

我国猪肉供需平衡数据分析及其预测研究

张西林^{1,2}, 姜江¹, 张雪婷¹, 苏嘉豪¹

(1.国防科学技术大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073;

2.江苏师范大学 商学院, 江苏 徐州 221116)

摘要: 对我国猪肉产量和需求量有效预测, 能够帮助政府部门有效调控, 避免猪肉市场出现大幅度波动。根据各省猪肉产量、需求量的历史数据, 通过时间序列建模方法对其进行分析, 分别建立其时间序列模型, 并对 2015-2017 年各省的猪肉产量、需求量进行预测。在此基础上, 对我国猪肉进行供需平衡分析和评价, 并使用系统聚类方法对猪肉供需的各项评价指标进行聚类分析, 揭示我国各省猪肉供需的特征和规律, 并提出合理的发展建议。

关键词: 猪肉产量预测; 猪肉需求量预测; 供需平衡分析; 时间序列分析; 系统聚类

中图分类号: F304.3

文献标识码: A

Data analysis and forecast of pork's supply and demand balance in China

ZHANG Xi-lin^{1,2}, JIANG Jiang¹, ZHANG Xue-ting¹, SU Jia-hao¹

(1.College of Information System and Management, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China

2.Business School, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

Abstract: The effective prediction on the production and demand of China's pork, can help the government to effectively control and avoid large fluctuations in the pork market. This paper sets up the different time series model through the method of the time series modelling, according to the historical data of the pork productions and demands in various provinces. Then the probable pork production and demand is given out by various provinces from 2015 to 2017. On the basis of above, the balance of supply and demand of China's pork is analysed and evaluated, and cluster analysis is carried out on the pork supply and demand the evaluation index using system clustering method. Finally we reveal the characters and laws of pork supply and demand in various provinces, and put forward some reasonable suggestions.

Key words: pork production forecast; pork demand forecast; supply and demand balance analysis; time series analysis; system clustering

1 引言

随着我国人们生活质量的不断提高, 对肉类产品的需求越来越多, 特别是猪肉消费的增更为明显。生猪产业是我国畜牧业的重要组成部分, 猪肉在我国的肉产品消费中占主要地位, 2014 年我国人均猪肉消费量占人均肉类 (不包含禽类) 消费量的 78.1%。特别是近 30 多年来, 中国生猪产业得到了快速发展, 生猪年出栏量由 1978 年的 16109.5 万头上升到 2014 年的 73510.4 万头, 增长了 356.3%。猪肉供需预测, 无论是对于政府管理部门、生猪养殖企业还是对于普通百姓, 都有着非常重要的意义。通过对我国猪肉产量和需求量的有效预测, 能够帮助政府部门及时采取有效措施进行调控, 避免猪肉市场出现大幅度波动; 同时, 能够引导生猪养殖企业合理决策; 而且猪肉供需及其价格关系着人们的生活水平, 猪肉价格也是影响 CPI 的重要因素^[1]。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目 (71331008); 国家自然科学基金资助项目 (71501181); 江苏高校哲学社会科学项目 (2014SJD431)。

作者简介: 张西林 (1984-), 男, 山东菏泽人, 博士研究生, 主要研究方向: 复杂系统与复杂网络、物流系统规划。Email: amuzhang@126.com。

在国内外文献研究方面,猪肉供需研究也是当前研究的热点。梁小珍等^[2]从自然资源条件、饲料供给能力等方面对我国各省的生猪养殖能力进行评价。Gale等^[3]从猪肉进口量、价格、市场周期、猪粮比、政策等角度分析了中国猪肉市场的波动规律。谭莹^[4]、孙秀玲等^[5]使用Nerlove供给模型分析了价格、成本等因素对生猪供给影响,表明饲料价格的短期影响最大。Li等^[6]基于系统动力学方法,提出了畜产品需求预测的SD-APD模型,并对我国畜产品需求进行预测。马福玉^[7]、张超等^[8]、郑莉等^[9]分别使用GM(1,1)、ARIMA、VAR、VEC、WNN、GA-GRNN、综合集成模型等方法对我国猪肉年需求量进行预测。Rodríguez等^[10]从食品安全、消费者偏好、养殖环境等影响因素调查研究,提出了优化猪肉供应链的有效措施。Keating等^[11]研究了未来40年全球食物供需平衡问题,并提出14个有可能弥补食品安全问题的“解决方案空间”。胡向东等^[12]通过构建生猪生产、价格传递、进出口贸易等方面的市场模型,对猪肉市场的发展趋势进行模拟分析及预测。

当前研究从多个角度分析了猪肉供需影响因素和变化规律,取得了丰硕成果,但大部分是从供应或需求单方面进行研究,猪肉供需平衡涉及到供应和需求两方面,需要从供、需两方面综合考虑。基于以上分析,本文把时间序列建模和聚类分析相结合研究我国猪肉供需问题,是对我国猪肉供需问题理论研究的补充,本文的研究方法对其它农产品的供需问题研究也有借鉴意义。本文的研究结论,有助于促进我国猪肉市场的健康发展,为政府制定相关产业调控政策和生猪养殖企业决策有参考价值。

2 时间序列理论及本文数据、模型说明

2.1 时间序列理论

时间序列(Times series)又称动态数列,是将某一现象在不同时间上的取值按时间先后顺序排列所形成的序列,形式上由现象所属时间和与时间对应的观察值两部分组成。

2.1.1 自回归积分滑动平均法(ARIMA)

(1) ARMA 时间序列模型

各种形态的时间序列可以用三种主要类型的时间序列模型来描述,分别是自回归(AR)、移动平均(MA)、自回归移动平均(ARMA)^{[13][14][15]}。

ARMA模型可用于描述不包含趋势的时间序列,一般的ARMA模型表达式为:

$$Y_t = \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \cdots + \varphi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \cdots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

