

基于 VAR 模型的鄯善绿洲葡萄种植区的 时空分布模拟及预测

陈孟禹¹, 贾翔^{2,3}, 陈蜀江^{2,3}, 闫志明⁴, 赵彩凤^{2,3}, 黄铁成^{2,3}

(1. 苏州科技大学外国语学院, 江苏 苏州 215009; 2. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054;
3. 乌鲁木齐空间遥感应用研究所, 新疆 乌鲁木齐 830054; 4. 新疆农业大学管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 借助遥感技术对多时相遥感影像进行信息提取分析, 结合野外调查、统计资料等研究新疆鄯善绿洲葡萄种植区的时空分布格局与农作物用地的 VAR 模型关系, 模拟和预测鄯善绿洲葡萄种植区的发展趋势。结果表明: 1990—2000 年葡萄种植面积增速较快, 增长率高达 121.18%, 2000—2013 年增速减缓, 增长率仅为 20.81%; 葡萄种植面积呈现南少北多的现象, 其中山南地区在全县占比为 31.34%; 1990—2013 年间葡萄在农作物用地中占比由 17.02% 增至 29.52%, 鄯善绿洲农业种植结构日趋平衡; VAR 模型显示 2014—2023 年的葡萄种植面积及农作物用地面积均以较稳定比例扩张, 未来鄯善县应加大葡萄产业转型升级, 进一步提高核心竞争力, 创造更高的绿色 GDP。

关键词: 葡萄种植区; 土地利用; 鄯善绿洲; VAR 模型; 预测

中图分类号: S663.1; S601.9 **文献标志码:** A

Simulation and prediction of the temporal-spatial distributions of grape growing areas based on the VAR model in Shanshan Oasis

CHEN Meng-yu¹, JIA Xiang^{2,3}, CHEN Shu-jiang^{2,3}, YAN Zhi-ming⁴, ZHAO Cai-feng^{2,3}, HUANG Tie-cheng^{2,3}

(1. College of Foreign Languages, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou, Jiangsu 215009, China;
2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China;
3. Urumqi Institute of Spatial Remote Sensing Applications, Urumqi, Xinjiang 830054, China;
4. Management College, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: Extracted and analysed long phase information from multitemporal remote sensing images based on RS, combined with field investigation and statistical data, the VAR model between the spatial and temporal field investigation, statistics analysis distribution pattern of the grape planting area and crop land in Shanshan were studied, then to simulate and forecast the development trend of the Shanshan oasis grape growing area. The results showed that: The growth speed of grape planting area was relatively quick from 1990 to 2000, the growth rate was as high as 121.18%, but it slowed down from 2000 to 2013, the growth rate was only 20.81%; the grape growing areas showed a trend of less distribution in south and more in north, the southern area in the county accounted for 31.34%; the proportion of grape growing area in the field of agricultural crops increased from 17.02% to 29.52% from 1990 to 2013, the growing structure of agriculture in Shanshan Oasis is becoming more and more balanced; the VAR model showed that the grape growing area and crop land keep in a relatively stable expansion proportion of area scale from 2014—2023. Shanshan Couty should increase the transformation and upgrading of grape industry in the future, and further improve the core compebitiveness and create a higher green GDP.

Keywords: grape growing area; land use; Shanshan Oasis; VAR; prediction

中国作为传统农业大国,耕地面积及其空间分布反映了农业生产资源的现状,对分析粮食区域平衡、调整农业结构、预测农业资源综合生产力与人口承载力具有重要参考价值^[1]。国家统计局农业普查制度和层层上报及抽样方法是获取农作物种植面积的传统途径^[2]。随着经济的快速发展以及产业结构的不断调整升级,农业种植区向高技术水平、集约化、规模化的方向发展。由于农作物具有时间效应的规律性特点,在农业研究中借助遥感手段进行作物信息提取及分类已日趋广泛^[3-5],林芬等^[6]通过

主成分分析、监督及非监督分类结合的方法提取 ETM+ 遥感影像的冬小麦信息并估测冬小麦长势, 玉苏普江·艾麦提等^[7]以 2012 年的 HJ 卫星 CCD 影像为数据源通过物候历和主要农作物的光谱特征分析确定库、新、沙三县棉花识别最佳时相。

VAR 模型由 Litterman、Sargent 和 Sims 等人在 1980 年后提出, 主要用于替代联立方程结构模型^[8], 人类借助 VAR 模型在经济、社会发展等方面的研究已取得了一定成果, Karunaratne^[9] 基于 1968—1996 年澳大利亚工业分类数据建立 VAR 模型评估了澳大利亚产业援助机制的改变对澳大利亚经济效益产生的影响; 王金媛等^[10] 利用 1992—2013 年的经济数据运用 VAR 自回归模型对黑龙江省县域金融发展与经济增长关系进行了实证研究。VAR 模型作为用非结构性方法建立各变量间关系的多方程模型, 能够很好的阐明两个变量之间的相互影响关系, 其在农业发展预测应用方面尚未见公开报道。

