元基本是确定的,如果再加上 264 课时方向课程(建筑工程、道路与桥梁工程等),各个高校能够开设的课程就捉襟见肘,制定人才培养方案的自主权限非常狭窄,因此在人才培养过程中很难体现差异化,办学定位和特色不明显。

表2 土木工程专业指导规范推荐的主干学科课时

Tab.2 Main lesson time recommended by guidance standards for civil engineering major

| 序号 | 知识领域 | 知识单元 | 知识点 | 推荐课程 | 推荐学时 |
|----|-----------|------|-----|---|------|
| 1 | 力学原理与方法 | 36 | 142 | 理论力学、材料力学、结构力学、流体力学、土力学 | 256 |
| 2 | 专业技术相关基础 | 33 | 125 | 土木工程材料、土木工程概论、工程地质、土木工程制图、土木工程测量、土木工程试验 | 182 |
| 3 | 工程项目经济与管理 | 3 | 20 | 建设工程项目管理、建设工程法规、建设工程经济 | 48 |
| 4 | 结构基本原理和方法 | 22 | 94 | 工程荷载与可靠度设计原理、混凝土结构基本原理、钢结构基本原理、基础工程 | 150 |
| 5 | 施工原理和方法 | 12 | 42 | 土木工程施工技术、土木工程施工组织 | 56 |
| 6 | 计算机应用技术 | 1 | 2 | 土木工程计算机软件应用 | 20 |
| 总计 | | 107 | 425 | 21门 | 712 |

表1培养的人才基本上是按照传统施工方法推演的,但随着人工智能和设计施工工具的改变,设计方法和施工方法必须改变。比如从二维到三维设计的转变,改变了人们看图识图的习惯;再如装配式结构体系的推广,让建筑变成工业化的产品,要求工程技术人员使用新的工具等,这都迫切要求解决传统作业的工艺。

2.2 建筑信息化背景下的土木工程信息技术应用现状

BIM+GIS 的工程测量应用:施工前,利用 REVIT 软件对整个标段进行三维建模,建模完成后导入谷歌地球,可应用于施工调查、施工空间模拟和征地拆迁等配合工作,节省了大量人力、物力,能完成困难条件下的施工调查工作,融合 BIM 技术与空间定位技术,变得轻松、快捷、高效。

BIM4D/5D 的应用:在三维数据集成的基础上,通过 BIM 协同作业平台,把时间、工程量、资源和施工组织信息进行集成,可以形成虚拟仿真进度计划,通过对施工过程的监控,可以有效对工程的进度、质量、工程成本控制和物质消耗等进行管控,同时可以实现实时和远程控制,通过数字化提高工程管理效率。

三维数字化正向设计:在三维软件环境下进行设计,利用三维模型和其中数字化信息,自动生成所需要的文图,这个过程,也是我们现在提到的 BIM 正向设计。

BIM+建筑施工信息化平台:通过 BIM 深化模型与建筑信息化平台的联合应用,解决施工过程中的设计方案预演、构件加工、场地规划、质量检测 and 检查等。

BIM+装配式结构体系应用:新型装配式建筑是国家产业结构调整 and 环保节能的新战略,对设计、生产和施工要求都很高,只有通过融合建筑信息自动化技术才能提高生产效率。因此必须创新实际施工生产模式,实行“标准化设计、工厂化生产、装配式施工、一体化装修和信息化管理”。装配式建筑核心是“集成”,BIM 技术是集成的主线。

在传统土木工程专业人才培养实践课程体系下要经过系统改造,对原有的课程层次和内容进行重新设计构建,以符合现代土木工程行业的需要^[3],如图2为房屋建筑工程基于 BIM 技术的实践课程体系架构,按照这个课程体系设计要求学生的学习范围不再是单一考虑狭小范围的专业,要改变思维方式,把二维思维改为基于三维的数据模型进行协同工作。

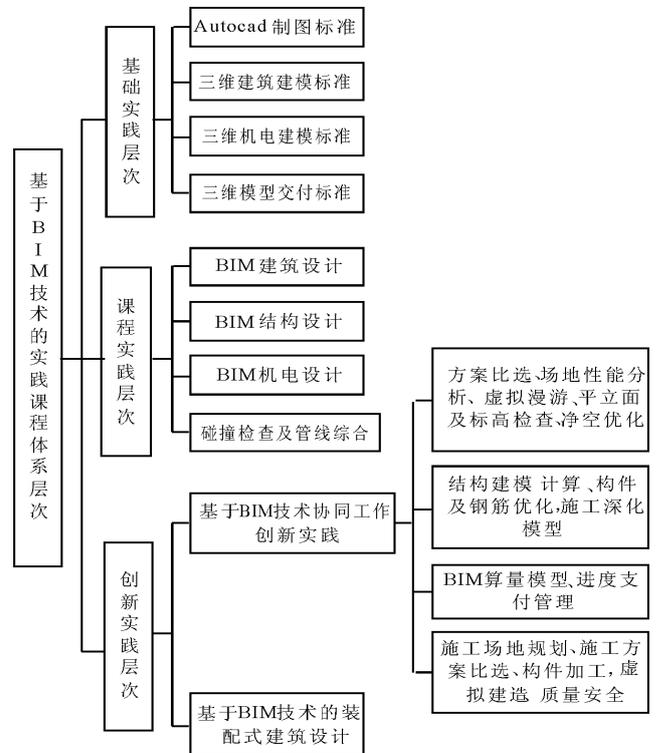


图2 基于 BIM 技术的三层次协同实践课程体系

Fig.2 Three-level cooperative practice course system based on BIM technology

3 基于新工科背景下的土木工程专业数字化课程改革

通过信息化时代背景下土木工程专业的层次分析可知,传统的专业知识领域和课程必须经过课程改造才能满足新工科背景下的工程人才需求,针对应用型本科人才的培养,在总结学校前期的 BIM 课程实践上,建立了如表 3 所示的传统课程体系改造建议,在传统土木工程专业课程体系上增加了形式多样的讲

座和现代新技术的应用课程,把由教师传统课堂讲授的方式逐步结合 BIM 技术的案例应用方式。

在课程课时设计上,采用校内教师主要讲解理论,企业行业专家参与实践教学的方式,通过校内校外的师资互动,弥补专业教师工程实践经验的不足。同时把难以理解的不具象的图纸用三维建筑设计模型展示,逐步转变学生的思考方式,增加学习兴趣,进而实现包括 BIM 建筑模型的建立、工程施工模拟、日照节能分析、三维碰撞检测、数字化的现场建模、工程量计算和施工性审查等工作^[4-6]。

表 3 土木工程专业房屋建筑工程方向主要课程改革目标一览表

Tab.3 List of the main curriculum reform objectives in the direction of housing construction engineering for civil engineering major

| 土木工程专业传统课程 | 增设或 BIM 改造内容 | 学习方式及推荐 BIM 软件实践 | 推荐学期 | 目标能力 | |
|------------|--------------|------------------|-------------------|------|--|
| 基础实践层次及相关 | 土木工程概论 | BIM 技术创新课程基础理论 | 专家讲座 | 1 | 了解 BIM 技术在建设全生命周期的应用 |
| | 土木工程制图 | 计算机辅助设计基础 | Autocad | 2 | 参照建筑信息模型制图标准讲解 |
| | 工程测量 | BIM 模型+GIS 应用 | 无人机测绘及数据处理 | 3 | 熟悉 BIM+GIS 与地图的合成应用 |
| | 房屋建筑学 | 三维建筑设计及构造 | Revit | 4 | 能够依据建筑模型统一制图标准建立三维建筑设计阶段模型 |
| | 工程地质 | 增设基于 BIM 的自动基坑监测 | 基坑自动监测系统 | 4 | 掌握三维基坑模型与无线传感器的四维自动监测系统应用 |
| 课程实践层次 | 混凝土结构设计 | 三维结构设计与分析 | PKPM 或 YJK | 6 | 掌握 BIM 结构分析方法,利用计算数据依据建模标准准确建立钢筋模型,并能为后续施工模型提供数据 |
| | 钢结构设计 | 三维结构设计分析与深化 | Tekla | 6 | 掌握 BIM 结构分析,模型深化,构件加工模型等 |
| | 土木工程施工技术 | 虚拟施工、三维交底与仿真 | 施工仿真 | 6 | 掌握承接设计模型深化为施工模型能力,懂施工技术仿真和三维技术交底 |
| | 土木工程施工组织 | 三维进度计划和场布 | Glodon | 7 | 接力 PKPM 生成钢筋翻样模型 |
| | 建筑工程概预算 | 三维图形算量、钢筋算量、计价 | Glodon 或 Th sware | 7 | 能够承接深化,一键算量和进度支付能力等 |
| | 建设工程项目管理 | 项目管理软件应用 | Project | 7 | 承接算量模型,对工期、质量和安全等进行监控 |
| | 装配式建筑结构设计 | 装配式结构拆分 | PKPM | 7 | 参与协同设计、构件加工和施工安装的知识能力 |
| 创新实践层次 | 毕业实习 | 设计院或施工单位 BIM 中心 | 顶岗实习 | 8 | 熟悉 BIM 技术在各专业的应用 |
| | 毕业设计 | 增设 BIM 方向的毕业设计选题 | | 8 | 能够参与某一个 BIM 团队,胜任基于某一专业的 BIM 技术工作 |

4 新工科实践教学体系改革成效和应用思考

对于土木工程专业来说,新工科主要是主动适应互联网时代的新技术引发的技术改革,传统工程劳动力作业大的方式也在悄然改变,基于建筑信息化的技术改革在不同专业领域在逐步探索与推广,为在地方应用型人才培养中占得先机,皖西学院土木工程专业主动适应市场,在满足“土木类教学质量国家标准”和“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的基础上,

积极探索课程特别是实践课程体系的改革,增设建筑信息化课程体系,让学生在掌握基本理论的同时,懂得运用 BIM 相关软件完成具体的工程实践,实现与企业的人才需求无缝对接,在近几年的人才培养中,课程体系的改革取得了较好的成效,近三年的毕业生先后被央企和地方建工设计施工企业的 BIM 中心录用从事 BIM 设计施工管理工作,同时“基于 BIM 技术的土木类应用型人才培养改革与实践”获得省级教学成果二等奖,学生也在各类 BIM 技术应用的创新赛事中获得了较好成绩,如表 4。

表 4 土木工程专业学生近三年在各类创新赛事获奖一览表

Table 4 List of civil engineering students winning prizes in various innovative competitions in the past three years

| 时 间 | 赛 事 | 团体赛获奖情况 | 个人赛获奖 |
|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| 2019 年 | 安徽省教育厅第二届信息模型(BIM)大赛 | 团体一等奖 5 项 二等奖 3 项三等奖 4 项 | |
| 2018 年 | 中国建科院第一届“构力杯”BIM 装配式大赛二等奖 | 团体二等奖 | |
| 2018 年 | 安徽省教育厅第一届建筑信息模型(BIM)大赛 | 团体一等奖 4 项 二等奖 4 项三等奖 5 项 | |
| 2017 年 | 安徽省第一届建筑信息模型大赛 | 团体二等奖 | |
| 2017 年 | 第二届全国建设类院校施工技术应用技能大赛 | 团体三等奖 1 项 | 个人三等奖 1 项 |
| 2016 年 | 第六届全国高等院校斯维尔杯 BIM 应用技能大赛 | “建筑设计”专项奖二等奖,“节能设计与日照分析”专项三等奖及全能奖三等奖 | 两项单项一等奖 |
| 2015 年 | 第六届 BIM 施工管理沙盘及软件应用大赛 | 个人一等奖三项 | 个人二等奖三项 |
| 2015 年 | 第八届全国高校“广联达”杯工程算量大赛和第六届施工管理沙盘及软件应用大赛 | BIM 施工工艺总决赛一等奖 算量总决赛团体二等奖 | BIM 挑战赛全国总决赛二等奖 奖建筑施工工艺一等奖 |

新时代必将引领新的变化,在“复旦共识”之后,传统工科的人才培养与现行的人才需求矛盾加大,各大设计院和施工单位人才告急,人才培养与市场出现了脱节断层,在同济大学推出“智能建造”新工科专业后,相信其它高校也必将整合专业资源,重新梳理设计适合本学校的专业发展规划,在探索应用型人才培养的过程中,虽然取得了一些成绩,但也面临着重要挑战需要解决:

(1)新工科背景下的人才培养不是简单的职业技

能软件应用,而是贯穿全过程生命周期的协同设计管理能力,这就需要在人才培养过程中规划好师资队伍并在教学保障上要重新设计实验室和实训条件,这就需要在学校层面上做好顶层设计。

(2)信息化带动建筑行业技术快速更新,而高校传授的技术知识相对陈旧,这极大造成师资技术水平倒挂,因此在人才培养过程中迫切需要改变教师传统思维,适应新技术更新知识并做出新的教学方法。

参考文献:

- [1] 高等工程教育发展战略研讨会,“新工科”建设复旦共识[J].高等工程教育,2017(1):10-11.
- [2] 高等学校土木工程专业指导委员会.高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲[Z].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [3] 张树江,韩杰,毕德纯.融入 BIM 技术的建筑类专业课程体系构建[J].大学教育,2017(11):48-50.
- [4] 涂劲松,李瑞霞.基于 BIM 技术应用的土木类专业综合实训平台构建[J].合肥学院学报(自然科学版),2015,25(3):76-80.
- [5] 上海市城乡建设和管理委员会.上海市建筑信息模型技术应用指南[J].上海建材,2015(4):5-12.
- [6] 涂劲松,李瑞霞.基于 BIM 技术协同平台的建筑类专业联合毕业设计研究与实践:以皖西学院为例[J].黄冈师范学院学报,2018,38(3):94-98.