ARMA模型是AR模型与MA模型相结合的产物,由于此模型中包含了 p 项 Y 的历史数据, q 项预测值与实际观察值的误差,所以这种模型也可以简单地称为ARMA(p, q)。

(2) Box-Jenkins方法(ARIMA模型)

Box-Jenkins方法是关于时间序列分析、预测及控制的一整套方法,该方法把时间序列建模分为3个阶段:模型类型识别、模型的参数估计、基于模型的预测。其建模步骤为^{[16][17]}:

①计算序列的样本自相关系数和偏相关系数。

②模式识别:如果序列是白噪声序列,则建模结束。如果是非白噪声序列,判断序列是否平稳:若序列为非平稳序列,采用非平稳时间序列的建模方法,建立ARIMA模型或SARIMA模型;若序列为平稳序列,建立ARMA模型。

③初步定阶和参数估计:模型识别后,框定所属模型的最高阶数,在已识别的类型中,从低阶到高阶对模型进行拟合及检验。

④拟合优度检验:对不同的模型进行比较,确定最适宜的模型。

⑤适应性检验:对选出的模型进行适应性检验和参数检验,进一步确定最适宜的模型。

⑥预测:利用所建立的时间序列模型,进行预测。

2.1.2 趋势分离方法

在实际问题中,由于一些时间序列可以看成是随机过程在现实中的一次样本实现,并且实际中遇到的经济时序大多是非平稳的,所以可以将其视为均值非平稳的时序,其模型为: $x_t = \mu_t + y_t$ 。其中, μ_t 表示序列 x_t 中随时间变化的均值,是确定性趋势部分,可以用一定的函数形式来拟合; y_t 为 x_t 中剔除随时间变化均值 μ_t 后余下的部分。

2.2 数据来源及模型假设

2.2.1 数据来源

由于本文研究对象涉及猪肉的产量、需求量、人口等多方面数据,主要来自于各类统计年鉴、网络数据库、国家统计局数据资料等,具体包括:中国统计年鉴、中国市场统计年鉴、中国农村统计年鉴、联合国粮农组织统计数据、美国农业部统计数据、中国人口和就业统计年鉴等。

2.2.2 模型假设

假设 1: 本文研究忽略了经济发展水平、生活习惯、民族信仰等因素引起的需求变化。

不同地区,由于受到经济发展水平、生活习惯、民族信仰等原因的影响,其平均猪肉消费水平不同。在全国范围内,随着经济发展,即将全面建成小康社会,经济发展水平已经逐渐不再是猪肉需求的主要制约因素,故本文忽略了经济发展水平对猪肉需求的影响。生活习惯、民族信仰等会对猪肉消费产生一定的影响,但是对其定量化比较困难,本文对生活习惯、民族信仰影响比较大的青海、宁夏、新疆和西藏等省份没有对其需求展开研究,其余省份忽略了该影响因素。

假设 2: 本文研究忽略了猪肉需求的城镇化差异。

城市、农村猪肉消费水平存在一定的差异,但差异不大,随着城乡收入差距的缩小,城镇化差异对各省猪肉供需的影响程度越来越小,而且由于数据的可获得性限制,本文研究过程中对其差异忽略,只考虑全国总的猪肉消费水平。

假设 3: 港澳台地区不在本文研究范围之内。

港澳台地区的消费习惯、社会制度、经济水平等方面与内陆存在较大差异,在本文研究过程中,没有对这些地区的猪肉供需展开讨论。

3. 我国各省猪肉产量时间序列建模及预测

3.1 我国各省猪肉产量时间序列数据预处理

3.1.1 序列纯随机性检验

判断序列数据是否有分析价值,需要对序列数据进行纯随机性检验,即白噪声检验,可以运用 Box-Ljung 检验等方法。检验序列是否是白噪声序列,若为白噪声序列表明该序列无规律可循,随机波动,没有研究的价值;若序列为非白噪声序列,有进一步分析的必要。经过检验,各省的猪肉年产量数据各阶延迟的 Box-Ljung 统计量的 P 值均小于 0.05,因此,各省的猪肉年产量数据可以确定为非白噪声序列,具有进一步分析的价值。

3.1.2 序列平稳性检验

1985-2014 年我国各省猪肉年产量序列图如图 1 所示,可见在这 30 年期间,只有 1997 年和 2007 年猪肉产量产生了下滑,其余年份我国各省猪肉年产量稳定上升。因此,各省的猪肉年产量具有趋势性,为非平稳序列,进行时间序列分析时,需要进行平稳化处理。

