

基于ARIMA模型的粮食价格波动分析

——以玉米为例

邵华英

云南财经大学, 统计与数学学院, 云南 昆明

收稿日期: 2023年3月19日; 录用日期: 2023年5月19日; 发布日期: 2023年5月26日

摘要

粮食作为关乎国家民生的重要商品, 其价格波动会造成生产者的决策困难以及消费者生活成本的变化。因此, 了解粮食价格的波动特征, 准确预判粮食价格的未来走势是非常有必要的。文章基于2017年1月至2021年12月的玉米农贸市场价格月度数据, 建立了七个ARIMA模型, 通过对模型显著性检验和AIC准则, 最终选择了ARIMA(1,1,0)作为拟合序列的最优模型, 并在此基础上对未来六个月的玉米价格进行了预测。

关键词

粮食价格波动, ARIMA, 模型对比, 预测

Price Fluctuation Analysis of Grain Based on the ARIMA Model

—A Case Study of Corn

Huaying Shao

School of Statistics and Mathematics, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Received: Mar. 19th, 2023; accepted: May 19th, 2023; published: May 26th, 2023

Abstract

As an important commodity related to the people's livelihood of the country, the price fluctuation of food will cause the producer's difficulties of decision-making and the changes of consumer's living cost. Therefore, it is necessary to understand the fluctuation characteristics of food prices and predict the future trend of food prices accurately. Based on the monthly data of corn farmers'

market prices from January 2017 to December 2021, this paper established seven models. We finally selected the optimal model as the fitting sequence through the model significance test and AIC criteria, and then predicted the corn prices in the next six months on this basis.

Keywords

Grain Price Fluctuation, ARIMA, Model Comparison, Forecast

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 背景

中国是一个拥有悠久农业历史的国家，农业提供了人们生存和发展不可或缺的物质支撑，也是工业部门重要的原材料来源，占据着中国国民经济的重要地位。其中，粮食价格是各种商品的基础价格，是影响物价指数的重要因素，也对其他商品价格的形成造成重要影响，因此受到各国和各界人士的关注。1995年至1998年我国粮食产量有连续四年的增加，而在1998年至2003年又出现了持续的产量下降，2004年以后粮食产量基本是增加的状态[1]，粮食供给与需求的变化进而造成了粮食价格的不断变化。

粮食价格与粮食生产者的收益，与粮食消费者的生活成本有密切关系。目前来看，我国粮食价格的波动将继续发生并长期存在，粮食价格持续上涨，这对低收入人群福利造成重大影响，并降低了价格对粮食生产者的生产决策指导作用，使得生产者面临决策困难的问题。因此，正确认识我国粮食价格波动特征，掌握粮食价格的正确走势，对于确定粮食调控关键点及确保粮食安全，对于指导生产者进行生产决策，对于保护粮食消费者权益，对于国家进行宏观调控，平抑粮食价格，都具有重要的现实意义[1]。

具体来说，从国家层面看，粮食作为重要的战略物资，对粮食价格变动的合理及准确预测有助于提示我们国内粮食的供需变化，因而进一步对本国的粮食贸易进行调整；从贸易企业层面来看，对粮食价格走势的准确预判有助于其选择合适的时点进行贸易，获得盈利，这为贸易企业的健康发展提供了有力的支持；从农业从事者的角度来看，只有清晰了粮价的走势，粮食生产者才能做出合理的粮食生产计划，稳定粮食生产规模，防止供不应求或谷贱伤农情况的发生。

2. 文献综述

近年来，粮食价格出现了频繁的波动，这加大了农业从业者的风险，也对工业的发展和居民的生活造成重要影响。因此，国内外有大量学者致力于我国粮食价格波动特征，粮价走势的研究。本文以玉米为例，对近年来粮食价格波动的相关文献进行研读，主要从粮食价格波动特征，粮食价格预测两个方面进行文献回顾和评述。