本研究选择具有代表性的新疆吐鲁番地区鄯善绿洲为研究区, 借助遥感技术, 基于多时相遥感影像分析鄯善绿洲葡萄种植区的时空分布格局及其土地利用, 运用 VAR 模型研究“一带一路”背景下的古丝绸之路之路上富有特色的葡萄种植与土地利用空间分布及动态变化的响应关系, 模拟和预测葡萄种植区的发展趋势, 对于揭示鄯善绿洲农业种植结构演变的机理, 预测和调控其未来发展具有重要意义。

1 研究概况

鄯善绿洲(鄯善县)位于新疆吐鲁番盆地东部, 三面环山, 临近世界海平面最低点—艾丁湖, 西北距乌鲁木齐市 287 km, 东距哈密市 324 km^[11]。该区域总面积 $3.98 \times 10^4 \text{ km}^2$, 总人口 22.95×10^4 ; 年平均气温为 $5.7^\circ\text{C} \sim 14.4^\circ\text{C}$, 夏季最高温可达 48°C , 冬季最低温可至 -29.9°C , 属温带大陆型气候, 昼夜温差大, 光照充足, 无霜期长^[12]; 全年降水量约 $4.5 \sim 5.5 \times 10^8 \text{ m}^3$, 有二唐沟河、柯柯亚河、坎儿其河三大水系, 农业种植区中多为灌耕土, 有机质含量一般在 16% 以上, 氮、磷含量分别为 0.08% 和 0.07%, 由于种植历史较长, 土壤熟化性好, 适宜种植棉花、粮食、葡萄

和甜瓜等作物, 且产量较高^[13]。2015 年鄯善县生产总值达 140.54 亿元, 其中以葡萄、棉花和瓜果为主的种植业达 5.93 亿元, 是全国水果百强县之一。近年来通过土地开发, 非农业用地中的棕漠土形成了灌溉棕漠土, 适宜种植葡萄、甜瓜等作物。

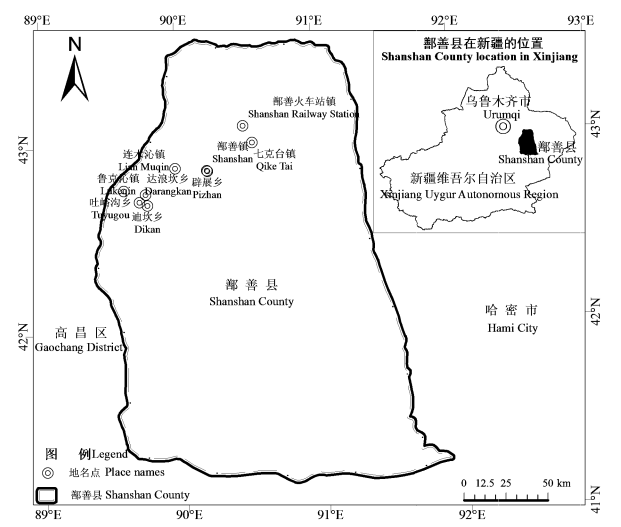


图 1 研究区位置
Fig.1 Location of Shanshan Oasis

近年来, 鄯善县农业产业结构随着农业产业结构的大力调整趋于合理。截至 2013 年, 鄯善县播种农作物面积 245.12 km^2 , 其中葡萄 125.33 km^2 、棉花 70.73 km^2 、哈密瓜 33.33 km^2 、西瓜 7.33 km^2 、其它 8.40 km^2 。

1) 葡萄: 起源于温带, 属于喜温作物, 抵抗寒冷天气方面表现较弱, 所以在冬季的时候为使它能够安全越冬, 温度较低地区需对葡萄采取埋土御冷的措施, 在我国一般认为冬季的绝对最低温等温线 -17°C 是葡萄在冬季是需埋土防寒越冬或是露地即可越冬的分水岭^[14], 葡萄需要埋土防寒才能安全越冬, 俗称埋墩(图 2)。鄯善绿洲即属于上述等温线以北地区, 在该区域内埋墩一般于每年的 10 月下旬进行, 11 月中旬以前完成。开墩出土在早春土壤解冻后进行, 时间在 3 月中下旬, 日平均气温稳定在 $6^\circ\text{C} \sim 11^\circ\text{C}$ 时即可开墩出土。



图 2 葡萄埋墩过程
Fig.2 Buried process of grapes

因葡萄所具备的这一特性,本研究所选择的影像时相包括四月上旬,此时其它作物还处于播种时期而在遥感影像上几乎无植被信息时,葡萄已能明显识别出。

2) 棉花:在 4 月 10 日—5 月 10 日之间播种,包括播种出苗期(播种至出苗,8~15 d)、苗期(出苗至现蕾,40~50 d)、蕾期(现蕾至开花,25~30 d)、花铃期(开花至吐絮的时期,50~70 d)、吐絮期(始絮至终絮,70 d 左右)。