1985-2014我国各省猪肉年产量序列图

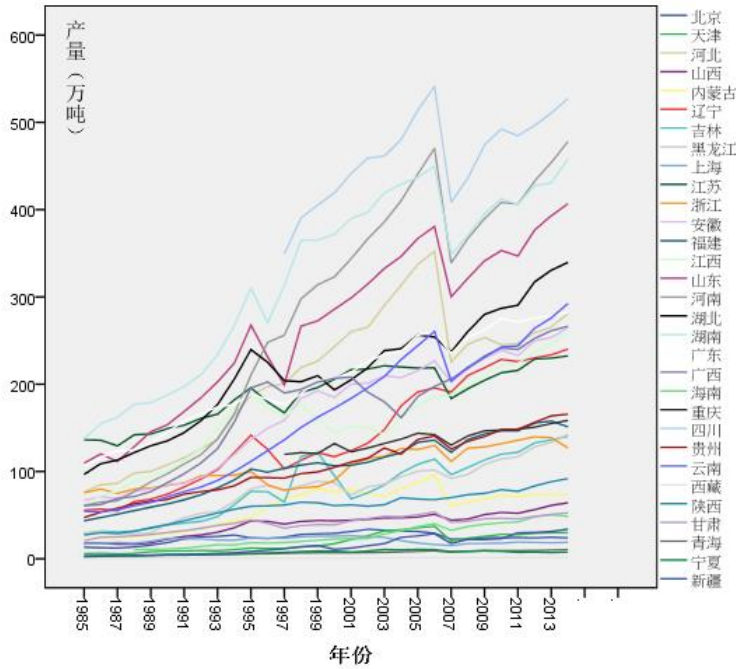


图 1 1985-2014 年我国各省猪肉年产量序列图

注：1988 年建立海南省，其猪肉年产量数据为 1988-2014 年期间的统计数据；1997 年设立重庆直辖市，重庆和四川省的猪肉年产量数据为 1997-2014 年期间的统计数据。

3.2 我国各省猪肉产量时间序列建模

由时间序列图可知，1985-2014 年期间我国各省猪肉年产量多数大致服从线性分布。为了更好地反映数据变化趋势，本文首先把各省的猪肉年产量数据进行线性拟合，拟合效果好的，采用趋势线分离的方法；拟合效果不好的，直接使用原始数据建立 ARIMA 模型。

3.2.1 线性趋势线分离

1985-2014 年我国各省猪肉年产量与年份的线性相关系数及线性回归结果如表 1 所示，Pearson 相关系数大于 0.9 的省份，首先对其数据进行线性拟合，然后对残差建立时间序列模型进行分析；Pearson 相关系数小于 0.9 的省份，直接使用原始数据建立时间序列模型进行分析。

表 1 各省年产量与年份的线性相关及线性回归分析表

省份	Pearson 相关系数	回归显著性	常数	变量	常数显著性	变量显著性
北京	0.554	-	-	-	-	-
天津	0.884	-	-	-	-	-
河北	0.859	-	-	-	-	-
山西	0.950	0.000	-2926.815	1.484	0.000	0.000
内蒙	0.823	-	-	-	-	-
辽宁	0.972	0.000	-13465.032	6.805	0.000	0.000
吉林	0.927	0.000	-7599.218	3.842	0.000	0.000
黑龙江	0.966	0.000	-7125.181	3.603	0.000	0.000
上海	0.225	-	-	-	-	-
江苏	0.904	0.000	-6492.190	3.341	0.000	0.000
浙江	0.908	0.000	-4487.903	2.297	0.000	0.000
安徽	0.976	0.000	-14371.070	7.271	0.000	0.000
福建	0.984	0.000	-7716.658	3.912	0.000	0.000
江西	0.918	0.000	-10779.271	5.471	0.000	0.000

山东	0.961	0.000	-20143.845	10.207	0.000	0.000
河南	0.955	0.000	-30907.570	15.596	0.000	0.000
湖北	0.961	0.000	-14443.571	7.331	0.000	0.000
湖南	0.927	0.000	-21829.119	11.079	0.000	0.000
广东	0.988	0.000	-12098.085	6.153	0.000	0.000
广西	0.924	0.000	-13328.460	6.752	0.000	0.000
海南	0.977	0.000	-3127.881	1.577	0.000	0.000
重庆	0.943	0.000	-4239.408	2.182	0.000	0.000
四川	0.744	-	-	-	-	-
贵州	0.993	0.000	-7768.831	3.938	0.000	0.000
云南	0.979	0.000	-17268.280	8.717	0.000	0.000
西藏	0.986	0.000	-87.387	0.044	0.000	0.000
陕西	0.963	0.000	-3809.677	1.935	0.000	0.000
甘肃	0.894	-	-	-	-	-
青海	0.988	0.000	-487.127	0.247	0.000	0.000
宁夏	0.786	-	-	-	-	-
新疆	0.952	0.000	-2130.857	1.073	0.000	0.000