(责任编辑:聂传朋)

Construction and Consideration of Course Curriculum of Building Informatization Under the Background of “New Engineering”

TU Jinsong¹, LI Ruixia², ZHOU Ming¹, WANG Wanfen¹

(1.School of Architecture and Civil Engineering, West Anhui University, Lu'an, Anhui 237012;

2.School of Information Engineering, West Anhui University, Lu'an, Anhui 237012)

Abstract: In order to actively adapt to the national innovation driven development strategy, the Ministry of Education actively promotes the construction of "new engineering", facing the change of new technology, the traditional education mode and method of civil engineering are disjointed and inadequacy to the demand of the market. On the basis of analyzing the malpractice of the assimilation of civil engineering specialty, this paper puts forward the civil engineering specialty foundation, curriculum and innovation practice course system in the era of construction information technology. And on this basis, it put forward the targets and measures of the concrete reform, and formed the practice curriculum system of the four year continuous line of interdisciplinary of multi disciplines. After the initial practice of teaching reform, the training effect of civil engineering talents is outstanding. This research provides a good reference for other universities to update the practical teaching system and transformation development of civil engineering specialty.

Key words: new engineering; civil engineering; practice curriculum system; BIM technology

《软件测试》课程教学方法的探索

马阿曼

(武夷学院 数学与计算机学院, 福建 武夷山 354300)

摘 要:分析计算机科学与技术专业中软件测试课程教学的现状,结合以地方性、应用型本科培养为导向,通过对课程目标、课程内容以及教学模式的改进来提高软件测试课程的教学效果,期望获得更好的针对软件测试课程学生的应用、实践能力。

关键词:《软件测试》;教学改革;实验资源

中图分类号:G712.4;TP311 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0094-05

现今人们对软件产品需求的日益增长,人们生活越来越离不开软件,软件产品在我们的生活中越发重要,软件产品的质量要求也越来越高,导致软件测试被需要程度的提高,软件测试已经变得不可缺少。如果软件带着一些未揭露出的隐藏着的错误投入运行,这就意味着增大了用户承担风险的可能。

软件测试是对软件产品采取人工或自动手段进行验证和确认的过程,尽早尽快发现软件产品在整个开发过程中存在的缺陷,是软件质量保证的重要基础。软件测试实验性强,软件测试人才培养需要开展全面综合的实践实训。目前很多高校的计算机类专业均开设了这门课程,并配有学时的实验或独立安排软件测试实践课程^[1]。目前培养出的计算机专业的学生不能满足软件测试人才的大量需求,同时培养的学生普遍懂的理论,而测试动手能力弱。因此我们的学生大多不能很好的使用自动化测试工具完成测试管理任务,学生的能力不能满足企业软件测试岗位需求^[1-3]。

提出结合学校定位目标地方性、应用型本科培养为导向,通过对课程目标、课程内容以及教学模式的改进来提高软件测试课程的教学效果,期望获得更

好的针对软件测试课程学生的应用、实践能力。

1 软件测试课程建设现状分析

《软件测试》是武夷学院计算机科学与技术专业一门实践性很强的必修课,旨在让学生掌握软件测试的基本理论和基本方法。能够根据需求规格说明书和程序代码设计测试用例,能选择并运用测试工具进行测试,并进行测试报告的撰写。了解工程项目中软件测试的实施策略和实施过程,并进一步增强学生软件质量管理的意识。了解和掌握现代各种新的软件测试技术和主要发展方向。重点培养学生软件测试中的分析问题、解决问题、测试能力等软件测试所需技术;计算机测试系统项目管理、有效沟通、领域整合和团队合作能力;发掘、分析和应用计算机科学与技术相关领域研究成果及应对复杂且综合性工程问题的能力^[3-4]。

目前《软件测试》课程总学时 60 学时,采用理论知识讲解、实验验证和综合设计性实验结合的传统模式,并且全部课程都安排在实验室进行。实际的教学后我们发现,尽管我们的课程是安排在实验室进行的,有充足的软件测试实验课时,但是从学生的学习效果来看学生对软件测试知识掌握不好。对软件测试课程的教学从学生、教师的角度以及实验环境等方面进行分析总结发现问题。

收稿日期:2019-05-15

作者简介:马阿曼(1981-),女,汉族,讲师,主要从事虚拟现实,数字图像处理的研究。

(1)教学的内容基本上只是简单的介绍软件测试的理论知识、测试方法,并没有详细的介绍。知识点比较独立,学生不易理解,同时也没有将理论知识和测试方法通过融入到具体的项目案例中进行详细介绍软件测试的过程,造成理论与实践相互脱节。课程内容更多的突出理论知识讲解,弱化了实践实训的内容,从而导致学生学习的知识无法灵活运用,对所学的理论不能很好的掌握和应用。

(2)从学生的角度,我们的学生是春季招考的学生,学生的总体水平相对会弱一些,同时学生的个体学习水平差异比较大。那么在具体的课程内容的设计时如何才能妥切的识别区分学生的实际差异,因材施教,对授课老师来说难度较大。

(3)缺乏基于应用场景的典型案列和贯穿整个测试过程的案列。学生在学习测试相关理论知识的同时虽然有实例的讲解以及案例的实践但是都是零散的,针对某个知识点的实践操作。比如软件在开发的不同阶段对应有单元测试、集成测试、系统测试等,每个测试阶段涉及到的理论知识、测试工具都不同。学生在学习时虽有针对各测试知识点选择测试工具进行测试实践,但是由于案列较少,当学生面对实际测试项目进行测试时,由于不能灵活运用测试方法和理论知识,导致学生在做测试时比较盲目,不够系统。

(4)教学模式传统没有创新。课程教学组织仍然是以教师为主导的“课堂教学+机房实验+课后练习”^[4]的教学模式,教学过程中缺乏学生为主导的互动和实践,教学过程的实施都是按照教师讲解—学生实践—课后练习。教与学,学与做都是独立分开进行,不能很好的融合统一,因此影响了实践教学效果和培养学生专业实践能力的培养。

(5)学生对软件测试这门课程的学习兴趣不高、对软件测试行业的发展前景及职业需求定位不明确以及对软件测试这门课的错误理解,认为学习软件测试没有什么前途等原因导致学生的学习兴趣不够高,目标不明确。同时,本课程是在大四的上学期开设,学生既有就业的紧迫感同时对待课程的态度还是以通过考试为目的,不能主动深入的学习。虽然教师也有在教学过程中强调软件测试课程的重要性但是学生

普遍缺乏学习的积极性和兴趣。最终对软件测试课程教学带来极大的负面影响,从而影响了软件测试这门课程的教学效果。

2 课程改革(突出地方性、应用型)

学校的总体定位为地方性、应用型、有特色,其中包含应用型。所以在软件测试课程的教学目标中要突出地方性定位,充分结合应用型和有特色的培养方案进行课程改革。以软件测试课程的教学目标不仅要使学生掌握软件测试的基本理论和基本方法,还能熟练使用一些常用的测试工具,了解软件工程软件项目中软件测试的实施策略及实施过程,增强学生软件质量管理的意识。了解和掌握一些软件测试技术的新技术和发展方向,在课程的内容安排也要结合地方应用性。为学生将来从事实际软件测试工作和进一步深入研究做好的理论基础和实践基础。

2.1 确定目标(职业技能目标—课程目标—知识内容目标)

需要先确定目标,所以目标的确定对于软件测试这门课程至关重要。这门课程需要明确的几个目标包括职业技能目标,课程目标,知识内容目标。

(1)职业技能目标学生需了解软件测试这个职业的现状、发展前景,对软件测试职业有个正确的认识从而提高学习兴趣。

(2)课程目标的确定有利于学生在学习过程中有所侧重,不会那么盲目,理清学习的最终目标。课程目标的具体要求如下图 1 所示。

表 1 课程目标

Tab.1 Course objectives

| 课程目标 | 内 容 |
|--------|--|
| 知识目标 | 掌握软件测试的基本理论和基本方法、掌握自动化测试方法及工具使用。 |
| 工程意识 | 了解工程项目中软件测试的实施策略和实施过程,并进一步增强学生软件质量管理的意识。 |
| 实际操作能力 | 设计能够根据需求规格说明书和程序代码设计测试用例,并能运用测试工具进行测试。 |
| 继续学习目标 | 了解现阶段各种新的软件测试技术和测试主要发展方向。 |

(3)知识内容目标的确定对于学生清楚自己将要学习的内容,以及如何安排自己的学习,制定学习计划,很重要。知识内容如图2所示。

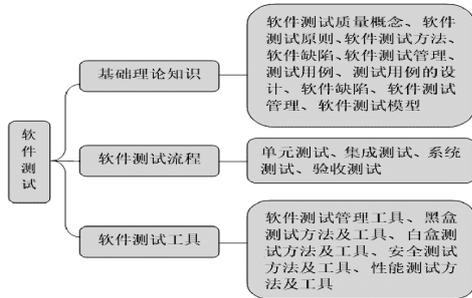


图2 目标知识内容图

Fig.2 Target knowledge content map

2.2 教学内容改革 (课程内容—理论及软件测试工具—目标能力)

对教学内容进行合理的改革与组织是非常重要的,教学内容就是我们教学的命脉。如果教学内容设置不合理将会影响课程教学质量影响学生学习效果,因此,需要结合实际情况,合理的改革课程教学内容。教学内容结合以地方性、应用型本科培养为导向,结合职业目标、课程目标、知识内容等进行安排。软件测试课程涉及的内容知识点比较多,实践性要求比较高,所以在课程内容的安排上要注重结合知识点进行实践操作同时由于自动化测试的不可缺少性,结合本专业学生实际情况在针对相应知识内容以及测试过程中对自动化软件进行学习实践。软件测试课程的内容安排以及培养的目标整体的思路如图3所示。

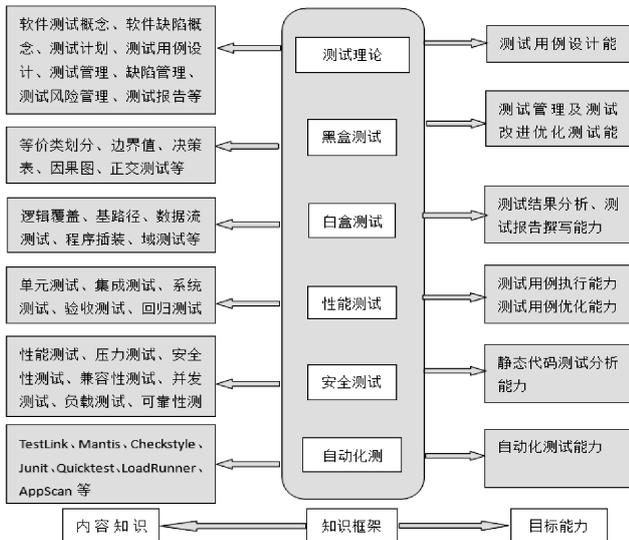


图3 知识结构

Fig.3 Knowledge structure

2.3 教学模式改革 (项目实践+其他课程结合+创新竞赛)

软件测试是一门实践性非常强的课程,很多知识学生只有通过亲身体验,实践操作才能掌握,因此,软件测试实践实训在软件测试课程教学改革中起到至关重要的作用。在教学中注重理论教学和实践教学的有效结合,以学生为主体进行项目实践。又由于软件测试课程各知识点之间的逻辑性不强但是实践性要求高,且对学生动手编程能力、分析问题、判断能力等要求比较高,课程在整体教学设计方面不够完善,侧重测试技能的培养。结合其它方面的能力培养即全面能力的培养方面会相对弱一些,所以在理论结合项目实践的同时也要结合其他所学课程(如:Web应用开发,Windows应用开发,软件工程)可以在这些课程的学习过程中把软件测试的知识得以应用和实践,能结合其它课程所学知识得以应用实践,拓宽了软件测试项目实践内容,保证了学生对软件测试知识的理解和掌握,提高了学生的学习效果。