3) 哈密瓜:在 4 月 20 日前后播种;播种后 5~7 天即可出苗,出苗 3 天之内应立即查苗补种。

4) 西瓜:2 月下旬—3 月中旬定植,其生长发育周期可分发芽期(播种至发芽,10 d 左右)、幼苗期(25~30 d)、伸蔓期(18~20 d 左右)、结果期(28~40 d)四个时期。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究主要利用了以下数据:

(1) Landsat 遥感影像:选取美国地质调查局(USGS)的 1990 年 4 月 6 日、1990 年 8 月 18 日、1995 年 4 月 7 日、1995 年 8 月 18 日 TM 影像以及 2000 年 4 月 2 日、2000 年 8 月 18 日、2005 年 4 月 5 日、2005 年 8 月 19 日的 ETM 影像,用于提取 1990、1995、2000、2005 年的葡萄种植区及土地利用分布空间格局;

(2) Google Earth 影像:选取 2005 年 4 月 16 日、2010 年 4 月 22 日、2010 年 8 月 17 日、2013 年 4 月 20 日的 GE 数据,影像分辨率最高可达 0.61 m,能很好的辨别植被类型,用于分类后检验修改错分数据和精度评价;

(3) HJ-1A/1B 卫星数据:选取环境保护部卫星环境应用中心的 2010 年 4 月 13 日、2010 年 8 月 6 日、2010 年 8 月 24 日、2013 年 4 月 11 日、2013 年 8 月 1 日的 HJ-1A/1B 卫星数据,空间分辨率均为 30 m,用于提取 2010、2013 年的葡萄种植区及土地利用分布空间格局;

(4) 其它:DEM 数据(空间分辨率为 90 m,来源于地理空间数据云的 SRTM3 V4.1 版本)、中国行政基础地理数据、森林资源二类调查数据以及野外调查数据等。

2.2 数据分析与处理

借助 ENVI 软件对 Landsat 和 HJ-1A/1B 遥感影像进行大气校正(Atmosphere Correction)、几何校正(Geometric Correction)、图像融合(Image Fusion)、图像

镶嵌(Image Mosaic)、裁剪(Subset)等预处理,数据输出的格式为 Geotiff,投影为 UTM。

2.2.1 鄯善绿洲 1990—2013 年土地利用现状分类结合 2007 年国家出台的《土地利用现状分类》及研究需要,借助 ENVI 软件,采用监督分类法中的最大似然法将经预处理得到的 6 期夏季 8 月份遥感影像的地物划分为 6 类,包括林地、草地、农作物用地、水域、工矿居民用地、未利用地,其中:农作物用地包括棉花、葡萄、哈密瓜、西瓜,未利用地包括植被覆盖度较低的稀疏林、稀疏灌木林、稀疏草地、裸岩、裸土、沙漠/沙地、盐碱地以及冰川/永久积雪。然后建立精度评估误差矩阵,从而对分类结果进行精度评价,总正确率达到 87%,能够满足研究需要。

2.2.2 鄯善绿洲 1990—2013 年葡萄种植区提取 NDVI(归一化植被指数)是反映农作物长势的重要参数之一,实地调查对比发现葡萄与其它作物年内 NDVI 曲线变化基本一致,冬季的 12 月—2 月曲线走势差别较小,这是由于冬季葡萄为防寒已经进行了埋土处理,其它作物也不再覆盖地表;而从 3 月—6 月曲线差距较为明显。3 月初,葡萄种植区的 NDVI 值与其它作物仍基本无差别,到了 3 月下旬,葡萄 NDVI 曲线陡然上升至 0.2 以上,而其它作物仍维持在 0.1 左右,这是由于此时间段内葡萄已经开墩出土并在植被指数上有所体现,但因为此时葡萄叶片并未完全长出,故 NDVI 值只是相较其它作物有所增大,与此同期其它作物仍处于播种阶段,故在 1 月—3 月 NDVI 曲线较为平缓,值无大的变化。

因此可以利用 4 月初葡萄 NDVI 值大于其它农作物的特点从土地利用分类后的农作物用地图层提取葡萄种植区。

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \tag{1}$$

借助 ENVI 软件,首先将预处理得到的春季 4 月份遥感影像根据(式 1)进行波段运算,得到研究区 6 期 NDVI 分布;其次借助决策树分类工具,确定阈值为 $NDVI \geq 0.2$ 来提取葡萄、林地、草地区域;最后利用 ArcGIS 软件将土地利用分类得到的农作物用地与决策树分类所得到的葡萄、林地、草地区域进行叠加,其重叠区域即为葡萄种植区(图 3)。

借助 Google Earth 高分辨率影像采用分层随机采样方法对葡萄种植区提取结果进行精度评价。采用简单的分类正确样本数与总体样本数的百分比作为精度高低的评价指标,样本容量由 Fitzpatrick-Lins 建议的二项式概率理论计算得到^[15]。经过计算,提取精度均大于 85%,能够满足研究要求(表 1)。