3.2.2 时间序列建模

以山东省的数据为例介绍时间序列建模过程，山东省猪肉年产量去除线性趋势后的残差的序列图如图 2 所示，自相关和偏相关检验如图 3 所示。

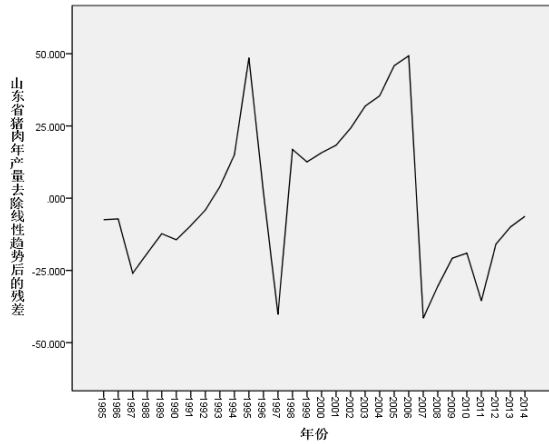


图 2 山东省猪肉年产量去除线性趋势后残差的序列图

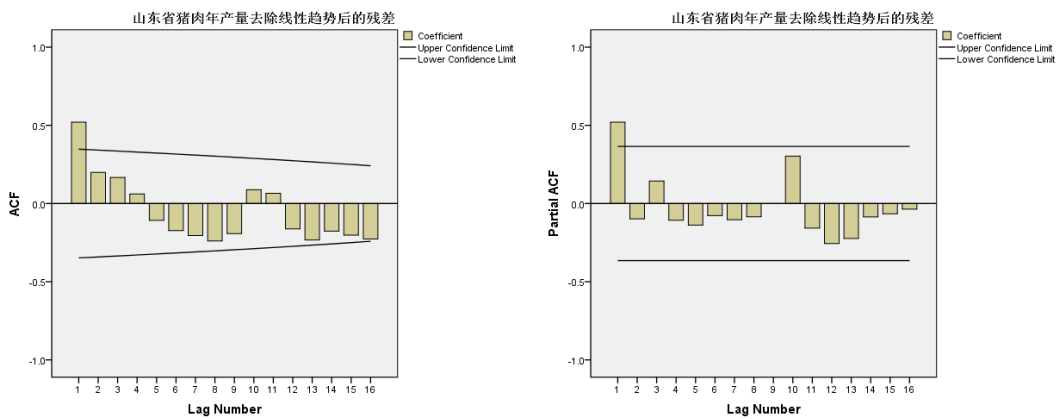


图 3 山东省猪肉年产量去除线性趋势后残差的自相关和偏相关检验

可见，山东省猪肉年产量去除线性趋势后的残差数据为平稳序列，而且自相关拖尾，偏相关一阶截尾，可以判定 1985-2014 年山东省猪肉年产量数据的时间序列模型为 ARIMA(1,0,0)。为了进一步确认其时间序列模型，计算其 ARIMA(p,0,q)模型的 BIC 信息量进行验证，计算结果如表 2 所示。

表 2 山东省猪肉年产量去除线性趋势后残差的 ARIMA 模型 BIC 信息量

延迟阶数	MA (0)	MA (1)	MA (2)	MA (3)
AR (0)	6.616	6.450	6.584	6.730
AR (1)	6.448	6.578	6.722	6.870
AR (2)	6.589	6.753	6.873	6.932
AR (3)	6.716	6.865	6.928	7.050

可见 ARIMA (1,0,0) 处 BIC 信息量最小, 即 1985-2014 年山东省猪肉年产量数据去除趋势线之后的残差的模型为 ARIMA (1,0,0)。对其进行残差自相关和偏相关检验, 如图 4 所示, 可见其自相关和偏相关系数均不显著, 说明其残差为白噪声, 所建模型合适。

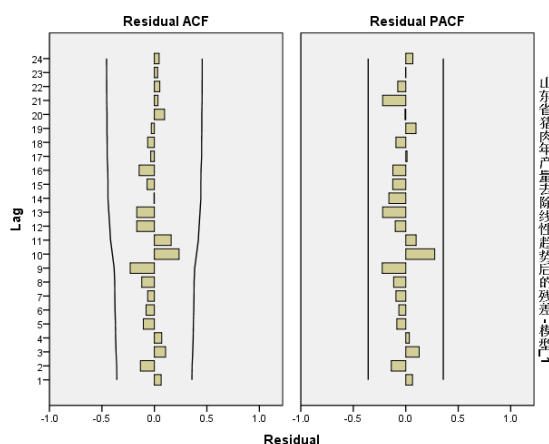


图 4 山东省猪肉年产量去除线性趋势后残差的残差自相关和偏相关检验

同样的方法, 对其余各省猪肉产量数据进行时间序列分析, 分别建立其时间序列模型, 建模结果如表 3 所示。

表 3 各省猪肉年产量时间序列模型

建模数据	省份	模型	模型拟合度统计信息		Ljung-Box Q (18)	
			平稳的 R ²	R ²	统计量	显著性
原始数据	北京	ARIMA (1,1,0)	0.160	0.881	19.516	0.300
	天津	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.864	3.176	1.000
	河北	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.877	2.870	1.000
	内蒙古	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.861	5.256	0.998
	上海	ARIMA (1,1,1)	0.177	0.827	15.858	0.463
	四川	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.255	.	.
	甘肃	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.845	14.512	0.695
	宁夏	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.890	14.123	0.721
	山西	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.574	23.855	0.160
	辽宁	ARIMA (2,1,0)	0.188	0.582	14.358	0.572
	吉林	ARIMA (0,0,1)	0.315	0.315	9.835	0.910
	黑龙江	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.453	17.261	0.505
	江苏	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.391	15.469	0.630
	浙江	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.330	19.767	0.346
线性拟合趋势分离残差数据	安徽	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.577	13.559	0.757
	福建	ARIMA (1,0,0)	0.309	0.309	13.295	0.716
	江西	ARIMA (3,1,0)	0.244	0.788	7.069	0.956
	山东	ARIMA (1,0,0)	0.271	0.271	14.474	0.633
	河南	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.513	5.174	0.999
	湖北	ARIMA (2,0,0)	0.606	0.606	19.534	0.242
	湖南	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.523	14.182	0.717
	广东	ARIMA (1,0,0)	0.208	0.208	9.169	0.935
	广西	ARIMA (1,1,0)	0.176	0.798	12.721	0.754
	海南	ARIMA (1,0,0)	0.281	0.281	7.013	0.983
贵州	ARIMA (0,0,0)	0.000	0.000	17.66	0.479	
重庆	ARIMA (0,0,3)	0.315	0.315	.	.	
云南	ARIMA (1,0,0)	0.389	0.389	5.256	0.997	

西藏	ARIMA (1,0,0)	0.332	0.332	18.061	0.385
陕西	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.689	18.184	0.444
青海	ARIMA (0,0,0)	0.000	0.000	10.829	0.901
新疆	ARIMA (1,0,0)	0.197	0.197	13.194	0.723

3.2.3 猪肉产量模型

基于原始数据的时间序列模型，可以直接利用时间序列对其数据进行拟合。基于线性拟合趋势分离建立时间序列模型的省份，需要对线性模型和时间序列模型进行合并得到猪肉年产量的拟合模型。以山东省的猪肉年产量数据为例介绍，其模型包括两部分：线性趋势模型和残差的时间序列模型，把这两部分进行合并，得到山东省的猪肉年产量拟合模型：

$$x_t = \mu_t + y_t \quad (2)$$

式中： x_t 为山东省猪肉年产量拟合值， $\mu_t = -20143.845 + 10.207t$ 为线性拟合模型， $y_t = -0.216 + 0.507y_{t-1} + \varepsilon_t$ 为去除线性趋势后残差的时间序列模型。