2.1. 粮食价格波动特征

在粮食价格波动特征方面，主要的研究方法有 ARCH 模型、GARCH 模型和 H-P 滤波法。

在运用 ARCH 模型研究粮食价格波动特征方面：苗珊珊(2014)采用 2006 年 1 月~2010 年 12 月的中国大米市场价格周指数为样本，拟合了自回归条件异方差模型(ARCH)，对我国大米价格波动进行了分析，认为大米价格波动具有持续性和记忆性[2]。付莲莲(2016)运用 ARCH 模型验证了大米价格和大豆价格的波动聚集性，且大豆价格波动存在明显的非对称性[3]。周玲(2017)等人运用 ARMA 和 ARCH 模型对小麦，

玉米等主要粮食价格进行建模分析,发现小麦价格受到自身滞后一阶的影响,而玉米的价格波动具有明显的非对称性[4]。李显戈(2017)运用国际大米,玉米,大豆和小麦的月度价格数据建立了 ARCH 模型,发现大米的价格波动具有非对称性,而小麦的价格没有显著的非对称性[5]。

在运用 GARCH 模型研究粮食价格波动特征方面:冯云(2008)运用 1998 年 2 月 9 日至 2005 年 1 月 16 日共 362 周的粮食价格指数,建立了 GARCH 模型,发现粮价波动会受到前期粮价波动的影响,粮价的波动具有持续性和记忆性[6]。胡安其(2012)运用非对称成分 GARCH 模型,研究发现我国粮食价格波动可被分解为长期波动成分和短暂波动成分,发现大米、大豆与小麦的短期价格波动存在非对称效应[7]。王朋吾(2017)运用 2009 年 1 月 5 日至 2015 年 6 月 29 日的数据库为大米、玉米、小麦、大豆等主要粮食产品建立了 GARCH 模型,发现米和小麦表现出价格波动的集聚性[8]。

在运用 H-P 滤波法研究粮食价格波动特征方面:韩磊(2016)运用 H-P 滤波法分析了 1998~2015 年之间的国内稻谷、玉米、大豆和小麦的集贸市场月度价格数据,发现小麦的价格波动呈现出显著的持续性和集聚性,这也就说明了小麦价格的可预测性;稻谷、小麦和玉米价格波动具有显著的非对称性,价格的涨跌幅度不一致[9]。谢娟(2019)等人运用 H-P 滤波法分析了 1997~2017 年国内的玉米、小麦、稻谷和玉米价格的月度数据,发现四种粮食价格呈现出显著的集聚性和非对称性,市场中的信息对不同种类的粮食价格会带来不同的冲击效果[10]。

2.2. 粮食价格预测

在粮食价格预测方面,用到的研究方法主要有两类:一是机器学习,如支持向量机和极限学习机(EML);二是时间序列模型。

在运用机器学习方法进行粮价预测方面:喻胜华(2016)等人先对变量进行了降维处理,选择了影响粮食价格的主要因素,在此基础上用支持向量机对粮食价格进行回归和预测,得到了较好的预测效果[11]。郭婷婷(2016)运用主成分分析(PCA)先对影响粮价的众多因素进行降维处理,得到三个主成分作为极限学习机的输入层变量,建立了基于 PCA-ELM 的粮食价格预测模型,并与 BP 神经网络对比,发现 PCA-ELM 对粮价的预测效果更好[12]。

在运用 ARIMA 方法进行粮价预测方面:刘猛(2020)等人采用 2018 年 4 月至 2019 年 12 月的绿豆月度价格数据,运用 ARIMA 模型对 2020 年 1 月至 12 月的绿豆价格进行了预测[13]。李腾飞(2021)基于 ARIMA 模型对粮食价格进行了预测,并得到了较好的预测效果[14]。李婉(2022)为 2017~2020 年的小麦价格数据建立了最小二乘法,灰色关联预测和 ARIMA 三种模型,通过将预测值和真实值进行对比,发现 ARIMA 模型对小麦价格数据的拟合和预测效果最好[15]。

基于已有文献用到的主要预测方法的特点和优势,结合数据的客观特征,本文选择差分自回归移动平均模型(ARIMA),使用 2017 年 1 月至 2021 年 12 月的玉米价格月度数据,对粮食价格进行建模分析并对未来期的价格进行预测。