其次在有可能的情况下可以尽量参与一些软件测试相关的比赛,拓宽了学生的视野同时也把所学习的知识得以应用提高。对学生学习这门课起到鼓励积极的作用。从而为学生的全面发展打下良好基础,提高教学效果,达到培养目标要求。教学模式改革如图4所示。



图4 项目实践模式

Fig.4 Project practice pattern

2.4 教学资源改革 (项目实践案例改革)

目前由于人们对软件质量的关注度提高,国内很多高校都相继开设了软件测试及质量保证有关课程,同时很多高校纷纷开设了软件测试课程,以期培养更

多的软件测试人才来满足社会发展对软件测试人员的需求。这门课程技术性比较强,社会需求也是逐年上升。我们学校软件测试这门课程也是近几年才开设的。这门课程知识更新较快,涉及的知识内容较多,和企业的联系也比较紧密,我们的教学资料大多数都只是注重测试理论知识的讲解,对测试方法、测试用例的应用、完整系统的项目测试案例也是比较匮乏,对企业的实际需求有些脱钩。所以在对课程进行改革时需要我们补充充足的项目实践案例以及和企业建立联系来满足培养目标需要,满足社会对学生的需求。切实做到学生“毕业即能上岗,上岗即能操作”^[9]。针对我们学校目前的情况,我们的具体的措施有四个方面。

(1)教材选择(选择实践项目、自动化测试工具比较完整的)。

(2)项目实践(综合学生 Window 应用开发以及 Web 应用程序开发的综合项目、借用完整系统基于场景的测试项目言若金叶软件研究中心的测试系统)。

(3)针对学生的学习实际情况编写测试软件,补充实际的教学资源。

(4)增加校企合作(目前我院也与多家企业进行合作,一是教师进企业,让一线代课老师去企业参与企业实际项目测试进行学习,一是企业进学校,企业进入学校搭建测试环境,引入测试案例,集中培训)。

2.5 课程考核改革 (作业+实践操作+理论知识+学习态度)

软件测试课程实践应用性比较强,如果我们只是单凭试卷考核对学生进行期末的评价不能完全反映学生的实际测试水平和能力,因此对于课程考核进行改革。软件测试课程考核采用综合考核的方式进行,综合考核由期末试卷考核和平时考核两大块组成。采用综合评价考核方式,比较注重学生的学习过程和实践操作过程,有利于合理全面的对学生的学习效果实践能力评价。也为后期的教学提供改进的依据。考核评价的各项指标以及百分比见表 1。

表 1 课程考核各项比例

Tab. 1 Programme assessment ratios

| 综合考核 | 考核内容 | 考核形式 | 百分比/% | 考核目标 |
|------|------|--------|-------|------------------------------|
| 期末考核 | 试卷考核 | 笔试闭卷 | 60 | 理论知识、测试方法、测试用例设计等知识的掌握 |
| | 课堂出勤 | 出勤情况统计 | 10 | 学习兴趣、态度 |
| 平时考核 | 项目实践 | 综合项目实测 | 20 | 实践实测能力、测试工具使用能力、综合运用知识解决问题能力 |
| | 作业 | 提交文档作业 | 10 | 测试报告文档撰写能力 |

2.6 兴趣提高、行业前景、职位需求定位

对于学生对软件测试这门课程的学习兴趣不高、对软件测试行业的发展前景及职业需求定位不明确等问题解决的时候全部融合 1 至 5 点的改革措施一起,这样效果可能更好。

3 总结

综上所述,人们的生活离不开软件,软件的质量要求也越来越高,社会对软件测试的需求也越来越多。软件测试越来越重要,所以进行《软件测试》课程

改革也是势在必行。对于《软件测试》课程的教学改革要结合学校定位,课程目标,学生的实际情况进行,并增加和企业的联系以及创新竞赛,优化各项教学资源的配置,提高我们学院软件测试课程教学改革效果,提高课程教学效果,提高学生学习兴趣,培养更多符合社会需要的专业人才。

参考文献:

- [1] 徐萍,石声波.基于软件生命周期的软件测试课程改革与实践[J].软件导刊(教育技术),2018(9): 32-33.
- [2] 刘敬勇,黄雪夏,廖朝辉,等.基于“卓越计划”的软件测试

- 课程教学改革研究[J]. 教育教学论坛, 2016(28): 115-116.
- [3] 赵翀, 高鹏. 软件测试课程工程实践教学模式的探索与实践[J]. 计算机工程与科学, 2014, 36(A1): 51-55.
- [4] 蔡建平. 软件测试人才能力培养的探索与实践 [J]. 软件, 2012(3):35-38.
- [5] 鞠小林.“互联网+”背景下的软件测试课程教学体系构建 [J]. 计算机教育, 2017(5): 112-116 .
- [6] 李静. 基于职业技能大赛的“软件测试”课程发展分析. 无线互联科技[J]. 2018(18): 53-54.
- (责任编辑:叶丽娜)

Research on Teaching Methods of *Software Test* Course

MA Aman

(School of Mathematics and Computer Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: This paper analyses the current situation of software testing course teaching in computer science and technology specialty, combines with local and application-oriented undergraduate training, improves the teaching effect of software testing course through the improvement of course objectives, course contents and teaching mode, and expects to obtain better application and practical ability for students of software testing course.

Key words: *software testing*; teaching reform; test resources

应用型人才培养模式下《制茶学》 课程教学改革

王飞权, 冯 花, 王 芳

(武夷学院 茶与食品学院, 福建 武夷山 354300)

摘 要:《制茶学》是茶学专业一门集理论与实践为一体的核心课,是培养应用型茶学专业人才的重要课程。以武夷学院茶学专业为例,结合应用型人才培养的要点和课程建设的核心,分析了当前《制茶学》课程教学的现状和主要问题,探讨并提出应用型人才培养模式下课程教学改革的措施与建议,为高素质应用型茶学专业人才培养提供参考。

关键词:应用型人才培养模式;《制茶学》;教学改革

中图分类号:G642; TS272-4 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-2109(2019)12-0099-06

《制茶学》是一门重要的专业核心课程,主要培养茶学专业学生的制茶理论和制茶综合实践技能^[1]。武夷学院《制茶学》主要包括理论、实验和生产实习 3 个教学环节,学时数分别为 48 学时、24 学时和 3 周,作为新建本科院校在课程内容与学时数上与其他老本科院校基本相同^[2-3],体现出该课程在学生理论与专业技能的培养中占据着相当重要的地位。

《制茶学》是集理论与实践为一体的专业课程,是研究鲜叶理化特征与制茶品质的关系、不同茶类加工原理与技术、加工过程与方法的一门应用性强的课程。理论课程着重培养学生掌握或理解茶叶分类方法、鲜叶的质量标准及其适制性、各茶类加工原理与技术,了解各茶类生产状况及其品质形成的条件^[4];实

践课程主要通过指导学生进行实际操作,使其了解和熟悉茶叶加工制作的原料组成、各茶类加工的关键技术,进一步指导学生深入生产一线,掌握茶叶生产全过程的技术和规程要求,把所学的知识运用到生产各个技术环节中。通过理论和实践相结合的教学模式,培养学生掌握各茶类的加工基本理论、实践操作技能和独立工作的能力,能够灵活的运用所学知识去发现、分析和解决生产中存在的问题,进一步为指导茶叶生产和茶叶加工技术的转型发展及其相关研究奠定扎实基础。

以《制茶学》课程为研究对象,以武夷学院茶学专业为例,结合应用型人才培养的要点和课程建设的核心,着重分析了课程建设的现状与存在问题,并针对闽北茶产业发展的区域优势和特点及其对茶学专业人才的需求现状,探讨并提出课程教学改革的措施与建议,以期为地方茶产业发展培养、输送高素质应用型专业人才提供参考。

1 核心内容

应用型人才,指能将专业知识和技能应用于所从事的社会实践的一种专门人才,能够熟练掌握社会生

收稿日期:2019-08-06

基金项目:武夷学院教学改革研究项目(XJJY17033);南平市自然科学基金联合资助项目(2019J01);福建省 2011 协同创新中心-中国乌龙茶产业协同创新中心专项资助项目(闽教科[2015]75 号);福建省科技厅科技创新平台项目(2018N2004);南平市科技计划项目(N2017DN04)。

作者简介:王飞权(1982-),男,汉族,讲师,主要从事茶树种质资源、茶叶生物化学与茶叶加工研究。

产或社会活动一线的基础知识和基本技能,主要从事一线生产活动的技术或专业人才^[24]。应用型人才培养的要点,主要是知识结构的设计、能力体系的培养均应与一线生产的实际需要相符合,且强调培养过程与一线生产实践相结合。

茶学专业是一个应用性、实践性非常强的具有中国特色的传统专业^[4],《制茶学》又是其中一门理论与生产实践紧密联系的核心课,在应用型人才培养的模式下,其课程建设的核心是六大茶类加工原理与技术的全面学习与实践,让学生在制茶技术与社会服务方面具有较强的能力^[2]。教学环节的设置、实践教学内容的安排、师资力量的建设、教学与考核方式方法的完善以及实践教学基地的建设与利用是完成《制茶学》课程建设核心内容的前提和保障,因此,在课程建设中需对这几项内容进行全面的分析与评价,对存在的问题提出切实可行的教学改革措施,以使学生在理论与实践方面得到全面提升,更好地服务于社会。

2 主要问题

2.1 教学环节安排不够合理

应用型人才培养模式下,武夷学院《制茶学》各教学环节在时间安排上不够合理,其理论课、实验课与生产实习均集中在第4学期完成,课程安排顺序为“理论→生产实习→理论→实验”,这样的安排对于茶学专业大二学生来说过早、过于集中,且在没有完全掌握和理解制茶理论与原理的情况下进行生产实践,会带来不利的影响。首先,与正常的教学安排相悖,即理论→实验→生产实习,因此,若没有经过循序渐进的理论学习 and 技能训练,学生很难将制茶理论与实践进行融合,对提高制茶综合能力不利。其次,学生若没有良好的理论知识做基础,即使参与到生产实习和制茶实验中,也很难去思考、分析和解决实践问题,容易产生挫败感,失去对该课程的学习兴趣,这在近几年的生产实习中已突显出来,表现为大多数学生在实习报告只是对加工过程的简单记录、甚至照抄课本,应付了事,并不能结合理论去探讨和分析实习中的加工原理和存在的问题,对实践技能的掌握浮于表面。

2.2 实践教学内容不够全面

武夷学院《制茶学》的理论教学虽然讲授了六大茶类的制作原理与工艺,但实践教学内容不够全面、缺少教学实习环节,不利于学生通过实践来理解和掌握六大茶类的原理与技术。首先,制茶实验仅完成2~3个茶类的制茶实验(乌龙茶、红茶、绿茶),且为期3周的生产实习安排在武夷山的制茶季,实习内容主要是武夷岩茶的初制。与其他涉茶高校相比,缺少黄茶、黑茶的加工实验、实训,无法满足学生制茶技能的全面提升。其次,教学实习的主要内容是参观茶叶企业,了解茶叶加工厂的设备及制茶工艺,同时进行茶叶初制的实训,为理论课的学习和生产实习奠定基础^[2],武夷学院《制茶学》课程的安排是直接从理论到生产实习,缺少教学实习环节,致使学生在生产实习过程中缺乏相应的理论和实训基础。

2.3 专业教师实践经验不够扎实

目前,武夷学院茶学专业在职的专业教师有22人,均为硕士及以上专业人才。其中77.27%的专业教师是40周岁及以下的中青年教师,这些老师毕业后直接到校任职,虽然这部分老师的专业理论扎实,但缺少一定的基层生产实践经验,尤其是制茶实践;22.73%的专业教师是从其他科研院所引进的老教师,他们虽然具备一定的生产经验,但由于资历和年龄等原因很少参与制茶实践的指导工作。因此,生产实习和实验教学的指导工作,主要由年轻教师来承担和完成,导致教学效果达不到应用型本科人才培养的要求。

2.4 教学和考核的方式方法相对单一

表1 《制茶学》课程教学和考核方法

Tab. 1 Teaching and assessment methods of the course of tea making

| 教学环节 | 教学方法 | 考核方法 |
|------|---------------------|--------------|
| 理论教学 | PPT讲解 | 期末考试成绩+平时成绩 |
| 制茶实验 | 教师示范,学生分小组实验 | 出勤+实验报告 |
| 生产实习 | 茶厂师傅讲解、示范,学生观摩、顶岗实习 | 出勤+实习表现+实习报告 |