利用该模型对山东省猪肉年产量数据进行拟合，结果如图 5 所示。

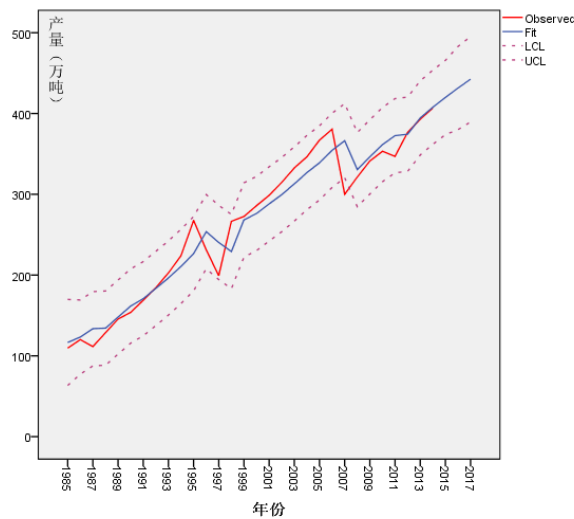


图 5 山东省猪肉年产量模型拟合与预测

3.3 基于时间序列模型的我国各省猪肉产量预测

通过建立的时间序列模型，可以对序列的未来取值进行预测，本文对 2015-2017 年三年的猪肉年产量数据进行预测。对于基于原始数据的时间序列模型，可以直接取时间序列模型预测值为各省猪肉年产量预测值；对于基于线性拟合趋势分离的时间序列模型，需要与线性拟合模型进行合并，得到各省猪肉年产量的数学模型，进而对 2015-2017 年的猪肉年产量进行预测。

4 我国各省猪肉需求量建模及预测

由于猪肉需求量受到人口规模、经济发展水平、收入、可支配支出、生活习惯、城镇化水平、猪肉价格以及牛羊肉价格等众多因素的影响，其数据获得非常困难，本文使用各省人口乘以人均猪肉需求估计各省的猪肉需求量。而青海、宁夏、新疆和西藏地区由于民族消费习俗和信仰原因等原因，猪肉消费需求很低，不纳入本文研究范围。

4.1 我国各省常住人口时间序列建模及预测

本文从《中国统计年鉴》、《中国人口和就业统计年鉴》整理获得 1990-2014 年的各省人口数据，在此期间我国各省人口数据基本上是稳定增长，直接对数据进行时间序列建模的拟合效果已经非常好，故本文直接对其建立时间序列模型，建模结果如表 4 所示。

表 4 1990-2014 年我国各省人口数据时间序列建模结果

省份	模型	模型拟合度统计信息		Ljung-BoxQ (18)	
		平稳的 R ²	R ²	统计量	显著性
北京	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.988	15.236	0.646
天津	Brown	0.139	0.995	7.153	0.981
河北	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.995	3.998	1.000
山西	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.985	2.240	1.000
内蒙古	Brown	-0.040	0.999	25.405	0.086
辽宁	Brown	0.109	0.992	10.846	0.864
吉林	Brown	-0.014	0.998	10.113	0.899
黑龙江	ARIMA (0,2,0)	0.000	0.998	13.157	0.782
上海	Brown	0.281	0.993	6.934	0.984
江苏	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.997	9.335	0.951
浙江	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.989	16.525	0.556
安徽	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.685	21.341	0.263
福建	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.995	5.023	0.999
江西	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.982	3.581	1.000
山东	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.997	11.496	0.872
河南	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.860	10.641	0.909
湖北	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.486	3.273	1.000
湖南	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.652	4.699	0.999
广东	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.971	2.762	1.000
广西	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.719	10.330	0.921
海南	ARIMA (0,1,0)	0.000	0.996	8.000	0.979
重庆	Simple	-0.003	0.640	-	-
四川	Simple	-0.035	0.620	-	-
贵州	Brown	0.226	0.926	5.564	0.996
云南	ARIMA (0,2,0)	0.000	1.000	18.318	0.435
陕西	Brown	-0.149	0.999	10.463	0.883
甘肃	Brown	0.213	0.979	15.808	0.537

根据所建立的时间序列模型，可以对我国 2015-2017 年各省人口数据进行预测。

4.2 我国各省猪肉需求量预测

随着经济的发展，人们生活水平越来越高，人们对猪肉的需求也越来越多。2006-2014 年期间，我国人均猪肉需求量只有在 2007 年受到猪病的影响而产生下滑，其余年份均呈现上升趋势，我国人均猪肉需求量散点图如图 6 所示。

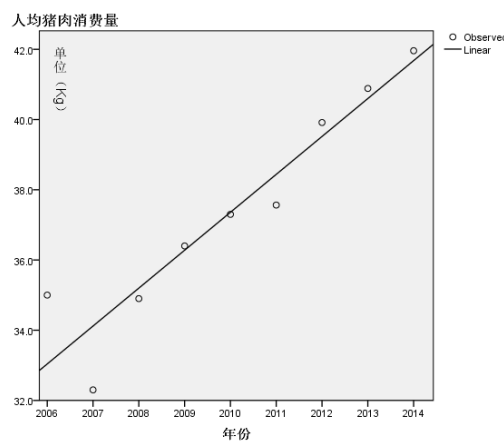


图 6 2006-2014 年我国人均猪肉需求量散点图

根据散点图可以看出，2006-2014 年我国人均猪肉需求量基本上呈线性增长，可以建立其线性拟合模型：

$$y = -2133.203 + 1.080t \quad (3)$$

式中： y ——人均猪肉需求量， t ——年份。

对模型进行检验，相关系数 $R^2=0.893$ ，说明线性拟合效果较好； $F=58.698$ ，显著水平 $Sig.=0.000$ ，说明线性方程整体显著；常数检验 $t=-7.530$ ，显著水平 $Sig.=0.000$ ，说明常数项显著；变量系数项检验 $t=7.661$ ，显著水平 $Sig.=0.000$ ，说明变量系数项显著。模型检验通过，可以用该线性模型进行预测我国人均猪肉需求量。