3. 数据来源和特征描述

文章选用 2017 年 1 月至 2021 年 12 月的玉米集贸市场价格月度数据,共有 60 期。来源于 2021 年和 2022 年的《中国农产品价格调查年鉴》,单位为元/公斤。玉米价格在 2017 年 1 月至 2020 年 4 月较为平稳,围绕 1.977 元/公斤上下波动;在 2020 年 5 月至 2021 年 3 月,玉米价格出现了上升趋势,从 2.12 元/公斤上升到 2.81 元/公斤;在 2021 年 4 月至 2021 年 12 月,玉米价格呈现下降趋势,从 2.83 元/公斤下降到 2.74 元/公斤。对玉米价格数据进行描述分析可得以下信息:最小值为 1.850;最大值为 2.870;平均值为 2.187;中位数为 2.010;标准差为 0.334。

4. 建模与分析

4.1. 序列平稳性检验

序列平稳性是模型建立的前提，对于序列平稳性的检验，通常有时序图和 ADF 检验两种方法。

1) 时序图平稳性检验

图 1 横坐标为时间，纵坐标为玉米的月度价格数值，单位为元/公斤。由图可知，玉米月度价格序列 y_t 有上升趋势，初步判断为非平稳序列。

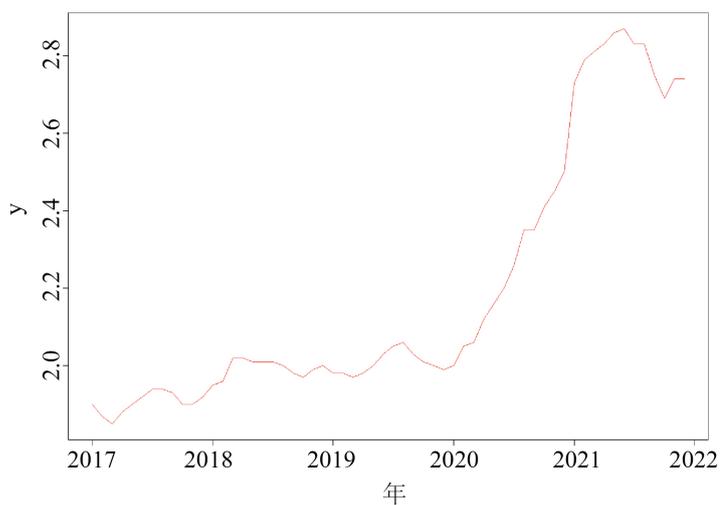


Figure 1. The sequence diagram of corn price

图 1. 玉米价格时序图

2) ADF 平稳性检验

为准确判断原序列的平稳性，故对原序列进行 ADF 检验，结果如表 1 所示。

Table 1. The results of ADF test for original sequence

表 1. 原序列 ADF 检验结果表

Type 1: no drift no trend			
Type	lag	ADF	P value
[1,]	0	2.65	0.990
[2,]	1	1.68	0.976
[3,]	2	1.51	0.964
Type 2: with drift no trend			
Type	lag	ADF	P value
[1,]	0	0.578	0.987
[2,]	1	-0.182	0.931
[3,]	2	-0.377	0.905

Continued

Type 3: with drift and trend			
Type	lag	ADF	<i>P</i> value
[1,]	0	-1.31	0.854
[2,]	1	-1.53	0.763
[3,]	2	-1.60	0.732

由表 1 检验结果显示, 三种类型(六种子类型)的对应统计量的 *P* 值均大于显著性水平(0.05)。由此, 我们可以判断序列 y_t , 即 2017 年 1 月~2021 年 12 月的玉米月度价格序列是非平稳的。

4.2. 非平稳序列的差分平稳处理

对非平稳序列进行一阶差分处理, 检验一阶差分序列 ∇y_t 的平稳性和纯随机性。

1) 一阶差分序列 ∇y_t 的 ADF 检验

由表 2 检验结果显示, 第一种类型的所有子类型(即对应不同的之后阶数)的统计量的 *P* 值是小于显著性水平 0.05 的, 第二种类型和第三种类型分别有两种子类型对应的 *P* 值是小于显著性水平 0.05 的。根据 ADF 检验原理, 只要有任意一种类型的结果是小于显著性水平 0.05, 即可拒绝原假设, 认为玉米价格的一阶差分序列是平稳序列。