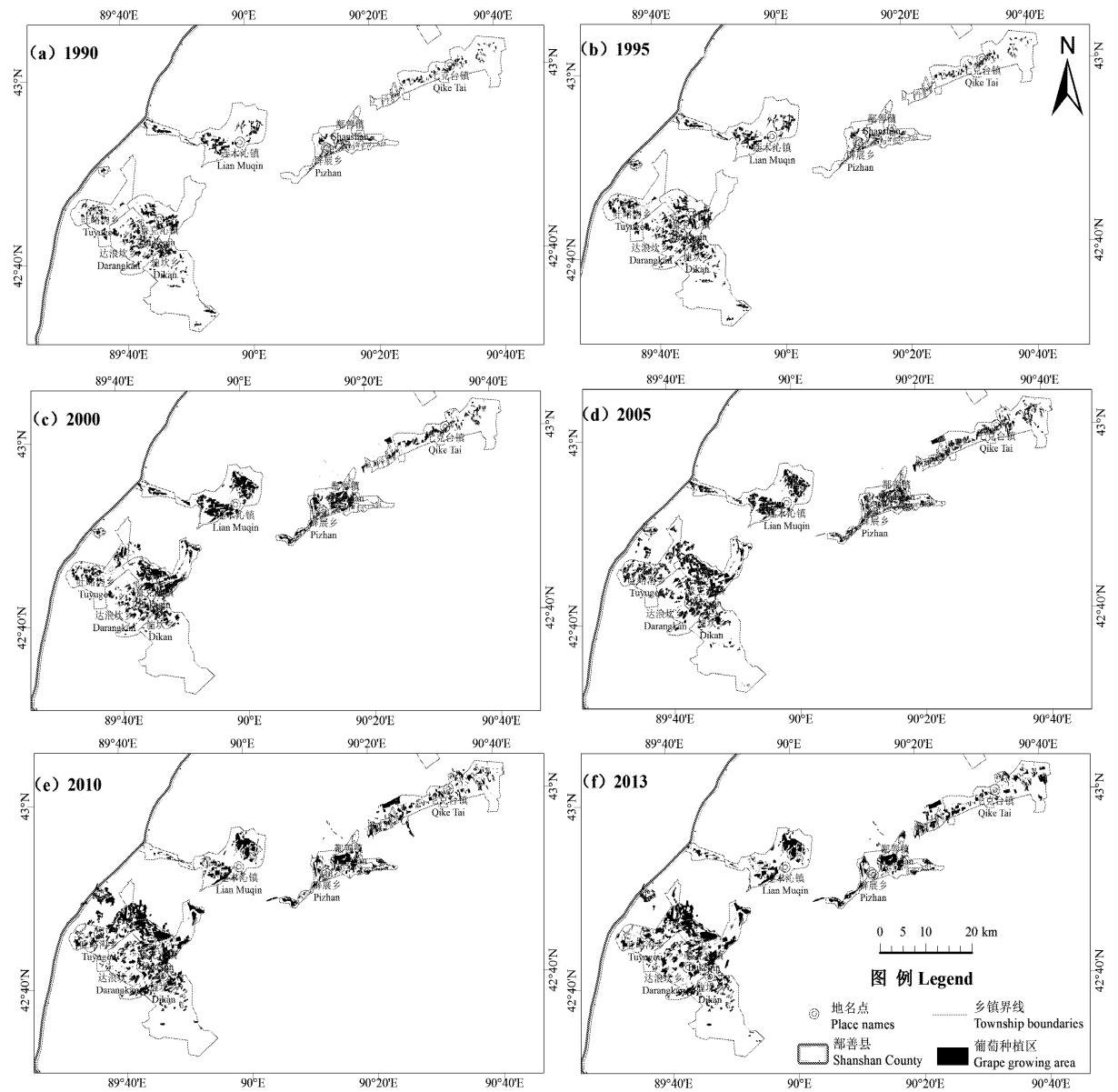


图 3 1990—2013 年葡萄种植区分布
Fig.3 Grape growing area of 1990 to 2013

3 结果与分析

3.1 葡萄与农作物用地的时空分布

3.1.1 葡萄种植区的空间分布格局 由葡萄种植区提取结果(图 3)统计得到 1990—2013 年鄯善县各乡镇葡萄种植面积(表 2)。

1990—2013 年各乡镇葡萄种植面积差异较大。2013 年各乡镇中葡萄种植面积最大的是连木沁镇,占鄯善葡萄总种植面积的 23.39%,其次分别为七克台镇、鲁克沁镇、鄯善镇、辟展乡、达浪坎乡、东巴扎回族乡、迪坎乡、吐峪沟乡,比例依次为:17.40%、16.13%、10.06%、8.34%、7.43%、6.65%、5.43%、4.63%。2013 年火焰山南部艾丁湖盆地区(吐峪沟