根据我国各省 2015-2017 年人口和人均猪肉需求量的预测数据，可以对我国 2015-2017 年的猪肉需求量进行预测。

5 我国各省猪肉供需平衡评价及聚类分析

5.1 我国各省猪肉供需平衡评价

通过我国各省的猪肉产量和需求量建模和预测分析，可见我国的猪肉产量分布相对比较集中，最重要的产区是华中地区和西南地区。根据我国各省 2015-2017 年猪肉供需量预测，可以计算各省猪肉的供需波动、供需不平衡程度等指标。以 2015 年的产量和需求量表示各省的供应量和需求量，以 2015、2016、2017 三年的产量变动平均值表示产量增速，以 2015、2016、2017 三年的需求变动平均值表示需求量增速，以“供应量-需求量”表示各省的供需差值，以“供应量/需求量”表示各省的自给率，各指标计算结果如表 5 所示。

表 5 各省供需量、供需增速及供需不平衡程度

省份	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林	黑龙江
产量	23.95	30.70	288.27	65.80	75.10	247.92	143.23	146.49
产量增速	0.14	0.83	7.07	1.60	1.77	6.89	3.07	3.89
需求量	93.91	66.97	317.91	157.32	107.41	187.81	117.71	163.74
需求量增速	4.12	3.70	9.57	5.00	2.78	4.39	2.76	3.56
供需差值	-69.96	-36.27	-29.64	-91.52	-32.31	60.11	25.52	-17.25
自给率	0.26	0.46	0.91	0.42	0.70	1.32	1.22	0.89
省份	上海	江苏	浙江	安徽	福建	江西	山东	河南
产量	19.00	235.71	128.77	271.62	159.18	272.31	419.88	492.38
产量增速	0.10	3.31	1.77	6.82	6.56	9.64	11.90	14.38
需求量	105.07	342.48	237.90	260.82	164.11	195.51	420.87	404.87
需求量增速	3.68	10.08	7.94	6.76	5.19	5.85	12.08	10.78
供需差值	-86.07	-106.76	-109.12	10.80	-4.93	76.80	-0.99	87.51
自给率	0.18	0.69	0.54	1.04	0.97	1.39	1.00	1.22
省份	湖北	湖南	广东	广西	海南	重庆	四川	贵州
产量	333.10	469.16	294.30	272.35	49.84	157.98	537.66	167.12
产量增速	3.36	11.06	9.29	6.52	1.37	1.33	10.46	3.13
需求量	249.35	289.14	466.34	204.15	39.04	127.89	348.05	150.39
需求量增速	6.44	7.78	18.77	5.61	1.34	2.95	8.02	3.86
供需差值	83.75	180.01	-172.04	68.20	10.80	30.10	189.61	16.74
自给率	1.34	1.62	0.63	1.33	1.28	1.24	1.54	1.11
省份	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	
产量	300.09	1.54	94.02	53.80	10.52	7.90	33.28	
产量增速	8.02	0.04	2.22	1.10	0.17	0.17	0.12	
需求量	202.67		161.88	111.13				
需求量增速	5.77		4.22	2.92				
供需差值	97.42		-67.86	-57.33				
自给率	1.48		0.58	0.48				

5.2 我国各省猪肉供需平衡评价指标聚类分析

由于供需平衡评价指标较多，可以结合聚类对其分析，进行聚类时，对产量、产量增速、需求量、需求量增速、供需差值、自给率等指标分别进行标准化变换，变换公式为：

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (4)$$

其中： $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$, $S_j = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$