Table 2. The results of ADF test for first-order difference sequence ∇y_t

表 2. 一阶差分序列 ∇y_t 的 ADF 检验结果表

Type 1: no drift no trend			
Type	lag	ADF	<i>P</i> value
[1,]	0	-4.66	0.0100
[2,]	1	-3.36	0.0100
[3,]	2	-2.44	0.0171
[4,]	3	-2.52	0.0139
Type 2: with drift no trend			
	lag	ADF	<i>P</i> value
[1,]	0	-5.04	0.0100
[2,]	1	-3.76	0.0100
[3,]	2	-2.72	0.0820
[4,]	3	-2.85	0.0617
Type 3: with drift and trend			
	lag	ADF	<i>P</i> value
[1,]	0	-5.06	0.0100
[2,]	1	-3.75	0.0279
[3,]	2	-2.73	0.2772
[4,]	3	-2.96	0.1853

2) 一阶差分序列 ∇y_t 的白噪声检验

白噪声检验对应的 P 值为 0.007319, 小于 0.05, 认为在显著性水平为 0.05 的情况下, 拒绝原假设, 玉米价格的一阶差分序列是非白噪声序列。

4.3. 一阶差分序列 ∇y_t 的 ACF 和 PACF

查看玉米价格的一阶差分序列 ∇y_t 的自相关图和偏自相关图, 分别为图 2 和图 3。

自相关图显示, 序列存在明显的一阶自相关性, 其相关系数显著不为 0, 而延迟三阶的自相关系数正好在分界点上, 其余阶数对应的的相关系数显著为 0。由此我们可以认为玉米价格的一阶差分序列存在短期自相关关系, 并且可以考虑其是一阶或三阶截尾的。同时, 观察到其二阶自相关系数显著为 0, 可以尝试建立疏系数模型。

偏自相关图显示, 延迟一阶的偏自相关系数显著不为 0, 而后面阶数对应的偏自相关系数显著为 0。由此, 可以认为玉米价格的一阶差分序列存在一阶偏自相关性, 即该序列是一阶截尾的。