乡、鲁克沁镇、达浪坎乡和迪坎乡)葡萄种植面积达 41.12 km²,占全县葡萄种植面积的 31.34%。

表 1 1990—2013 年遥感分类结果精度评价

Table 1 Accuracy assessment of classification from 1990 to 2013

年份 Year	样本数 Number of samples	错分样本 Misclassify the sample	正确样本 Correct sample	总精度 Total accuracy/%
1990	271	28	243	89.67
1995	271	29	242	89.30
2000	271	31	240	88.56
2005	271	39	232	85.61
2010	271	30	241	88.93
2013	271	24	247	91.14

表 2 1990—2013 年各乡镇葡萄种植面积/km²
Table 2 The grape acreage in the township from 1990 to 2013

乡镇 Township	1990	1995	2000	2005	2010	2013
七克台镇 Qiketai	8.40	8.42	17.80	19.23	21.22	22.83
鲁克沁镇 Lukeqin	7.47	7.28	15.42	15.70	18.53	21.17
鄯善镇 Shanshan	5.58	5.63	12.67	12.56	13.02	13.90
连木沁镇 Lianmuqin	12.23	12.56	27.05	28.05	30.27	30.68
吐峪沟乡 Tuyugou	2.08	2.10	4.70	5.17	5.55	6.07
达浪坎乡 Darangkan	3.75	3.67	8.77	8.46	9.67	9.75
迪坎乡 Dikan	2.53	2.77	5.73	6.86	6.36	7.13
东巴扎回族乡 Dongbazha	2.97	3.33	7.41	8.57	8.21	8.72
辟展乡 Pizhan	4.09	4.34	9.06	9.21	10.29	10.94

由于高程对温度和热量的变化有着直接的影响,进而影响葡萄种植分布。将 DEM 数据与葡萄种植区进行叠加分析,得到各高程带内的葡萄种植区空间分布特征(表 3)。

表 3 葡萄种植面积随高程的变化
Table 3 Grapes spatial elevation grading

高程分级 Elevation level/m	面积 Area/km ²	比例 Proportion/%
< 0	39.28	29.94
0 ~ 100	3.81	2.90
100 ~ 200	0.42	0.32
200 ~ 300	11.45	8.73
300 ~ 400	36.21	27.60
400 ~ 500	28.61	21.81
500 ~ 600	11.41	8.70

通常情况下,高程越高,温度和热量相对越低,故作物的物候期会推迟,果实的成熟期也会相应推后,这使得果实糖分的积累增加,增强了葡萄的口感,但由于葡萄是喜温性作物,海拔过高反而不利于葡萄生长^[16]。研究区葡萄种植区主要集中于高程 300 ~ 500 m,种植面积为 64.82 km²,在总面积中所

占比重达到 49.41%。低于海平面以下区域的葡萄种植面积为 39.28 km²,占总种植面积的 29.94%(表 3)。鄯善作为我国葡萄干的主要产区,其葡萄晾房主要分布于高程 300 ~ 600 m,主要考虑到通风且减少周围绿洲水分对其的影响,从而提高葡萄干的品质^[12]。由此可知,葡萄晾房的分布也间接影响了葡萄种植区域的分布。

3.1.2 葡萄种植区的动态变化 总体上,1990—2013 年鄯善县的葡萄种植面积不断增大,其中 1990—2000 年增长了 59.50 km²,增长率高达 121.18%,增长速度较快;自 2000 年后增速逐渐减缓,2013 年葡萄种植面积较 2000 年增加了 22.60 km²,增长率为 20.81%。

按行政区划分,1990—2013 年葡萄种植面积在鄯善各乡镇均呈现增加趋势,但增加的速度各不相同(表 4),其中:葡萄种植大镇连木沁镇在葡萄面积扩张方面一直处于遥遥领先的地位,其次是七克台镇和鲁克沁镇;各乡镇中葡萄扩张速度最为缓慢的是吐峪沟乡和迪坎乡,1990—2000 年扩张速度较快,之后增加幅度较小,其它乡镇变化趋势与之类似。

按地理单元划分(图 3),1990—2013 年间葡萄种

表 4 1990—2013 年各乡镇葡萄种植面积变化量/km²
Table 4 Variation in grape acreage of the township from 1990 to 2013

乡镇 Township	1990—1995	1995—2000	2000—2005	2005—2010	2010—2013	1990—2013
七克台镇 Qiketai	0.02	9.38	1.43	1.99	1.61	14.43
鲁克沁镇 Lukeqin	-0.19	8.14	0.28	2.83	2.64	13.69
鄯善镇 Shanshan	0.05	7.04	-0.11	0.46	0.89	8.33
连木沁镇 Lianmuqin	0.33	14.49	1.00	2.23	0.41	18.45
吐峪沟乡 Tuyugou	0.02	2.60	0.48	0.38	0.52	4.00
达浪坎乡 Darangkan	-0.08	5.10	-0.31	1.21	0.08	6.00
迪坎乡 Dikan	0.24	2.96	1.13	-0.51	0.77	4.60
东巴扎回族乡 Dongbazha	0.37	4.08	1.16	-0.36	0.52	5.76
辟展乡 Pizhan	0.24	4.72	0.15	1.08	0.65	6.85