变换之后这些指标值不再具有量纲。采用“系统聚类”，聚类方法采用“组内的链接”，度量标准使用“平方 Euclidean 距离”，聚类结果如图 7 所示。

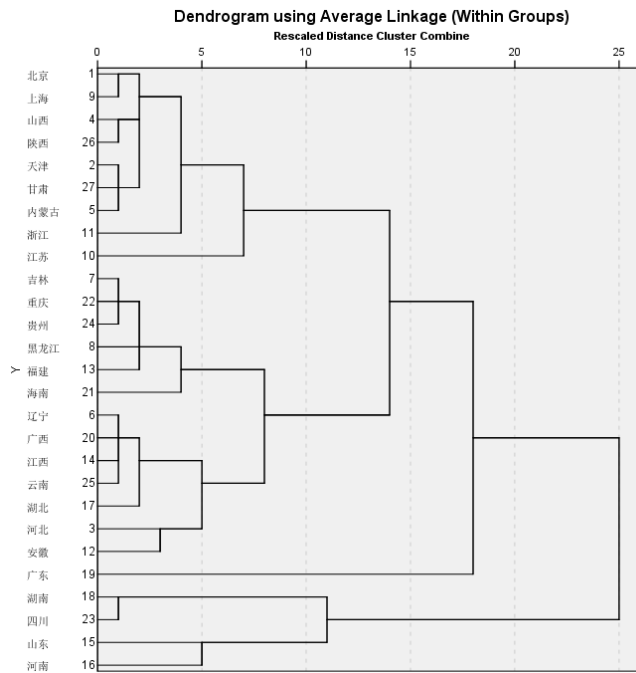


图 7 聚类结果谱系图

由聚类结果谱系图，可以分为 6 类，即：

第一类：北京、上海、山西、陕西、天津、甘肃、内蒙古、浙江、江苏。这些省份的明显特征是自给率低、产量低。该类省份自给率很低，排名均处最后几位。供需差值（产量-需求量）在全国基本上也是最低的几个省份，需要从其他省份供应猪肉才能够满足需求。猪肉产量均很低（只有江苏省的猪肉产量处于中等水平），未来三年的平均产量增速也很低。需求量均处于中下位置（只有江苏和浙江处于中上位置），未来三年的平均需求增速处于中等水平。该类省份主要受到人口密度和经济发展（北京、上海、天津、浙江、江苏）、气候和地理环境（山西、陕西、甘肃、内蒙古）等因素的制约，猪肉产量很低，需要从外省输入猪肉以满足其需求，要充分规划好其猪肉供给来源。特别是北京和上海，自给率分别只有 0.17 和 0.24，绝大部分需求要靠外省供给才能满足，而且北京、上海是全国最重要的政治、经济中心，要特别重点关注，保证其猪肉的稳定供给。

第二类：重庆、吉林、贵州、黑龙江、福建、海南。该类省份供需量较低、供需增速较低、基本上能够实现供需平衡。产量处于中等及中下位置，未来三年的平均产量增速也处于中等及中下位置。需求量处于中下位置，未来三年的需求增速较低。供需差值很小，供需差值和自给率均处于中等位置，基本上能够实现供需平衡。对该类省份，要做好其生猪养殖的良性发展，提高其生猪养殖的现代化和规模化水平。

第三类：辽宁、广西、江西、云南、湖北、河北、安徽。该类省份猪肉产量较大、产量增速较快，而且产量大于需求量，为较大的猪肉输出省份。猪肉产量和产量增速均处于中上位置。需求量及需求增速均处于中等或中上位置。供需差值均为正值，产量大于需求量，而

且值较大，供需差值处于中上位置（只有河北为-29.64，产量稍微小于需求量）。自给率大于1（只有河北自给率为0.91），辽宁、广西、江西、云南、湖北均处于中上位置，安徽处于中等位置。该类省份为主要的猪肉输出省份，目前均为经济发展水平相对较低的省份，对其生猪养殖业要给与重点扶持，提高生猪养殖的现代化和规模化水平，保证其猪肉养殖业的健康发展。

第四类：湖南、四川。湖南和四川的猪肉产量非常大，产量增速也很快，需求量和需求增速处于中上位置，供需差值和自给率排名分别为2、1和1、2，为最主要的猪肉输出大省。在生猪养殖技术、政策等方面，要给与重点支持；在饲料供应方面，要给与充分保证；在猪病防控方面，要给与高度关注，重点防控。

第五类：河南、山东。河南和山东的产量很大（排名2、4），产量增速非常快（排名1、2），需求量和需求增速也很大（排名均为3、2），而供需差值方面，河南为87.51（排名4），山东基本上供需平衡。河南、山东处于华北平原地区，气候适合发展生猪养殖；适宜种植玉米、小麦等粮食作物，产量较大，而且距离全国玉米主产区东北地区较近，为生猪养殖提供了饲料保证。河南、山东周边省份多为猪肉供不应求省份（例如：北京、天津、江苏等），从减少猪肉流通距离的角度，需要在河南、山东发展生猪养殖业。

第六类：广东。广东产量和产量增速处于中上位置，但是需求和需求增速均为最大的省份，供需差值最小（-172.04），为最大的猪肉输入省。自给率为0.63，处于中下位置，但其需求量大，需要从外省大量输入猪肉，要充分保证其供应来源。由于广东经济发达、人口密度大、天气炎热等原因，不利于生猪养殖和猪病防控，可以适当控制其猪肉养殖业发展，在其周边省份（例如：广西、湖南、江西、福建等）大力发展生猪养殖。

6 结论和建议

本文对我国各省的猪肉产量和需求量进行了建模，通过模型对各省猪肉产量和需求量预测，在此基础上对供需评价指标进行聚类分析。通过研究，得到以下几点结论：

（1）未来几年各省猪肉产量和需求量将会持续增长

产量方面，由于生猪养殖技术的进步、猪肉价格上涨带来更大的利润空间以及政府对生猪养殖实行补贴政策鼓励其发展等原因，各省猪肉产量均在增长。虽然在人口密集、经济发达省份（如：北京、上海、天津）限制生猪养殖规模，但由于养殖技术和效率的提高，其猪肉产量略微有所增长。其余省份产量均有明显增长趋势，特别是河南、山东、湖南、四川等省份猪肉产量增速非常快，江西、广东、云南、河北、辽宁、安徽、福建、广西等省份猪肉产量增速较快。随着生猪养殖技术的进步，生猪产地的布局正在由自然性布局向经济性布局转变，华中地区、西南地区的猪肉产量规模大、增长速度快，而东南地区的猪肉产量增加速度较慢。需求量方面，由于受到我国各省人口规模不断增长、人们生活水平不断提高、城镇化进程不断加快等因素的影响，我国各省的猪肉需求量均有明显增长趋势，特别是广东、山东、河南、江苏、河北等省份猪肉需求量增速非常快。