由表1可知,武夷学院《制茶学》的理论课程、制

茶实验与生产实习的教学和考核方式相对单一、手段比较落后。其中,教学方式以老师或茶厂制茶师傅的讲解、示范为主,二者始终处于教学的主导地位,而学生的学习均处于被动状态,学生学习的积极性、主动性较差,教与学的效果均不佳;考核方式以考试、出勤和撰写实践报告的形式为主,并不能真实的反映出学生对理论知识的掌握与应用情况及实践操作的真实能力与水平。以制茶实验为例,老师在讲解完某茶类的制茶原理和技术参数,并现场示范后,让学生以小组的形式操作完成,之后进行集体汇报。这样容易让主动性差的学生,尤其是以获得实践成绩为目的的学生蒙混过关,并不能全面反映学生的实际情况,达不到预期的考核效果。

2.5 校内实践基地建设亟待加强,现有校内实践基地利用不足

武夷学院拥有近 800 m² 的茶叶加工实训中心,但该中心是以规模生产的大型设备为主,用于《制茶学》实践教学的小型设备、设施要么台套数不够、要么不成体系,难以满足学生实习、实训的实际需求。现有的设备是以红、绿、乌、白四种茶类的加工为主,黄茶、黑茶基本没有。并且该中心缺少专业的管理人员,现在的日常管理主要由实验室管理员负责,其专业背景和投入到实训中心的管理时间非常有限,经常会出现设备故障而未及时维修等情况,无法保证中心的正常运行。

武夷学院还拥有 5.33 hm² 的茶树种质资源圃和 10 hm² 的生产茶园,但均未在《制茶学》课程实践教学加以利用。目前,资源圃收集、保存了适制六大茶类的茶树种质 357 份,且每份种质都有一定的鲜叶量用于小型加工试验,目前仅承担《茶树育种学》的实验教学任务。茶科教园的生产茶园栽有水仙、肉桂等 8 个茶树品种,但因制度限制,春茶大量鲜叶无法用于制茶实践教学,目前仅承担《茶树栽培学》的实验、实习教学任务。

3 教学改革的措施与建议

3.1 加强、加大校内实践基地的建设和使用面,为制茶实践提供重要场所

实践基地是地方应用型大学培养高素质应用型

人才的重要场所^[5],是拓展办学空间的重要手段,是提高学生综合能力和创新能力的重要平台,是从事科学研究、成果示范和技术推广的重要基地^[6]。其中,校内实践基地又是理论课程延伸训练且方便快捷的理想场所,利用校内实践基地,学生既能对所学的理论知识进行验证、练习和巩固,又可以根据自己的兴趣爱好开展具有探索性和创新性的课外实践活动^[7]。

武夷学院茶学专业作为国家特色专业,在应用型人才培养模式下必须加强、加大校内实践基地的建设和使用面,而《制茶学》作为茶学专业中实践性和应用性最强的核心课,在其课程建设中,更应建立完善的茶叶加工实训中心,面向学生积极开放,满足学生制茶实践、创新性实验项目、制茶技能大赛及毕业试验等实践活动的需要。针对茶叶加工实训中心现存的问题,武夷学院应继续加大经费投入,在设备购置上,应建立小型的、完善的六大茶类加工体系,增加设备的台套数;在设备安装和场所规划中,应根据六大茶类的工艺特点进行功能区分,如鲜叶储藏与萎凋在一间,做青间单独设立,杀青、揉捻和干燥为一个区域(要有足够的使用面积),发酵和渥堆在一间,并设立精制区及炭焙间,这样既提高了经费和空间的使用效率,又保证了六大茶类加工的连续性。同时,还应该组建专业的管理和设备维护团队,建立进出和使用管理规章制度,保证设施设备的正常运转及其功能开发,并创造良好的卫生条件和实验室文化,为实践教学与相关工作的顺利开展提供保障。

对于茶树种质资源圃和茶科教园的开发利用,应在老师指导下,积极鼓励学生主动利用其品种和鲜叶资源,为制茶实践、制茶技能大赛、创新性实验项目、挑战杯大赛和毕业试验等实践活动提供丰富多样的鲜叶原料。同时,为避免学生实践活动的盲目性、设备使用不当及鲜叶原料浪费问题,老师应鼓励和引导学生查阅相关文献资料,获取前沿知识,并与其现有知识融会贯通,根据试验目的设计可行的试验方案。这样,既可以根据不同来源地或不同适制性茶树种质的特性,开展探索性的多茶类适制性研究,又可以根据某一茶树种质的理化特性、生物学特点,开展创新性的配套工艺研究,还可以利用茶科教园夏、秋茶鲜叶,

开展挑战性的品质提升关键技术研究。通过实践活动的开展,既调动了学生的积极性和主动性,提高学生的制茶综合技能,又培养了学生的创新思维及独立操作或团队协作的能力。

3.2 合理设置教学环节,递进式提高学生的综合技能

针对武夷学院茶学专业《制茶学》课程在教学环节安排中存在的问题,结合其他涉茶高校的教学经验提出教学改革措施和建议。首先,应在奠定扎实的理论基础上,开展实践教学,即根据茶叶生产的季节性,可将《制茶学》理论课安排在第5学期,将实验课和教学实习合并后与生产实习安排在第6学期,课时分别为1.5周和3周,这样有了扎实的理论做基础,学生更易融入到实践中。其次,在时间安排上,教学实习安排在第6学期的3月份,以武夷山为中心,辐射至浙江杭州、政和或福鼎、湖南安化和君山等绿茶、白茶、黑茶和黄茶产区进行教学实习,由当地制茶师为学生讲解相关茶类的加工要点及其制茶设备,要求学生做好听课笔记,紧接着在校内开展相应茶类的制茶实验,以便巩固实习中学到的知识,4月中下旬在武夷山开展乌龙茶和正山小种红茶的生产实习,让学生现场感受6大茶类的制作过程和制茶设备。第三,对于学生而言,3周的生产实习是一个较长的过程,建议指导教师在实习中期开展阶段性的总结工作,了解学生和企业的需求和存在的问题,并及时协调解决,同时借此机会进一步提升学生分析和解决实际生产问题的能力。

3.3 借助地域和资源优势,增强、补强实践教学教师的专业技能和师资力量

3.3.1 借助武夷山的地域优势,增强指导教师的专业技能

针对武夷学院茶学专业教师队伍年轻化和实践经验普遍不足的问题,可采取以下措施。首先,借助武夷山的地域优势,鼓励和支持《制茶学》课程的相关任课教师到实践基地、生产一线进行交流学习。武夷山是世界红茶、乌龙茶的发源地,具有规模以上的茶叶企业较多,教师可以就近挂职或兼职,学习红茶、乌龙茶的制作技术,积累制茶生产经验;同时,武夷山交通十分便利,专业教师可以深入政和、福州、松溪等地学

习绿茶、花茶、白茶加工技术,也可以跨省去湖南、安徽等地学习黑茶、黄茶的加工技术和生产经验。其次,鼓励相关教师积极参加省级和国家级制茶技能大赛,以赛促建,以赛促改,以赛促教,不断加强《制茶学》课程师资队伍力量的夯实与提升。第三,邀请各茶类制茶技艺传承人到学校与进行深入的技术交流,创造条件让其现场操作并展示各茶类的制作技术要点。

3.3.2 借助武夷山的资源优势,建立双导师制,补强《制茶学》课程教学的师资力量

本科导师制的产生追溯到19世纪的牛津、剑桥等欧洲大学的成功教学实践^[7],目前,在国内高校不同层次的专业人才培养中得到了广泛应用^[8-10],并取得一定成效。在借鉴其他高校双导师制经验的基础上,武夷学院茶学系于2018年试行了茶学专业本科生双导师制,建立了校企协同培养应用型本科人才的模式,在有效整合并充分利用武夷山得天独厚的“茶源”、“茶园”、“茶人”、“茶事”、“茶习”资源优势的基础上,由一位校内专业教师和一位企业的技术骨干或管理人员共同负责指导和培养高素质技术技能型茶学专业人才,实现了校内导师专业理论优势与校外导师实践经验优势的互补。双导师制的运行,对于学生而言,既有利于激发学习的动力、明确学习的目标,又有利于了解企业的人才需求和发展动态、提前做好就业准备;对于导师而言,为校内、外导师之间提供了重要的沟通渠道,校内导师通过与校外导师的沟通,了解到了企业的发展动态以和技术需求,校外导师通过与校内导师的沟通,寻求到生产中一些技术难题的解决办法^[11]。

目前,茶学专业校外导师库中有22位茶叶加工方向的制茶技师,其中4位为茶叶加工技艺传承人,1位为武夷山茶业专家库成员,导师库成员的经验丰富、实力雄厚,为学生实践能力的培养提供了保障。同时,导师库随着专业的发展还在不断扩大,甚至可以跨省跨茶区,聘请双导师参与到学生的教学实践活动中。例如,在现有乌龙茶、白茶和红茶制茶师的基础上,还将聘请黑茶和黄茶产区制茶技师纳入导师库中,弥补相关茶类实践活动的不足,同时,学生将从第二学年便开始在校外导师的指导下定期或不定期的深入茶企,进行茶叶的加工实践活动,为其后期专业

理论学习、创新实验等工作的开展做好铺垫。

3.4 丰富教学与考核的方式方法,提高学生学习的兴趣与积极性

3.4.1 多形式、多举措丰富课程教学方法

在“互联网+”的时代背景下,应有效地将MOOCs应用到《制茶学》理论与实践教学中,以促进学生制茶理论与操作技能的提升^[2]。首先,充分利用现有的慕课资源,如华中农业大学余志老师主讲的《茶叶加工学》,该课程视频编排精心,教学设计具有“个别化”和“个性化”,在学生遇到重点、难点时,可以在任何地方让课程停下,反复斟酌,直到理解透彻再继续,教学效果良好。因此,可以鼓励学生课前进行慕课学习,提前预习和了解课程的主要内容及重难点,以便在课堂教学中对学生难理解、难掌握的内容进行详细讲解和消化吸收。其次,加强对茶叶加工实践慕课资源的开发,因受时间和地域的限制,学生制茶实践的深度和广度均受到一定的制约,因此,茶学教育者应及时开发这一慕课资源,将不同茶类的加工过程与加工细节要领,以视频的形式生动的展示给学生,让学生反复学习和模仿,十分有利于学生学习积极性和学习效果的提高。

3.4.2 推进考核方式方法改革

积极推进理论课程考试考核方式的改革,鼓励考核内容的多元化,强调过程性与总结性评价相结合的评价方式,以考核学生的综合表现。如设置课堂回答问题、小组讨论、课堂作业、课后研究及课程论文撰写与汇报等多种考核内容,进而对学生的过程性进行评价,然后,通过期末考试与平时表现进行总结性考核评价。同时,加大平时成绩的考核力度,将平时成绩占综合成绩的比例提高至40%及以上。

丰富实践课程的考核方式方法,改传统的纸质材料考核方式为纸质材料、实际操作和产品品质评价的综合考核方式,即在制茶教学实习和生产实习过程中,要求每一位学生亲手制作一款茶叶产品,对其操作过程和产品品质进行综合打分。此外,鼓励学生积极参加校级、省级和国家级等大学生制茶大赛、挑战杯等赛事,并将该部分成绩纳入到学生综合积分的评价中,高级别的赛事可以给予一定的配套奖励,通过该方式,一方面可以提高学生主动学习制茶技术的积

极性,另一方面可以锻炼学生在现有制茶技术上的创新性,从而提高学生的综合技能和素质,为其今后从事相关职业或创业奠定基础。

4 结束语

为适应《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》中明确指出的高校应培养现代市场经济需求的创新型、应用型、复合型专业人才的目标^[4],以及武夷学院办学的总体定位和人才培养目标,有必要对《制茶学》课程进行教学改革。因此,在应用型人才培养模式下,通过加强校内实践基地的建设与利用、设置合理的教学环节、着重培养教师的实践技能、加强师资力量建设以及丰富教学与考核的方式方法等方面的改革,进一步丰富和提高《制茶学》课程教学的内容与质量,全面提升学生制茶理论与实践技能,以满足地方茶产业发展对高素质应用型人才的需求。

参考文献:

- [1] 夏涛.制茶学[M]第3版.北京:中国农业出版社,2016:1-2.
- [2] 张新富,胡建辉,王培强,等.应用型人才培养模式下《制茶学》课程建设探究[J].安徽农学通报,2018,24(24):122-124.
- [3] 陈志丹,林馥茗,王晓霞,等.产地办学资源整合模式下《制茶学》课程教学改革探索[J].中国茶叶加工,2019(1):68-71.
- [4] 邓威威.以应用型人才培养为导向的茶学专业教学改革探索[J].太原城市职业技术学院学报,2018(5):136-138.
- [5] 刘德义,贺绍君,胡文靖,等.地方应用型高水平大学背景下农科类专业实践基地建设[J].安徽科技学院学报,2017,31(6):106-108.
- [6] 王美军,蒋辉,刘青如,等.地方农业院校校内实践基地建设研究与探索[J].科教导刊(上旬刊),2018(6):22-23.
- [7] 沙靖全,周淑晶,张宇,等.本科生导师制在培养大学生实践创新能力中的实施[J].药学教育,2014,30(5):16-18.
- [8] 朱碧宁,陈铭中.基于食品专业“双导师”制的人才培养模式在高职现代学徒制中的探索与实践:以阳江职业技术学院为例[J].科教导刊(上旬刊),2019(6):24-25.
- [9] 张浩,吴丽娜,杜凤霞,等.实行“双导师制”提高医学检验技术专业本科生毕业论文质量[J].卫生职业教育,2019,37(2):

- 25-26.
- [10] 祁素萍,刘敏.艺术硕士专业学位研究生双导师制研究[J].
艺术科技,2019,32(7):51+53.
- [11] 董浩,王朝,杜林娜.农业院校双导师制人才培养模式初探
[J].科技经济导刊,2018, 26(36):19-20.
- [12] 刘梦颖.“互联网+”背景下 MOOCs 和在线教育的转型与
升级[J].亚太教育,2016(18): 283+281.
- (责任编辑:叶丽娜)

Discussions on the Teaching Reform of *Tea Manufacturing Science* Course Under the Training Mode of Applied Talents

WANG Feiquan, FENG Hua, WANG Fang

(School of Tea and Food Science, Wuyi University, Wuyishan, Fujian 354300)

Abstract: "Tea Manufacturing Science" is the core course integrating theory and practice, and an important course for cultivating applied talents of the tea science major. Taking the tea science major of Wuyi University as an example, this paper combined with the main points of the applied talents training and the core of the curriculum construction, analyzed the situation and main problems existing in the current course of "tea manufacturing science" teaching, discussed and put forward the measures and suggestions for teaching reform under the training mode of applied talents. It aimed to provide the reference for cultivating high quality and applied talents of the tea science major.

Key words: training mode of applied talents; *tea manufacturing course*; teaching reform

高职院校勤工助学育人发展路径调查

吴 旻, 李 霞, 陈蕾羽, 赵诗羽

(福建林业职业技术学院 学生处, 福建 南平 353000)

摘 要: 随着教育部、财政部联合印发《高等学校勤工助学管理办法(2018 年修订)》, 高职院校的勤工助学中的育人工作面临着新机遇和新挑战。在综合考虑高职院校勤工助学育人现状的基础上, 设计调查问卷进行实际调查, 分析影响高职院校勤工助学育人功能发挥的因素, 提炼实现勤工助学育人功能的路径。

关键词: 高职院校; 勤工助学; 问卷调查; 育人功能

中图分类号: G40-012 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-2109(2019)12-0105-05

学生资助育人工作事关社会公平、教育公平, 是民生领域的热点话题, 始终受到社会各界人士的高度关注。党的十九大报告明确强调“健全学生资助制度”, 其中, 勤工助学是高等学校学生资助政策体系的重要组成部分, 是提升学生综合能力和素质的有效途径, 是实现全程育人、全方位育人的有效平台。

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上指出, 要坚持立德树人, 全面推进资助育人, 以勤工助学活动为实践载体, 加强对学生, 特别是家庭经济困难学生的思想教育, 培养学生热爱劳动、自强不息、创新创业的奋斗精神, 增强学生综合素质, 充分发挥勤工助学育人功能^[1]。

作为高校资助体系中一项关键工作, 勤工助学工作从单纯的“扶困”走向“扶困”与“扶智”、“扶志”相结合, 实现贫困生资助理念与实践创新^[2]。高校应把勤工助学工作定位为“三全育人”的有效途径, 因此, 勤工助学不仅可以解决贫困学生经济的困难, 更能锻炼其个人素质和能力^[3]。

不同学校根据专业布局、岗位实际, 设计一定勤工助学岗位, 实施岗位育人, 但由于各校专业设置、岗位需求及育人路径等不同, 成效也不一样^[4]。前人对高职院校勤工助学育人研究报道较少。福建林业职业技术学院勤工助学岗位主要依托于学生自己建立的学生物业模拟公司, 两校区共有 10 个学生物业模拟公司, 设 10 个物业经理和 223 个勤工助学岗位, 其他办公室助理、图书馆助理、苗圃助理一共 30 个岗位。虽然前人对勤工助学育人做了有益探索^[5], 但育人成效及路径改良等未见相关报道。本文以福建林业职业技术学院勤工助学问卷调查为基础, 分析影响高职院校勤工助学育人功能发挥的因素, 提出进一步实现勤工助学育人功能的可行路径。

1 勤工助学育人功能评价

1.1 勤工助学育人问卷调查的设计

本次调查的对象共 296 人, 分别是福建林业职业技术学院 2018—2019 学年参加校内勤工助学的学生 263 人和勤工岗位教师 23 人。本次问卷调查共发放 296 份, 其中学生问卷 263 份、收回问卷 259 份, 发放岗位教师问卷 23 份、收回问卷 23 份。主要调查内容设计如下: 岗位类型、岗位设置建议、希望学校提供哪

收稿日期: 2019-09-16

基金项目: 福建省中青年教育科研项目(JZ180457)。

作者简介: 吴旻(1990-), 男, 汉族, 讲师, 主要从事道路生态环境、勤工助学研究。

些种类的岗位、是否有必要参加岗位和岗前培训、岗位和岗前培训的内容、是否感受到岗位教师的尊重和关怀、岗位教师对学生的家庭情况了解吗、岗位教师会对学生进行哪些方面的指导、学生参加勤工助学的原因、你在勤工助学工作中的收获是什么、学生参加勤工助学后哪些方面有明显提高。

1.2 勤工助学岗位育人功能分析

调查结果显示,学校学生在勤工助学岗位工作的过程中,不仅提高了学生的综合素质,尤其是体现在交际能力和吃苦耐劳的能力,还促进了学习成效。

1.2.1 岗位情况

学校 263 个勤工助学岗位主要是以教学楼卫生保洁、苗圃助理、校园公共区域保洁、科室助理等体力类岗位为主,大都从事保洁、浇水的工作。在所有的岗位类型中,体力类占 84.5%、管理类占 3.9%、事务类岗位占 11.6%。在男女生比例上其中男生占 60.8%,女生占 39.2%。

1.2.2 岗位预期

调查显示:管理类、事务类是学生理想中的岗位类型,选择比例为总数的 91.9%。最不受欢迎的是体力类岗位只占 6.6%。同时在岗位建议上,主要体现在三个方面:一是提高工资,即对一些劳动时间长或者工作难度大的岗位提高月工资标准;二是减少工作时间,即保持现有工资标准,减少工作时间;三是增加岗位,即增加一些与课堂上所学技能相关的岗位。

1.2.3 岗位和岗前培训预期

95.7%的师生认为有必要进行岗位和岗前培训;其中“为人处事、经验交流、办公软件应用、安全教育”等几个方面是大部分师生觉得岗位和岗前培训应该包含的内容见表 1。而且从培训内容重要排序上,学生和岗位教室的评价是一致的。

表 1 你认为岗位和岗前培训应该包含哪些内容

Tab.1 What do you think should be included in the post and prejob training

| 培训内容 | 学生比例/% | 岗位教师/% |
|--------|--------|--------|
| 办公软件应用 | 43.5 | 52.2 |
| 为人处事 | 68.1 | 91.3 |
| 安全教育 | 55.6 | 82.6 |
| 经验交流 | 62.6 | 86.9 |
| 其他 | 15.4 | 8.7 |

1.3 勤工助学情境育人分析

1.3.1 岗位教师对勤工助学育人的感知分析

调查显示:绝大部分学生认为岗位教师有对自己进行关心与指导,只有 2%的学生认为岗位教师没有对自己进行关心与指导。在另一项岗位教师对学生家庭情况熟悉程度的调查显示,只有占 27.4%的岗位教师熟悉,更有 20.4%的岗位教师对学生的家庭情况完全不知道。

部分岗位教师对勤工助学工作的认识不到位,还停留在这只是为了在经济上帮助困难学生。调查显示,仍然有 8%的学生没有得到岗位教师的指导,见表 2。这表明还有相当一部分岗位教师没有充分认识到自己的责任感和使命感,不仅缺乏对勤工助学工作的认知,而且没有对学生的进行必要的关心与指导,从而影响了学生健康成长。

表 2 你接受到岗位教师哪些方面的指导

Tab.2 What aspects of guidance do you receive from the post teacher

| 指导内容分类 | 学习 | 工作 | 生活 | 为人处事 | 其它 | 没有 |
|--------|----|----|----|------|----|----|
| 比例/% | 42 | 82 | 46 | 57 | 55 | 8 |

1.3.2 学生对勤工助学育人的预期分析

学生参加勤工助学的原因有很多种,调查发现,其中 87%的学生选择了“提高自身素质”,76%的学生选择了“减轻家庭负担”,72%的学生选择了“积累工作经验”。见表 3。

表 3 你为什么参加勤工助学

Tab.3 Why do you participate in the work study program

| 原因分类 | 比例/% |
|--------|------|
| 提高自身素质 | 87 |
| 充实课余时间 | 27 |
| 减轻家庭负担 | 76 |
| 积累工作经验 | 72 |
| 其他 | 31 |

在参与勤工助学的机会是不是公平竞争方面,100%的学生认为公平的。我校为了能让公平地得到勤工助学的机会,制定了《福建林业职业技术学院关于印发福建林业职业技术学院学生模拟物业公司管理考核办法》、《福建林业职业技术学院关于修订福建林业职业技术学院学生模拟物业公司管理考核

办法》、《福建林业职业技术学院学生校内勤工助学管理办法》，而且还针对国家和福建省的政策不断地进行修订。文件中明确了学生从申请勤工助学岗位、录取程序、奖惩机制等具体要求。

调查发现:学生在参加校内勤工助学工作中的最大收获是“提高了自身素质”,其次还有“积累了工作经验”、“结识了许多同学”、“充实了课余时间”等其他收获。

表 4 你在勤工助学工作中的收获是什么

Tab.4 What are your gains in the work study program

| 收获分类 | 比例/% |
|---------|------|
| 获得了工资 | 32 |
| 结识了许多同学 | 67 |
| 充实了课余时间 | 66 |
| 提高了自身素质 | 82 |
| 积累了工作经验 | 71 |
| 其他 | 52 |

1.3.3 师生对勤工助学育人的预期分析

调查发现:学生参加勤工助学后,他的老师和同学对他的评价主要体现在以下几个方面的提高,其中87%的师生觉得综合素质有了显著的提高,特别是个人的自信自立、责任感方面。67%的师生觉得学习成绩方面有了很大的提升(见表5)。看来勤工助学达到了锻炼学生、提高学生素质等方面的目的。

表 5 学生参加勤工助学后哪些方面有明显提高

Tab.5 What aspects have been significantly improved after

the students participate in the work study program

| 表现分类 | 比例/% |
|----------|------|
| 学习成绩提高 | 67 |
| 综合素质提升 | 87 |
| 获得荣誉 | 46 |
| 担任主要学生干部 | 32 |
| 其他方面 | 31 |

2 勤工助学育人功能实现的路径分析

2.1 强化责任,拓展勤工助学工作路径

2.1.1 拓展技能岗位途径

随着社会的发展,勤工助学已经不再是简单获取补贴了,还要兼顾学生综合素质的培养。家庭经济困难学生渴望通过勤工助学工作接触社会,认识自己的

不足,同时提升自己,为今后走上社会打下坚实的基础。在岗位设置方面,既要信息化手段优化精准资助,使用勤工助学管理系统完善岗位信息管理,实现岗位竞争公开化和公平化、岗位管理自主化;也要以专业技能育人为导向,设计和拓展技能型岗位,使学生不再只从事卫生清扫、物业值班等简单体力劳动,转而从事办公室助理、实验室助理、花圃助理等与专业相关,能够提升社会竞争力的岗位^[9]。通过这类技能型的勤工助学岗位,使学生能够把课堂上所学到的技能用于工作岗位。特别是高职院校学生培养和开发学生的动手能力尤为重要。