植面积的扩张速度山北天山冲击平原区大于山南艾丁湖盆地区,山北天山冲击平原区在此期间葡萄面积增加量为 53.81 km²,山南艾丁湖盆地区为 28.29 km²。但从二者占葡萄种植总面积的比重来看,山北天山冲击平原区由 1990 年的 67.76% 降至 2013 年的 66.37%,而山南艾丁湖盆地区自 1990 年的 32.24%

增至 2013 年的 33.63%。由此可看出葡萄种植正由火焰山以北向火焰山以南地区扩张,主要是由于火焰山以南地势较为平坦,更适宜人类生产生活。

3.1.3 农作物用地的时空分布格局 农作物用地在 1990—2013 年间逐年扩张,与各地类总体变化方向一致,均呈现由北逐步向南扩张的趋势(表 5)。

表 5 1990—2013 年农作物用地面积及其在鄯善绿洲中所占比重与变化

Table 5 Crop land area and it's proportion and change in Shanshan Oasis from 1990 to 2013

指标 Index	1990	1995	2000	2005	2010	2013
农作物用地面积 Crop land area/km ²	288.40	292.29	348.33	391.24	413.51	435.72
比重 Proportion/%	0.73	0.74	0.88	0.99	1.05	1.10
面积变化量 Area change/km ²	3.89	56.04	42.91	22.27	22.21	—
比重变化量 Proportion change/%	0.01	0.14	0.11	0.06	0.06	—

注:比重为农作物用地占鄯善绿洲面积比重,下同。

Note: The proportion stands for the percentage of crop land area in Shanshan Oasis area, the same below.

1990—2013 年间,农作物用地面积变化量及其在鄯善绿洲的比重保持同步增长趋势(表 5),农作物用地面积变化量和比重变化量均在 1995—2000 年间达到最大,这与葡萄种植面积的变化趋势(表 4)基本一致。2000—2005 年农作物用地扩张速度虽有所下降,但下降幅度不大,面积增加量和比重变化量分别达到 42.91 km² 和 0.11%;2005—2013 年,农作物用地扩张速度趋于稳定,面积变化量基本维持在 1.1 km²·a⁻¹,其在鄯善绿洲的比重变化量也同样维持平稳状态。农作物用地在此变化过程中所呈现的特点也说明了其在鄯善绿洲发展中通过不断调整最终寻得了适应发展与其它各地类平衡的状态。

3.2 葡萄种植区与农作物用地面积的 VAR 模型

VAR 模型是基于数据的统计性质建立模型,把系统中每个内生变量作为所有内生变量的滞后值的函数来构造模型,从而将单变量自回归模型推广到由“向量”自回归模型^[17-18]。VAR 模型得到的是内生变量之间相互作用的关系模型,在本研究中即为葡萄种植面积和土地利用两者之间相互作用的关系。根据模型结构,可以得到两个变量短期的相互

影响关系,即滞后项的系数。而在构造模型之前需要进行的协整检验,得到的两个变量存在协整关系,也说明了该模型可以表示两个变量之间存在长期均衡关系。葡萄面积和土地利用这两个变量并不是单向影响,而是相互产生作用相互制约的,其不仅存在短期的关系,同时存在长期的相互影响关系,故采用 VAR 模型对这两个变量进行研究。

3.2.1 单位根检验 由于大多数时间序列都是非平稳的,故在对时间序列进行建模前,首先要检验序列的平稳性^[19],本研究使用最常用的 ADF 检验法对葡萄种植面积和绿洲面积之间的单位根检验(表 6)。

在水平单位根检验结果中 *P* 值均大于 0.05(表 6),意味着葡萄面积和绿洲面积两个变量均为不平稳序列,而一阶差分后单位根检验 *P* 值小于 0.05,说明葡萄面积和绿洲面积这两组变量在进行一阶差分之后的序列为平稳序列,即两个变量均为一阶单整。

3.2.2 VAR 模型定阶 本研究采用信息准则法对 VAR 模型^[17-18]进行定阶(表 7)。

表 6 葡萄种植面积和绿洲面积之间的单位根检验结果

Table 6 The test results of unit root between the grape growing area and oasis area

变量 Variable	1% 临界值 Critical value	5% 临界值 Critical value	10% 临界值 Critical value	ADF	<i>P</i>	是否平稳 Whether it is smooth
葡萄面积 Grape area	-3.831511	-3.02997	-2.655194	-1.161485	0.6682	非平稳 Non-smooth
D(葡萄面积 Grape area)	-3.886751	-3.052169	-2.666593	-4.563128	0.0026	平稳 Smooth
农作物用地面积 Crop land area	-3.831511	-3.02997	-2.655194	-0.422163	0.8865	非平稳 Non-smooth
D(农作物用地面积 Crop land area)	-3.831511	-3.02997	-2.655194	-8.629195	0.0000	平稳 Smooth