（2）做好区域性的猪肉供需平衡

如果以各省会之间的距离近似为省与省之间的距离，根据2015年猪肉供需差值，把该问题转化成运输问题进行求解，求解结果表明，北京、天津、河北的猪肉外省主要由东北地区和河南进行供应；其余北方省份（山西、陕西、内蒙、甘肃）的猪肉外省主要靠西南地区的四川、重庆等省份供应；江苏、浙江、上海的猪肉外省主要靠华中的湖南、湖北、安徽、江西进行供应；广东的猪肉主要靠华中和西南地区的省份供应。但是在实际的供需调配过程中，很多不合理的长距离调配依然存在。各个省份由于经济发展水平、气候和地理环境、人口密度等因素的影响，发展生猪养殖的适宜性不同。生猪或者猪肉流通成本较高，为了节约生猪流通成本，对于供不应求的省份，具备生猪养殖条件的，可以优先扶持其生猪养殖业发

展,在此基础上,规划好区域性的猪肉供需平衡,减少远距离调配。例如,北方许多省份猪肉供不应求,而且由于自然条件限制不适宜养猪业发展,可以大力扶持其周边的河南、山东、辽宁等省份发展生猪养殖业;华东地区和东南地区的猪肉需求可以通过大力发展华中地区和西南地区的生猪养殖来进行供应。

(3) 做好重点省份的猪肉供需保障

生猪养殖大省或者猪肉需求大省,是猪肉输入或输出量较大的省份,要给予重点关注。对于生猪养殖大省,包括四川、湖南、云南、河南、湖北、江西、广西、辽宁、山东、广东等省份,要充分保证其生猪养殖的支持工作,包括粮食(主要是玉米)供应、补贴政策、技术支持、猪病控防等。对于猪肉输入大省(供需差值小或自给率低),包括北京、上海、广东、浙江、江苏等省份,需要从其它省份输入大量猪肉,要保证其猪肉供应来源,以满足其猪肉消费需求。

参考文献

- [1] Wang H H, Zhang R W, Ortega D L. Chinese food safety situation in a globalized world market [J]. *Journal of Chinese Economics*, 2013, 1(1): 114-124.
- [2] 梁小珍, 刘秀丽, 杨丰梅. 考虑资源环境约束的我国区域生猪养殖业综合生产能力评价[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(9): 2263-2270.
Liang X Z, Liu X L, Yang F M. Evaluation of regional comprehensive production capacity of hog industry in China considered the constraints of resources and environment [J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2013, 33(9): 2263-2270.
- [3] Gale F, Marti D, Hu D. China's volatile pork industry [J]. *Situation & Outlook Report Rice*, 2012(2): 1-30.
- [4] 谭莹. 中国猪肉市场总供给波动及影响因素的实证分析[J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2010(3): 24-29.
Tan Y. An empirical analysis on the volatility of aggregate pork supply and its influencing factors [J]. *Journal of Hua zhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2010(3): 24-29.
- [5] 孙秀玲, 吴学兵, 乔娟. 基于 Nerlove 模型的我国猪肉供给反应研究[J]. *经济问题*, 2014(8): 109-112.
Sun X L, Wu X B, Qiao J. Study on supply response of pork in China based on Nerlove model [J]. *On Economic Problems*, 2014(8): 109-112.
- [6] Li Y, Liu F, Li B. An improved system dynamics model for forecasting China's animal product demand [J]. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2012, 10(1): 123-127.
- [7] 马福玉, 余乐安. 基于神经网络的我国猪肉年度消费量预测研究[J]. *系统科学与数学*, 2013, 33(1): 67-75.
Ma F Y, Yu L A. Prediction study on pork annual consumption demand in China based on neural networks [J]. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2013, 33(1): 67-75.
- [8] 郑莉, 段冬梅, 陆凤彬, 等. 我国猪肉消费量集成预测——基于 ARIMA、VAR 和 VEC 模型的实证[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(4): 918-925.
Zheng L, Duan D M, Lu F B, et al. Integration forecast of Chinese pork consumption demand — Empirical based on ARIMA、VAR and VEC models [J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2013, 33(4): 918-925.
- [9] 张超, 万飞, 许伟, 等. 基于一种新的分解-集成模型的我国猪肉年度需求量预测研究

- [J]. 系统科学与数学, 2013, 33(01): 76-88.
- Zhang C, Wang F, Xu W, et al. Annual pork demand prediction based on a novel dividing-combination model [J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2013, 33(01): 76-88.
- [10] Rodríguez S V, Plà L M, Faulin J. New opportunities in operations research to improve pork supply chain efficiency [J]. Annals of Operations Research, 2014, 219(1): 5-23.
- [11] Keating B A, Herrero M, Carberry P S, et al. Food wedges: Framing the global food demand and supply challenge towards 2050 [J]. Global Food Security, 2014, 3(3): 125-132.
- [12] 胡向东, 王明利, 石自忠. 基于市场模型的中国猪肉供需分析[J]. 中国农村经济, 2015(4): 14-28.
- Hu X D, Wang M L, Shi Z Z. Analysis on supply and demand of pork in China based on market model [J]. Chinese Rural Economy, 2015(4): 14-28.
- [13] Persio L D, Frigo M. Gibbs sampling approach to regime switching analysis of financial time series [J]. Journal of Computational & Applied Mathematics, 2016, 300: 43-55.
- [14] Javid M, Qayyum A. Electricity consumption-GDP nexus in Pakistan: A structural time series analysis [J]. Energy, 2014, 64(1): 811-817.
- [15] 侯成琪, 徐绪松. 计量经济学方法之时间序列分析[J]. 技术经济, 2010, 29(8): 51-57.
- Hou C Q, Xu X S. Econometric method: time series analysis [J]. Technology Economics, 2010, 29(8): 51-57.
- [16] Ho S L, Xie M, Goh T N. A comparative study of neural network and Box-Jenkins ARIMA modeling in time series prediction [J]. Computers & Industrial Engineering, 2002, 42(2): 371-375.
- [17] Adhikari R. A mutual association based nonlinear ensemble mechanism for time series forecasting [J]. Applied Intelligence, 2015, 43(2): 233-250.