2.1.2 完善岗位奖惩制度

目前仍有不少高职院校勤工助学奖惩制度存在只有惩罚没有奖励的现象,这样大大的打击了勤工助学学生的积极性。为此,完善勤工助学中的奖励措施已经迫在眉睫。比如设立月度“勤工之星”、季度“最佳物业经理”、年度“最美岗位教师”等,这样既可以提高学生工作的积极性、激励学生爱岗敬业,提高自身综合宿舍;又可以鼓励岗位教师对学生进行必要的关心和培养,引导岗位教师将勤工助学工作与大学生创新创业有机结合,实现项目对接、资金帮扶、技术指导。

2.1.3 完善岗位和岗前培训制度

勤工助学不仅仅是一个解决学生经济困难的渠道,更是一个培训和锻炼学生的平台。调查中发现不少勤工助学岗位仍然没有进行岗位和岗前培训。进行岗位和岗前培训一方面有利于对学生进行思想政治教育,包括感恩教育、诚信教育、责任使命教育;另一方面还可以让学生尽快掌握岗位所需要的技能,尽快进入工作角色;还可以得到老师和同学们的工作经验,为今后的就业打下基础。

2.2 转变思路,营造积极向上的勤工助学工作平台

习近平指出:“青年的价值取向决定了未来整个社会的价值取向,而青年又处在价值观形成和确立的时期,抓好这一时期的价值观养成十分重要”;十八大报告强调:要“把立德树人作为教育的根本任务,培养德智体美全面发展的社会主义建设者和接班人”^[10]。高职院校应充分认识到勤工助学不仅仅是对学生进行经济资助的手段,更是提高学生的学习实践能力、创新创业能力、促进其全面发展的重要途径,应把勤工

助学工作上升到人才培养的高度,把它作为教育教学的有益补充⁶。

2.2.1 建立阵地,把思想政治工作贯穿勤工助学全过程

习近平在全国高校思想政治工作会议中指出:“高校思想政治工作关系高校培养什么样的人、如何培养人以及为谁培养人这个根本问题。要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人,努力开创我国高等教育事业发展新局面。”勤工助学工作也不例外,也要把思想政治工作贯穿勤工助学全过程。在各物业公司设置宣传栏、安装液晶显示屏,建立理论学习宣传阵地,宣传马克思主义理论和党团知识等,适时推出“青马主题海报”,播放《新闻联播》和《将改革进行到底》、《辉煌中国》、《不忘初心 继续前进》专题片等相关视频,做到让“思想”看得见、“听”得到,在潜移默化中引导教育学生树立“四个正确认识”,践行社会主义核心价值观,提高学生思想政治觉悟和理论素养。资助中心教师和岗位教师还要把对学生的思想工作作为第一要务,通过岗前培训、岗位培训和平时的言传身教,树立学生正确的人生观、思想观和价值观,为做好勤工助学工作提供思想保障⁷。

2.2.2 逐步推进,密切关注勤工学生的心理健康

在高职院校中有超过10%的学生是贫困生⁸,自卑是他们最突出的心理问题。他们由于家庭环境、教育环境、成长环境,导致他们与同学们在知识技能上、经济上等方面存在差距悬殊,久而久之在他们的心理上存在不同程度的自卑、自闭等常见心理问题。因此不仅要加强对贫困生的思想教育,更要加强疏导贫困生的心理问题。参加勤工助学的贫困生不仅可以融入勤工助学的集体生活,还有助于学生融入校园其他团体活动。同时还可以正确的自我评价、自我定位。在工作岗位上磨练自己的意志,完善自己的性格,健全人格,从而形成积极向上的生活态度和工作态度⁹。因此,可以通过心理健康问卷的形式开展勤工助学学生心理普查;在勤工区域张贴心理知识,发放心理宣传资料、心海报;开设心理健康教育讲座、心理咨询师与勤工学生交流、物业公司人际关系的团体辅导活动等手段推进心理健康教育活动的开展。发现他们的心理困惑,解决他们的心理困惑,把经济资助与心理帮扶

统一起来。辅导员要在学习和生活中特别关注这些参加勤工助学的贫困学生,经常性的与他们开展谈心谈话,树立他们的自信心,鼓励他们积极参加学院、系、班级组织的各种社会实践和自愿者活动,发挥自己的专业特长,激发成才热情,使其能够以乐观的心态面对生活的困境和未知的挑战¹⁰。

2.2.3 紧抓契机,培养学生的创新创业能力

高职院校应利用“大众创新、万众创业”契机,在学校课程体系中融入创新创业教育,在学生日常教育中强调创新创业。高职院校还应该把勤工助学项目融入创新创业实践,例如我院成立的“学生模拟物业公司”。“学生模拟物业公司”是在学院创业中心指导下的一个学生自治组织,通过自主招聘学生物业经理和勤工助学人员,来完成对教学楼、行政楼和实训楼等场所的卫生保洁工作,从而实现“自我管理、自我服务、自我教育”的目的。高职院校还要鼓励有创业意愿的勤工助学学生发挥自己的特长和挖掘身边资源,挑选创业经验丰富的专业教师指导学生申报和完成创业项目,积极争取各种创业扶持资金等,为贫困学生创新创业提供必要的帮助。高职院校更要依靠本校的学科优势,给贫困学生提供便利的创新创业实践平台,同时引导学生善于利用学校提供的条件来创业,如林业高职院校的诚信花屋、盆景花卉等创业项目都很好的融入学科优势,从而获得不错的就业前景。

参考文献:

- [1] 张鑫,霍朗宁.新时期高校勤工助学工作现状及发展路径探索:基于北京林业大学贫困生调查问卷分析[J].河北农业大学学报(农林教育版),2016,18(5).
- [2] 杜坤林.从基本保障型资助到发展型资助:高校助学工作范式转换及其实践[J].中国高教研究,2012(5):85-88.
- [3] 黄瑞梅.高校勤工助学育人功能研究[J].南方论刊,2019,(2):88-89.
- [4] 杨运华,刘颖.高校贫困生勤工助学现状分析与对策研究[J].当代教育实践与教学研究,2018(3):566-567.
- [5] 凌自明.浅谈高校勤工助学资助育人:以华南理工大学勤工助学为例[J].新教育时代(教师版),2019(4):127.
- [6] 赵蕾.高校勤工助学工作的育人功能探析:基于某高校的校内勤工助学问卷调查[J].江苏经贸职业技术学院学报,2015(5):70-73.

- [7] 李国章,赵一鹏,黄东.论勤工助学在高校中的育人功能[J].教育与职业,2007(11):180-181.
- [8] 施玉青,杨超灵,罗达.高校“失衡型”贫困生心理问题分析与激励对策[J].湖北函授大学学报,2014(21):30-31.
- [9] 钱云光,马岚.高校开展学生勤工助学活动的认识和思考[J].淮海工学院学报,2011(10):124-126.
- [10] 杨玉,邹伟,秦小云等.高校学生校园勤工助学现状分析及对策探讨:基于山东某“985”高校在校大学生的调查[J].山东青年政治学院学报,2014(1):97-103.

(责任编辑:张文静)

Investigate on the Educational Function of Work–Study Program in Vocational Colleges

WU Min, LI Xia, CHEN Leiyu, ZHAO Shiyu

(Student Affairs Office, Fujian Forestry Vocational Technical College, Nanping, Fujian 353000)

Abstract: With the joint issuance by the Ministry of Education and the Ministry of Finance of the Regulations on Work–Study Management in Higher Institutions (Revised in 2018), the work of work–study education in higher vocational colleges is facing new opportunities and challenges. On the basis of comprehensive consideration of the current situation of work–study–based education in higher vocational colleges, a questionnaire is designed to conduct a practical investigation, analyze the factors affecting the function of work–study–based education in higher vocational colleges, and refine the path to realize the function of work–study–based education.

Key words: higher vocational colleges; work– study program; questionnaire; education function

JOURNAL OF WUYI UNIVERSITY

No.12 Vol.38, Dec., 2019 (Volume End)

| | |
|---|--|
| On Approximation by Schurer Type Durrmeyer Operators in Orlicz Spaces | REN Meiyong(1) |
| Analysis of Landscape Pattern Change of Quanzhou Bay Estuary Wetland Based on RS and GIS Technology | MA Jianbin(4) |
| Study on Aseptic Seeding Techniques of Hybrid Seeds of <i>Cymbidium Sinense</i> “Mengzhilan” | ZHANG Yuejiao(9) |
| Research on Leaf Classification for Wuyi Rock Tea Based on Textural Features | LIN Lihui(14) |
| Investigation on the Structure Characteristics Species Diversity of the <i>Rhododendron Simiarum</i> Forests at Different Elevations in “Tianbaoyan” Nature Reserve | LI Lin, LIN Li, YOU Xiuhua, MU Zhenbei, LIU Junchen, LIN Meijiao, HE Dongjin(18) |
| Development of <i>Eucalyptus Robusta</i> Single Timber Species Outturn Table | YAN Hong(24) |
| Experiment on Preparation of Aspirin/PLA/PVP Composite Nanofibers and Its Sustained Release Evaluation | YANG Weisen, WU Jinglin, WANG Qingming ¹ (29) |
| Research on the Development of Rural Tourism in Wufu Town of Wuyishan under the Guidance of Value Rationality | XUE Yingzhou(34) |
| Research on Optimal Allocation of Public Bicycle Rental Point Distribution in Chuzhou City | ZHANG Dandan, HU Beibei, XU Qiong, XIN Meng(39) |
| Simulation of Optimal Node Packet Deployment in the Perception Layer Network of the Internet of Things | QU Xia HUA Jianxiang(44) |
| Design on the Persistence of Non-Autonomous Predator-Prey Competitive System with Bait Infection | LI Chao, ZHENG Hang, QIN Tianhong(49) |
| Empirical Analysis on the Impact of China’s OFDI on the Quality of its Export Products | ZOU Lianghua, ZENG Weifeng(54) |
| Study on Development Strategy of Fuzhou Port Based on Grey Relational Analysis | WU Jianxin(60) |
| Regional Differences of Import and Export Trade in Fujian Province | XIE Bing, QIU Tian, WU Liqing(65) |
| Influencing Factors of Undergraduates’ Self-Access Learning about Economic Courses Based on Internet of Universities in Xiamen | WANG Shanshan, JIANG Qingquan(73) |
| Influence of “Internet +” Online Store Image on College Students’ Purchase Intention | WEI Sujuan(79) |
| Reform of Practice Teaching of Horticultural Under the Background of Transition to Applied Technology University | LIU Jinxian(85) |
| Construction and Consideration of Course Curriculum of Building Informatization Under the Background of “New Engineering” | TU Jinsong, LI Ruixia, ZHOU Ming, WANG Wanfen(88) |
| Research on Teaching Methods of <i>Software Test</i> Course | MA Aman(94) |
| Discussions on the Teaching Reform of <i>Tea Manufacturing Science</i> Course Under the Training Mode of Applied Talents | WANG Feiquan, FENG Hua, WANG Fang(99) |
| Investigate on the Educational Function of Work-Study Program in Vocational Colleges | WU Min, LI Xia, CHEN Leiyu, ZHAO Shiyu(105) |
| Total contents of vol.38 | (I -VIII) |

第38卷 总目次

第1期

- 武夷山摩崖石刻传说研究 陈平, 方磊, 黄雅琼 (1)
- 《茶经》中的养生思想 薛繁洪 (7)
- 习近平安全发展理念的时代意义 林文雅 (11)
- 理解与解释: 现代思想政治教育学的基本范畴 胡华田 (15)
- 环境公益诉讼概念之厘清 许冬琳 (20)
- 论第三人胁迫合同效力的立法模式之选择
——兼评《民法总则》第150条之规定 林性龙 (26)
- 基于“个人遗产—遗产地”的遗产旅游者动机研究
——以世界双遗产地武夷山为例 曾慧娟, 陈生生, 饶勇 (31)
- 三明经济发展中金融支持的研究 黄露露 (39)
- 哈贝马斯科技意识形态理论及其当代启示 魏欣羽 (46)
- 湖湘文化与工匠精神耦合研究 唐永芳 (50)
- 新时代广播电视广告监管分析与技术研究 蓝宏斌 (55)
- 社会化媒体时代的媒介素养反思
——以“辱母杀人案”为例 陈海波 (60)
- 西方文化视野下福建的形象构建及其对外传播
——以英文版福建形象宣传片为例 王小梅 (65)
- 妈祖题材音乐海洋性的内涵、表现与提升 杨鸣, 陈祖芬 (71)
- 历史价值、共生关系及设计原则: 福州西湖公园古建筑空间的三维探析 米泓颖, 陶萌春 (77)
- 《匠心》主题茶艺创编实践 王丽, 叶国盛, 林婉如 (83)
- 新时代中外合作办学大学生爱国主义教育思考 李晓辉 (87)
- 我国研究生创业教育模式探讨 林晓丹, 狄俊安 (91)
- 高职院校品牌建设对策研究 吴娅坤 (95)
- 核心素养视域下学生健全人格的本质特征与实现路径 曾丽红 (100)
- 现代学徒制背景下服装专业教学改革思考 陈秀免 (105)