表 7 VAR 模型定阶结果
Table 7 VAR model order results

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	- 140.8826	NA	195808.30	17.86032	17.95689	17.86526
1	- 120.7947	32.642810*	26438.04	15.25448*	16.11905*	15.86417
2	- 115.0778	7.860685	22075.56*	15.63473	16.13759	15.65945
3	- 112.3121	3.111425	27995.46	15.78901	16.46503	15.82363
4	- 107.1137	4.548585	28549.42	15.63921	16.50838	15.68372
5	- 100.0359	4.423654	26944.31	15.75212	16.31679	15.30888*

定阶结果表明:AIC 和 SC 均为 1 阶最小,说明应该采用 1 阶建立 VAR 模型(表 7)。

3.2.3 VAR 模型建立 通过对模型建立前的平稳性检验及滞后阶数的确定,建立葡萄种植面积及绿洲面积之间的 VAR 模型(表 8)。

农作物用地面积与葡萄面积的 R 方分别为 0.900124、0.922676,拟合度非常高(表 8)。F 统计量分别为 76.60547、101.4269,远远大于 1% 显著水平的临界值,说明模型显著成立,且系数均通过了检验。农作物用地与葡萄面积滞后一阶的系数为正,说明滞后一期的农作物用地面积和与葡萄面积对当期具有正向影响。

根据以上结果建立葡萄种植面积与绿洲面积两者间的 VAR 模型(式 2):

表 8 VAR 模型参数估计结果

Table 8 The estimation results of VAR model parameter		
要素 Element	GD	PT
GD(- 1)	0.354365	0.016403
	- 0.25008	- 0.15132
	[- 2.41703]	[2.10840]
PT(- 1)	1.838164	0.932191
	- 0.35407	- 0.21424
	[5.19156]	[4.35118]
C	311.05	3.940793
	- 57.4395	- 34.7554
	[5.41526]	[0.11339]
R - squared	0.900124	0.922676
Adj. R - squared	0.888374	0.913579
Sum sq. resid	3831	1402.608
S.E. equation	15.01176	9.083301
F - statistic	76.60547	101.4269
Log likelihood	- 80.93026	- 70.88234
Akaike AIC	8.393026	7.388234
Schwarz SC	8.542386	7.537593
Mean dependent	348.0289	89.72
S.D. dependent	44.93126	30.89825

$$\begin{bmatrix} GD \\ PT \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 311.05 \\ 3.9408 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.3544 & 1.8382 \\ 0.0164 & 0.9322 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} GD \\ PT \end{bmatrix}_{t-1} \quad (2)$$

式中, GD 为农作物用地面积, PT 为葡萄种植面积, t 为年份。

3.2.4 模型检验 VAR 模型的平稳性检验结果显示,VAR 模型特征根均位于单位圆曲线内部(图 4),证明该模型为平稳系统,能够满足脉冲响应和预测方差分析的需要。

对 VAR 模型的格兰杰因果进行检验(表 9)。

P 值均小于 0.05(表 9),说明拒绝了葡萄面积和农作物用地面积不存在格兰杰因果关系的假设,即葡萄面积和农作物用地面积互为因果关系。

对 VAR 模型的协整关系进行检验(表 10)。

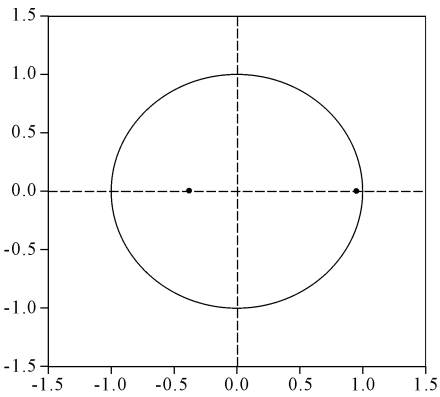


图 4 特征方程根

Fig.4 Inverse roots of AR characteristic polynomial

表 9 VAR 格兰杰因果检验结果

Table 9 VAR Granger causality/block exogeneity wald tests				
因变量 Dependent variable: GD				
排除 Excluded	Chi - sq	df	Prob.	
PT	26.95232	1	0.0000	
All	26.95232	1	0.0000	
因变量 Dependent variable: PT				
排除 Excluded	Chi - sq	df	Prob.	
GD	12.011751	1	0.0000	
All	12.011751	1	0.0000	

表 10 VAR 模型协整检验结果

Table 10 The test results of VAR model cointegration				
假设 Hypothesized No. of CE(s)	特征值 Eigenvalue	跟踪统计 Trace statistic	0.05 临界值 0.05 Critical value	Prob. * *
None	0.502266	13.727480	15.494710	0.00907
At most 1	0.024504	0.471366	3.841466	0.49240