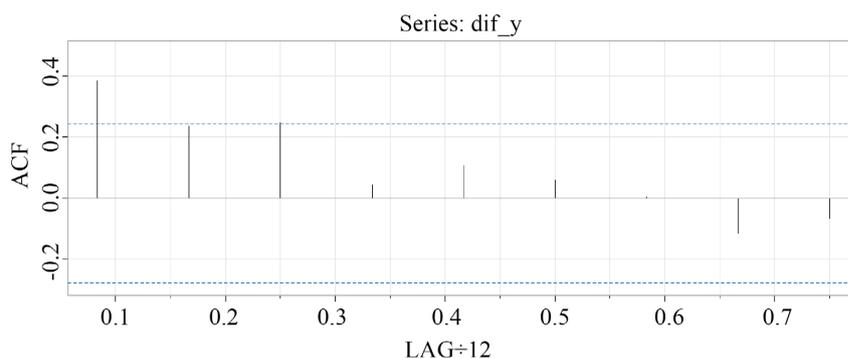


Figure 2. Autocorrelation ACF

图 2. 自相关 ACF

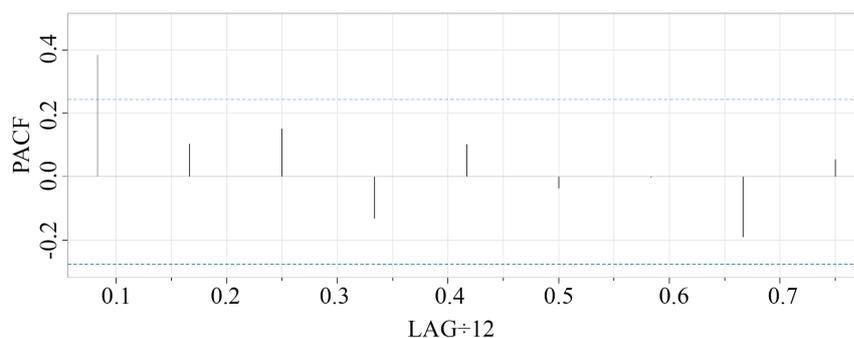


Figure 3. Partial autocorrelation PACF

图 3. 偏自相关 PACF

4.4. 模型识别, 模型比较与选择

1) 模型识别

根据一阶差分序列的 ACF 和 PACF 特征, 我们尝试拟合的模型可以是 ARIMA 模型和疏系数模型。其中, 可以尝试 5 个 ARIMA 模型, 分别是: ARIMA(0,1,1), ARIMA(0,1,3), ARIMA(1,1,0), ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,3); 可以尝试 2 个疏系数模型, 分别是 ARIMA(0,1,(1,3))和 ARIMA(1,1,(1,3))。

(2) 模型比较与选择

对于可能拟合的七个模型，我们综合考虑模型的显著性，模型的 AIC 值来进行模型的比较与选择。各模型拟合的信息表 3。

Table 3. Results of model regression
表 3. 模型回归结果

模型	y_{t-1}	ε_{t-1}	ε_{t-2}	ε_{t-3}	AIC	残差白噪声 检验 P 值	参数显著性 检验
ARIMA(0,1,1)	0	0.3570	0	0	-208.6700	0.8485	/
ARIMA(0,1,3)	0	0.4046	0.1606	0.2778	-209.6828	0.9954	θ_2 不显著
ARIMA(1,1,0)	0.3851	0	0	0	-210.2100	0.9348	/
ARIMA(1,1,1)	0.6774	-0.3533	0	0	-209.2735	0.9762	θ_1 不显著
ARIMA(1,1,3)	-0.3527	0.7405	0.3175	0.3361	-208.3800	0.9989	θ_1, θ_2 不显著
ARIMA(0,1,(1,3))	0	0.3721	0	0.2625	-209.6645	0.9930	/
ARIMA(1,1,(1,3))	0.3853	0.0323	0	0.2331	-208.9170	0.9849	/

由表 3 信息可得，所有模型的残差白噪声检验对应的 P 值都大于 0.05，在显著性水平为 0.05 的情况下，接受原假设，认为模型的残差为白噪声序列，模型已充分提取主要信息，以上七个模型皆可拟合玉米价格的月度数据。而在这七个模型中，我们根据 AIC 准则选择最优的模型。AIC 最小的模型为 ARIMA(1,1,0)，我们认为其能较好地拟合玉米价格数据，拟合结果为：

$$(1-B)y_t = \frac{1}{1-0.3851B} \varepsilon_t$$

3) 模型异方差检验

接着对这个模型进行 ARCH 异方差检验，表 4 是模型 ARIMA(1,1,0) 的残差平方序列进行异方差检验的结果，LM 检验表明残差序列具有显著的方差齐性，因此模型拟合是适合的。

Table 4. Results of model's heteroscedasticity test
表 4. 模型异方差检验结果

df	1	2	3	4	5
P 值	0.9898	0.9865	0.9986	0.9999	0.9999

4.5. 模型预测

根据选择的 ARIMA(1,1,0) 模型对未来六个月的玉米价格进行预测，预测结果见表 5 和图 4。

Table 5. The forecast of corn price for the next six months
表 5. 未来六个月玉米价格预测

时间	预测值	最小值 (80%置信区间)	最大值 (80%置信区间)	最小值 (95%置信区间)	最大值 (95%置信区间)
2022 年 1 月	2.748381	2.697954	2.798808	2.671259	2.825502
2022 年 2 月	2.759989	2.673842	2.846137	2.628238	2.891740

Continued

2022年3月	2.772841	2.657081	2.888601	2.595801	2.949880
2022年4月	2.786171	2.645341	2.927000	2.570790	3.001551
2022年5月	2.799685	2.637066	2.962303	2.550981	3.048388
2022年6月	2.813270	2.631264	2.995276	2.534916	3.091624