第2期

- 罗从彦诗歌综论 刘建朝 (1)
- 茶歌镜像
——观照民国时期武夷山岩茶生产制作茶人群像 何英 (6)
- 习近平网络治理论述的时代背景、辩证逻辑和当代价值 蔡广俊 (10)
- 论我国行政协议第三人的行政诉讼救济制度完善 王聪 (16)
- 近代化前夜中日政治结构比较 鞠月明 (21)
- 惠州绿色化现代山水城市法治保障路径研究 陈宏寿 (25)
- 宋代莆阳商业活动综论 陈启庆 (30)
- 海上丝绸之路核心区轴辐式区域物流网络构建 王承娜 (35)

| | |
|---|--------------------|
| 地区腐败对外商直接投资的影响 ——基于我国东部地区的实证研究 | 李绍淋, 林媛媛 (41) |
| 新媒体时代区域文化品牌传播策略 ——以“古泉州(刺桐)史迹”为例 | 王秋燕 (47) |
| “采风问俗” ——吴德功早期写景诗特色浅析 | 张 淳 (52) |
| 破碎的世界: 麦卡锡《路》中的“隐身”叙事 | 焦艳格 (57) |
| 1951-1966《中国文学》(英文版)短篇小说中进步青年形象重塑研究 | 童 悦, 韩江洪 (61) |
| 接受美学视角浅析《三体》刘宇昆英译本 | 胡杨柳 (68) |
| 闽南“尾牙”宴飨的文化溯源研究 | 洪秋艳 (72) |
| 自然环境: 农村学前教育发展的内生力 | 戴雨婷, 徐 红, 廖羽祥 (77) |
| 基于不同认知阶段的儿童绘本插画表现初探 | 马海元 (82) |
| 在全面深化改革中推进福建高等教育综合改革 | 陈永福, 解梦雨 (87) |
| 新形势下高校党的组织生活质量研究 | 柯江锋 (92) |
| 新时代大学生廉洁教育实效困境与路向探析 | 张达青 (97) |
| 基于地域文化传承的隐性思政教育研究 ——以闽北朱子文化传承为例 | 刘东江 (101) |
| 多元化创新创业型包装设计教学模式探究 | 蔡 洁 (106) |

第 3 期

| | |
|--|-----------------------------------|
| 复 Hessian 矩阵性质及复正定性的研究 | 张宋传 (1) |
| 几种叉积图的平衡指标集 | 陈碧英 (5) |
| 求解可分解强凸优化问题的 FISTA-Barzilai-Borwein 算法 | 李 星, 邓康康, 李 超 (12) |
| 平面体系存在无穷远虚铰时几何组成分析 | 范卫琴, 颜玲月, 张红章 (17) |
| 完善中国互联网, 推动经济与税收发展 ——基于省级层面数据的实证分析 | 郑雪莲, 胡志勇, 陈雅琳 (21) |
| Fama 五因子模型在中国证券市场有效性检验及改进研究 | 孙 策, 姜徐宁, 黄和亮 (27) |
| 可视化知识图谱的中国 SWAT 模型研究趋势分析 | 尤丽萍, 林雪儿, 林美娇, 刘君成, 何东进, 游巍斌 (33) |
| 香樟天然次生林种群空间分布格局及其关联性分析 | 靳少非, 许鲁东, 廖晓丽, 范胜煌 (40) |
| 汉中市古树名木科学文化价值额的计量分析 | 王哲, 江蓝, 蓝亦琦, 何中声, 刘金福, 廖咸康 (47) |
| 膜表面荷负电修饰与抗蛋白质污染性能分析 | 范荣玉, 郑细鸣, 陈彬梅 (54) |
| 分布式架构的智慧实验室的设计 | 吴伊萍 (59) |
| CC2530 远程智能输液监控系统的设计与实现 | 陈 明, 沈俊慧, 朱其祥 (64) |
| 一种新型高精度的 RC 振荡器设计 | 张明文, 尹勇生, 邓红辉 (69) |
| SDN 和 OVERLAY 技术在高校云数据中心的应用 | 肖永钦, 卓柳迎 (73) |
| 公共服务视域下泉州市全民健身“六边工程”研究 | 董婧涓 (77) |
| 普通本科高校健身路径现状分析 ——以芜湖市高校为例 | 闫 林, 张 良, 金庆红 (83) |
| 石壁客家民俗体育文化特征研究 | 崔胜利 (88) |
| PBL 教学模式在独立学院课程教学中的应用 ——以植物生理学为例 | 叶小真, 罗晓霞, 陈全助, 冯丽贞 (92) |
| 数学教学中的多媒体技术应用现状与问题思考 | 滕 旭 (96) |
| RPG 实训平台在土木工程施工技术教学中的应用 | 崔秀琴, 苏万鑫, 曾武华, 黄晶晶 (100) |

PLS-SEM 和关联规则的《多元统计分析》教学效果影响因素实证研究

..... 旷开金, 郑开焰, 刘金福, 徐道炜, 裴文庆, 郑斯琳 (104)

第 4 期

马克思生态观对新时代美丽中国建设的启示 邓凤玉 (1)

论习近平关于党的宣传思想工作的创新理念 赵明聪, 秦宏毅 (6)

体验式游戏在小组工作实务中的具体应用

——以 L 机构服务项目为例 陈晓东, 张书芳 (11)

交易成本视角下农地经营权抵押贷款惜贷现象分析 黄振香, 黄羽斌 (16)

新零售环境下药农信息获取途径及策略研究

——以亳州市谯城区为例 丁丽, 董娜, 陈威伟 (23)

应用大数据推进城市智慧化研究 林维勇 (29)

慢城小镇景观的核心理念与发展评价分析

——以武夷山市五夫镇为例 米泓颖, 陶萌春 (35)

福建省 5A 级景区旅游文本英译研究

——以生态翻译理论为视角 罗珊珊, 林继红 (41)

话语修辞视角下的酒店外宣翻译

——以福州市区星级酒店英译个案为例 杨梦云, 高远 (47)

文字意义上的“文化”及蕴含的系统论思考 成榕 (52)

跨文化空间的耗散形态、情感结构及政治协商 岳俊辉, 夏蓓洁 (58)

专利文献翻译平行语料库的建设与应用 车丽洁, 纪卫宁 (63)

新时代闽西客家方言的保护与传承对策探析 张林诚 (68)

林语堂《孔子的智慧》之传播学阐释 张伟 (74)

论柳宗元诗文创作与佛教关系 白倩 (78)

从《雅言》看连横的文学观及其当代价值 杨雨晨 (83)

接受美学视角下高校思想政治教育话语的双向构建 李光明 (89)

职业教育与人民教育“获得感”的关系探析 张兰英 (94)

新时代辅导员在高校意识形态工作中的角色再定位 周韬, 陈细英, 谢秀娣 (98)

信息化背景下高校档案利用工作研究 余珍 (102)

《客房服务与管理》课程 OBE 教学实践 张树萍 (105)

第 5 期

朱子哲学体系中的道家、道教思想渊源 肖溱 (1)

论《朱子家训》的传统美德思想和时代价值 周虹云, 林元昌 (6)

理学美学视野下闽北园林意蕴探析

——以武夷山市下梅村古民居宅园小樊川为例 肖玲 (12)

论恐怖主义犯罪的综合防控

——以总体国家安全观为视角 孟璐 (16)

基于综合定价法的上海市公租房租金定价研究 吴采莹 (21)

试论债的更新制度在我国的建立 黄初鑫 (27)

“大武夷旅游圈”乡村旅游文化招贴的视觉表现 魏永青 (32)

三明市体育旅游特征与 SWOT 分析

——以体育特色小镇构建为背景 马荣超, 罗金华 (36)

空间句法理论下历史文化名村保护与更新

- 以福州市林浦村为例 林锦浩, 梁艺薰, 米泓颖, 吴小刚, 陶萌春 (42)
- 漫画在亳州道地中药材文化传承中的应用研究 曹岩, 马健, 张博, 刘超祥 (48)
- 高校电视台微信公众平台运营研究 张克素, 彭梦丹 (52)
- 虚拟现实动画的发展现状及对策研究 胡军强, 孙传明 (59)
- 延平湖闽江南岸滨水空间概念规划设计 吴冠达, 黄小巾 (64)
- 交际能力与交际语境的交互性、动态性与社会性 魏琛 (70)
- 网络流行语中的“小+X”结构 崔帅 (77)
- 广义修辞学视野下《山乡巨变》多版副文本的重构 吴丹萍 (81)
- 高职院校语文口语课程的多角度拓展 于晓凌 (86)
- 商务英语口语教学模式探析
- 基于多模态互动分析框架 林晨鸣 (90)
- 新媒体时代大学生社会主义核心价值观教育的路径探索 王秋梅, 冯起国 (94)
- 新时代高校“形势与政策”课教学创新的思考 邢建华 (99)
- 新媒体环境下高校图书馆阅读推广服务创新
- 以黎明职业大学为例 黄旭东 (105)

第6期

- Ca²⁺通道抑制剂对小麦根毛形成与伸长的影响 杨鹭生, 项贵香, 李国平 (1)
- 冰晶石结晶法处理高浓度含氟废水及其循环利用 周晓光 (7)
- 改性 Ag@SiO₂ 粒子前驱体的制备及表征 吴成林, 唐春怡, 左华江, 刘瑞来 (12)
- Ho-TiO₂ 催化剂光催化降解性能 康巧梅, 钟慧欣 (17)
- 武夷山茶园土壤-茶叶中镉、镍、砷分布特征及其生物有效性
- 陈培珍, 刘缘, 叶宏萌, 杨涛, 江家荣, 刘明明 (21)
- 闽北臭豆腐加工过程中污染物的监测及 HACCP 体系的建立
- 傅新征, 陈基东, 张静, 康彩玲, 张万明 (26)
- 相容性杉木人工单木二元材种出材率模型 黄朝法 (33)
- 龙岩国家森林公园景观视觉敏感度模糊分析 罗洁明, 陈昌雄, 吴昊宪 (38)
- 一类偏微分算子组广义次谱的显式上界 黄振明 (43)
- 大学生对跨境电商培训需求及影响因素分析
- 以福建农林大学国贸专业为例 何均琳, 陈俊合, 蓝娟, 董欣 (47)
- 税收优惠政策对科技企业孵化器激励效应的探析 吴霞, 吴震 (52)
- 基于人力资本水平不同指标的人力资本影响出口产品质量分析 许佳靖, 曾卫锋 (57)
- 带隙基准电压的智能电阻自动测试仪设计 邵海龙 (64)
- 颈椎病人群的羽毛球运动处方设计与应用分析 刘宝林 (70)
- 基于知识图谱的我国武术研究的可视化分析 毛丹丹 (74)
- 闽北地区中学体育现状问题与对策研究 田锡祥 (80)
- 新工科背景下给排水科学与工程专业人才培养模式建设
- 黄健, 黄显怀, 张华, 张勇, 杨伟伟, 韦伟, 胡昊, 王坤 (88)
- 数字经济时代应用型保险人才培养的探索与思考 李乐, 张永起, 周林毅 (92)
- 应用型高校的 BIM 教学研究
- 以武夷学院为例 黎恒杆, 朱德良 (96)
- CDIO 理念下的食品工艺设计课程的探索 宁芊 (100)
- 大数据视角下的高校教学质量评价体系构建路径探析 池芳 (105)

第7期

- 朱熹的官德思想简论 刘倩, 张品端 (1)
- 论朱熹的生态智慧思想与当代中国的生态文明建设 申权, 王晓云 (5)
- 增强新时代青年能力自信的思考
——阿甘本的潜能理论对当代中国青年的现实启示 林海璇 (10)
- 高校引导民主党派参与精准扶贫的实践探索
——以武夷学院为例 林元昌 (16)
- 需求导向视角下社区公共服务供给制度研究
——基于F市H社区的实证研究 王欢欢 (21)
- 网约车安全风险防控研究 林杰 (26)
- 试析罗马与西哥特人关系的演变
——从提奥多西一世时代到410年罗马沦陷 吴曦 (30)
- 沈葆楨巡台时期的“开山抚番”政策 赵松林 (36)
- 先秦儒家弘道理念的建构与变迁 周学熙 (41)
- 国家形象视域下的外宣翻译研究
——以福建“海丝文化”翻译为例 徐琪, 吴晶晶 (48)
- 科普读物汉译的生态翻译学视角 董丽娜, 邵丽娜 (54)
- 国内英语写作研究知识图谱
——基于Citespace的计量分析 王战锋, 沈丽娟 (59)
- 清代册封琉球使臣入闽诗歌内容浅析 张杭 (64)
- “泛娱乐”业态及其影响因素研究 林憬 (70)
- 吸引力与奇观: 纪录片《风味人间》的审美特征 刘涛 (76)
- 福建传统民俗家具保护与开发 邵丹, 杨伟星, 张丹 (80)
- 新时代背景下我国政治经济学教学问题探究 颜雅英 (84)
- 构建名师视唱练耳的动态教学模式 李茂芳 (89)
- 慕课时代的大学外语教学: 优势与挑战 王丹丹 (94)
- 转型背景下茶学专业本科生“双导师制”培养模式的思考
——以武夷学院为例 张渤, 石玉涛, 冯花 (99)
- 大学生职业体能培养必要性的实验研究 王书杰 (104)

第8期

- 论马克思历史辩证法对黑格尔概念辩证法的超越 李媛媛 (1)
- 习近平外交思想中的文化自信研究 康丽颖 (6)
- 农村固体生活垃圾处理的公共服务供给研究
——基于福建省L县五村的调查 汤晓凤, 刘素芬 (14)
- 福建省科技成果转化公共服务平台建设研究 林少东, 王国建 (21)
- 论人格权请求权在个人信息权上行使的必要性及规则 庄剑峰 (26)
- 论“非西方民主”及其对我国民主政治建设的启迪 丁灵颖, 林怀艺 (32)
- 网络民粹主义对主流意识形态传播的影响探析 杭姗姗, 侯凤英 (39)
- 哈耶克对社会主义计划的批判思想及其辨析 闫妍 (43)
- 基于旅游偏好武夷山银发旅游发展策略研究 黄丽娟 (48)

传统历史文化助力旅游业发展

- 以扬州市为例 张 辉 (55)
- 旅游经济学视角下古村镇“门票经济”现象研究
- 以南靖云水谣为例 吴阿珍, 范何丽 (59)
- 福建省入境游客时空演变特征分析 丘永杭, 林玉蕊 (66)
- 传统器物形态的设计探索
- 以三明市“清明粿”外皮压制器为例 罗 臻 (73)
- 智能产品交互设计的事理分析 黎江能 (77)
- 理想的秩序
- 弘仁《雨余柳色图》的传承与出新 徐李葳 (81)
- 融媒时代基于手机渠道的闽学文化传播研究 黄晓珍 (87)
- 非物质文化遗产传承人保护制度的现状及完善 王 琪 (92)
- 高校朋辈心理辅导员胜任力与自我效能感的关系
- 以福建省某大学朋辈心理辅导员为例 丁瑾靓, 叶燕芳, 傅凌海, 许 霞 (98)
- 应用型高校动画模型制作课程的教学改革 蒋海岭, 张 钰 (105)

第 9 期

- Stancu 型 q -Bernstein-Durrmeyer 算子的逼近性质 任美英 (1)
- 可负载纳米金颗粒的 PS-b-PEO 有序多孔膜的制备与表征 王兆礼, 江慧华, 赵升云, 龚新怀 (5)
- $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ -AHMT 高效净化甲醛功能材料的开发与应用
- 魏常锦, 张丽红, 叶飞, 杨盛松, 杨智香, 刘佳铭 (10)
- 武夷山不同区位常见茶园茶叶功能性状研究 江兴友 (16)
- 农业非点源氮磷流失风险评估的研究 叶宏萌, 袁旭音, 林 皓 (22)
- 关于退市制度下我国 ST 公司信息披露问题的思考 杨凯淇, 卿 松 (28)
- 影响房地产价格因素的区域实证分析
- 以新疆省为例 赵鹏霞, 王合玲 (34)
- 广东省区域宏观税负差异特征分析与测算
- 基于泰尔指数分析法 刘 婵 (38)
- S 商品房项目挣值管理成本控制研究 邹灵涵 (46)
- 合并单元测试仪同步功能的设计与应用 吕念芝 (52)
- 基于二维小波变换的图像二值化方法 林玉容, 陈美龙 (58)
- EPC 物联网的中药材追溯编码技术研究 盛 魁, 马 健 (62)
- 桩长径比对建筑单桩承载性能影响分析 蔡雪霁, 颜玲月, 黄凌君, 沈永炎 (67)
- 鼻中隔偏曲对侧下鼻甲骨角度变化的 CT 分析 叶旻斐 (72)
- “健康中国”视域下夜跑运动安全问题及策略研究 任学锋, 陈焕伟 (80)
- 深化产教融合培养应用型人才的举措探讨
- 胡家朋, 赵升云, 范荣玉, 张传海, 徐颖惠, 陈培珍, 林皓, 李灵, 赵璠云, 林维晟, 张敏 (83)
- 以共享模式指导机械类专业学科竞赛培养创新人才 林 铮, 林 权, 刘其南 (88)
- “六步教学法”在 MATLAB 课程中的应用
- 以武夷学院为例 夏婷婷, 蒋 艺, 江 玲 (92)
- 应用技术型高校学生“双创”能力的精准提升
- 基于结构方程模型的实证分析 丘 甜, 华伟平, 梁丽萍 (96)
- 食品科学与工程专业有机化学课程教学改革探索
- 以武夷学院为例 黄 艳, 洪永聪, 马春华, 杨宇华 (101)

电路分析中受控源处理方法解析 党丽琴, 孙 玮 (105)

第10期

- 杨龟山“救世修身本无二道”之探讨 陈国代 (1)
- 武夷传统民居的形式特征解读 林 超 (7)
- 坚持与发展: 论马克思阶级理论的当代生命力 程芸芸 (12)
- 习近平“生命共同体”思想形成历史脉络研究 汪杨燕 (17)
- 金砖国家税收改革比较及借鉴 王 林, 吴晓芬, 孙思惟 (22)
- 农村人居环境建设的三维探析
——基于文献综述的分析 蒋利雪, 李 敏 (26)
- 体育赛事网络转播侵权法律问题探析
——以新浪网诉凤凰网中超赛事转播侵权案为例 卞德震 (32)
- 武夷山国家公园体制试点区旅游发展现状与对策研究 李辛怡, 陈旭兵, 陈恒毅 (37)
- 乡村旅游中森林元素的挖掘与开发利用
——以南平市乡村旅游为例 李 霞, 余荣卓, 杨金林 (42)
- 社区居民对休闲农业节庆活动影响的感知研究
——以台湾万丹红豆节为例 林开森, 洪淑雯, 廖少威 (47)
- 略论庄寨遗产的保护与开发
——以福建永泰庄寨为例 周 君, 吴彩云 (53)
- 试论政府职能转变与南京国民政府的农业贷款 胡海梅 (57)
- 传统家训家风在新时代的存续和传承路径研究 吴 浩 (63)
- 基于二语词汇习得的大学英语词汇微课程设计研究 陈 群, 胡丽英, 廖昱瑜 (68)
- 移动终端学习视域下大学英语教学改革研究 陈玟琳 (75)
- 中美媒体有关贸易摩擦报道中的介入资源分析 李 丹 (79)
- 《逆写帝国》关键词研究
——以“弃用”“挪用”和“逆写”为例 鲁亚萍 (86)
- 新时代高校归国留学人员思想引领探究 林元昌 (91)
- 新媒体视角下高校统战文化建设研究 林 蔚 (96)
- 新时代基层党风廉政教育提质增效研究 柯龙福, 张志雄 (101)
- 关于新《政府会计制度》在高校的应用思考 王思敏 (106)

第11期

- 论武夷山摩崖石刻异文研究的价值与意义 陈 平 (1)
- 武夷山生态文化海外传播的自信根基和自为路径
——以闽北高校的绿色“一带一路”沿线国家来华留学生为中心(一) 冯起国, 陈燕婷, 黄 翔 (6)
- 基于朱子文化内涵的武夷学院校园景观改造设计 郑华敏, 陈淑梅 (11)
- 习近平关于三明扶贫攻坚工作指示的价值研究 王 进 (16)
- “一带一路”倡议实施的路径探析 侯利民 (21)
- 基于政策工具视角的昆山市人才政策分析 吴采莹 (27)
- 论对我国农民进行社会主义核心价值观的培育 马梦思 (33)
- 平潭综合实验区地方行政立法研究 薛舒予 (38)
- “校园贷”民事诉讼现状的实证研究
——以94份裁判文书为考察对象 裴净净 (43)

| | |
|---------------------------------|--------------|
| 山地避暑度假地的可持续发展路径研究 | |
| ——以利川苏马荡为例 | 万波, 徐婵 (51) |
| “似与不似”评价标准的多角度阐释 | 潘亚茹 (56) |
| 基于老年人行为特征下的养老院景观设计浅析 | |
| ——以常太镇养心居敬老院户外景观设计为例 | 李健建, 魏攀 (61) |
| 英汉温度隐喻异同的认知动因探究 | 陈抒婷 (67) |
| “此岸”“彼岸”与情感表达 | |
| ——哈代《爱玛组诗》中的空间诗学 | 徐勤良 (73) |
| 阶级身份、伦理困境与历史深度的开掘 | |
| ——以阿瑟·米勒《推销员之死》《萨勒姆的女巫》为例 | 肖婧 (78) |
| 人文社会科学基础学科应用型本科人才培养机制探析 | 徐理响 (83) |
| 福建省大学科技园区创新发展探究 | 苏团 (87) |
| 重构和谐高校师生关系的路径研究 | 马千里 (93) |
| 大学校训在学生的思想政治教育中的功能研究 | |
| ——以武夷学院为例 | 周巍 (97) |
| 林业高职院校培育新型职业农民的研究 | 阮淑明 (100) |
| 智慧教育视野下小学创客教育校本课程设计与开发 | 郑晓冰 (105) |

第 12 期

| | |
|---|------------------------|
| Schurer 型 Durrmeyer 算子在 Orlicz 空间内的逼近 | 任美英 (1) |
| 基于 RS 和 GIS 技术的泉州湾河口湿地景观格局变化 | 马键斌 (4) |
| 墨兰“梦之兰”杂交种子无菌播种繁殖技术 | 张月娇 (9) |
| 基于纹理特征的武夷岩茶叶片分类方法 | 林丽惠 (14) |
| 天宝岩自然保护区天然猴头杜鹃矮林林分结构与物种多样性调查 | |
| 李霖, 林立, 游秀华, 穆振北, 刘君成, 林美娇, 何东进 | (18) |
| 桉树人工林单木材种出材率表的研制 | 严洪 (24) |
| 阿司匹林/PLA/PVP 复合纳米纤维的制备及其药物缓释性能试验 | 杨为森, 吴敬林, 王庆铭 (29) |
| 价值理性回归导向下武夷山五夫镇乡村旅游发展 | 薛盈洲 (34) |
| 滁州市公共自行车租赁点分布的优化配置 | 张丹丹, 胡贝贝, 许琼, 信猛 (39) |
| 物联网感知层网络最优节点分组部署仿真设计 | 瞿霞, 华建祥 (44) |
| 非自治具有食饵感染的捕食食饵竞争系统的持久性设计 | 李超, 郑航, 秦天红 (49) |
| 中国 OFDI 影响其出口产品质量的实证分析 | 邹良华, 曾卫锋 (54) |
| 基于灰色关联度的福州港发展策略分析 | 吴剑新 (60) |
| 福建省进出口贸易地区差异分析 | 谢冰, 丘甜, 吴丽清 (65) |
| 基于厦门高校的互联网环境下经济学自主学习能力的影响因素 | 王珊珊, 蒋清泉 (73) |
| “互联网+”网店形象对大学生购买意愿的影响 | 韦素娟 (79) |
| 转型应用技术大学背景下园艺专业实践教学改革 | 刘金仙 (85) |
| “新工科”背景下建筑信息化课程体系建设与思考 | 涂劲松, 李瑞霞, 周明, 汪万芬 (88) |
| 《软件测试》课程教学方法的探索 | 马阿曼 (94) |
| 应用型人才培养模式下《制茶学》课程教学改革 | 王飞权, 冯花, 王芳 (99) |
| 高职院校勤工助学育人发展路径调查 | 吴旻, 李霞, 陈蕾羽, 赵诗羽 (105) |

| | |
|------------------|--------------|
| 第 38 卷 总目次 | (I ~ VIII) |
|------------------|--------------|