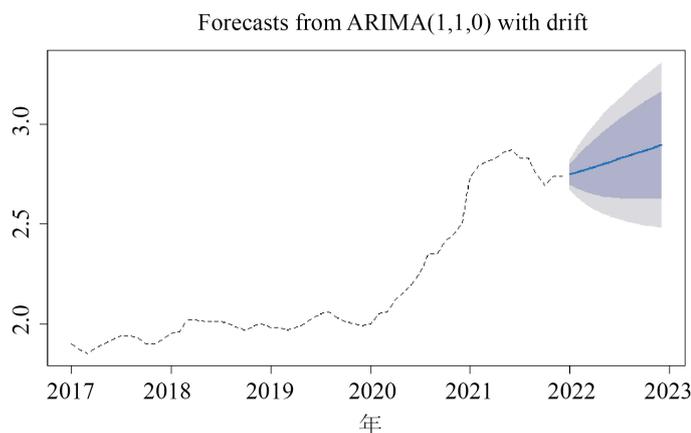


Figure 4. The forecast of corn price for the next year
图 4. 未来一年玉米价格预测图

5. 小结

差分自回归移动平均模型 ARIMA 对玉米价格月度数据具有较好的拟合效果, 而根据预测, 玉米价格在未来时期主要体现为上升的趋势。一方面, 价格的上涨可能会提高粮食生产者进行粮食生产的积极性; 另一方面, 价格的不断波动将扰乱人们对粮价的预期以及生产者的生产计划, 进而有可能导致社会偏离供需均衡的状态。因此, 我们应提高粮食价格预测准确度, 引导粮食生产者进行合理的生产安排, 避免价格的剧烈波动对国民经济的健康运行造成负面影响。对于 2017 年 1 月至 2021 年 12 月的玉米农贸市场价格月度数据, 文章建立的差分自回归移动平均模型具有较好的拟合效果, 此外, 针对其他时间段, 其他粮食价格的预测研究, 我们应该结合数据本身的特征, 选择合适的模型进行建模分析及价格预测。

参考文献

- [1] 王大为. 粮食安全视角下的粮食储备与粮食价格问题研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [2] 苗珊珊. 大米市场价格波动态势及周期性特征分析[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2014(2): 68-73.
<https://doi.org/10.13300/j.cnki.hnwxzb.2014.02.011>
- [3] 付莲莲, 朱红根. 基于 GED-GARCH 模型的中国粮食价格波动特征研究[J]. 统计与决策, 2016(1): 132-135.
<https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyj.2016.01.035>
- [4] 周玲, 张媛. 基于 ARMA 和 ARCH 模型的我国主要粮食作物价格变化规律研究[J]. 中国市场, 2017(14): 42-43.
<https://doi.org/10.13939/j.cnki.zgsc.2017.14.042>
- [5] 李显戈. 基于 ARCH 族模型的国际粮食价格波动特征分析[J]. 中外企业家, 2017(16): 1-3.
- [6] 冯云. 中国粮食价格波动的实证分析[J]. 价格月刊, 2008(2): 41-44.
- [7] 胡安其. 中国粮食价格长期波动特征研究: 基于成分 GARCH 模型[J]. 价格月刊, 2012(3): 7-10.
- [8] 王朋吾. 基于 GARCH(1,1)模型的粮食市场价格波动溢出效应比较[J]. 统计与决策, 2017(16): 138-141.
<https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyj.2017.16.034>

- [9] 韩磊. 中国粮食价格波动规律及周期性特征[J]. 开发研究, 2016(6): 8-14.
- [10] 谢娟, 马敬桂. 基于 ARCH 类模型和 H-P 滤波法的粮食价格波动性研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(13): 134-138.
<https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyjc.2019.13.032>
- [11] 喻胜华, 龚尚花. 基于 Lasso 和支持向量机的粮食价格预测[J]. 湖南大学学报(社会科学版), 2016, 30(1): 71-75.
<https://doi.org/10.16339/j.cnki.hdxbskb.2016.01.009>
- [12] 郭婷婷. 基于 PCA-ELM 的我国粮食价格预测研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2016.
- [13] 刘猛, 刘斐, 赵宇, 李顺国. 河北省杂粮市场价格预测及建议[J]. 农业展望, 2020, 16(6): 3-7+14.
- [14] 李腾飞, 李德燕, 王涛. 政策性粮食质量与价格预测分析方法研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(6): 264-270.
<https://doi.org/10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.06.027>
- [15] 李婉. 湖北小麦价格变化趋势的分析预测[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉轻工大学, 2021.