对于不存在协整关系的假设, P 值为 0.00907, 小于 0.05, 说明拒绝该假设(表 10)。对于存在一个协整关系的假设, P 值为 0.4924, 大于 0.05, 说明接受该假设, 即葡萄种植面积和绿洲面积存在长期协整关系。

对 VAR 模型的残差进行检验(表 11)。

表 11 残差正态检验

Table 11 VAR residual normality tests			
组成 Component	Jarque – bera	df	Prob.
1	0.644623	2	0.7245
2	0.973990	2	0.8141
Joint	0.618620	4	0.7204

从输出的统计量检验值可知, P 值均大于 0.05, 说明接受原假设, 即残差是服从正态分布的。

对 VAR 模型的预测精度进行检验(表 12), 发现预测值与实际值相对误差较小, 均在 5% 以内。说明所建立的模型预测精度很好, 可以用于葡萄和农作物用地面积的预测。

表 12 葡萄与农作物用地面积预测值与实际值比较/ km^2

Table 12 The comparison between the predicted value and actual value of crop land area						
年份 Year	农作物用地面积 Crop land area			葡萄面积 Grape area		
	实际值 Actual value	预测值 Predictive value	相对误差 Relative error/%	实际值 Actual value	预测值 Predictive value	相对误差 Relative error/%
2011	381.13	395.0	- 3.64	126.5	129.5	- 2.32
2012	435.72	423.2	2.87	126.4	130.2	- 3.01
2013	477.72	465.3	2.60	128.6	132.6	- 3.11

3.2.5 模型预测 经以上验证, 该模型各参数检验及精度验证结果均较好, 可用于预测。预测期不宜设置过长, 因预测期越长, 累计误差越大^[20], 故为了更准确地预测葡萄及农作物用地面积, 选择预测期为 10 年, 得到预测结果(表 13)。

表 13 2014—2023 年葡萄和农作物用地面积及其比重预测
Table 13 Prediction of the grapes and crop land and its proportion from 2014 to 2023

年份 Year	农作物用地 面积预测值 Prediction of crop land area/ km^2	葡萄面积 预测值 Prediction of grape area/ km^2	比重 Proportion /%	比重变化 Change in specific gravity/%
2014	442.7	134.3	30.34	—
2015	450.6	137.6	30.54	0.20
2016	459.5	141.4	30.77	0.24
2017	465.4	144.3	31.01	0.23
2018	471.5	147.5	31.28	0.28
2019	479.7	151.5	31.58	0.30
2020	486.9	155.2	31.88	0.29
2021	495.6	159.3	32.14	0.27
2022	504.7	163.4	32.38	0.23
2023	512.8	167.2	32.61	0.23

注: 表中比重为葡萄种植面积占农作物用地面积比重, 比重变化为比重与上年相比变化值。

Note: The proportion stands for the percentage of grape growing area in the crop land area, the change in specific gravity stands for the proportion changes compared with the previous year.

预测结果显示: 2014—2023 间葡萄种植面积和农作物用地面积均保持逐步扩张趋势(表 13)。葡萄在农作物用地中所占的比重也随着其面积的增加而小幅度上升, 但其每年的比重变化值基本保持在 0.25% 左右, 即鄯善绿洲葡萄种植面积的变化趋势更加趋于稳定化, 其农业种植结构也在不断调整中寻得较好的平衡。

4 结 论

本研究借助遥感技术对多时相遥感影像进行信息提取, 在此基础上建立葡萄种植区和农作物用地面积的 VAR 模型, 进而模拟和预测葡萄种植区的发展趋势, 结论如下:

1) 葡萄种植面积不断增大。1990 年年葡萄种植面积仅为 49.1 km^2 , 而到 2000 年增长至 108.6 km^2 , 增长率高达 121.18%, 增长速度较快; 自 2000 年以后增长速度减缓, 2013 年葡萄种植面积较 2000 年增加了 22.60 km^2 , 增长率为 20.81%。2013 年山南地区葡萄种植面积达 41.12 km^2 , 占全县总数 31.34%, 葡萄种植区空间分布呈现南少北多趋势, 主要是由于山南一带气候干燥, 致蒸发量大于山北地区, 缺水比较严重, 而山北地区降水量相对丰富。

2) 鄯善绿洲 1990—2013 年间葡萄种植面积由 17.02% 增至 29.52%, 在 2000 年左右变化出现一个小波峰, 随后仍然继续增长。由此说明葡萄种植在鄯善绿洲发展过程中日趋稳定, 葡萄种植产业也日渐成熟, 也侧面表明鄯善绿洲农业种植结构在不断调整中寻得了平衡点。

3) 利用所建立的 VAR 模型对 2014—2023 年的葡萄种植面积及农作物用地面积进行预测, 发现此预测期内二者面积均以较稳定比例扩张。

4) 目前为止, 关于葡萄方面的研究, 大多学者侧重于葡萄种植及酿酒的技术、历史、文化的探讨或是大尺度地研究我国葡萄生产区域的布局变化, 少有人通过遥感手段来探索小区域内葡萄的空间分布及动态变化, 缺乏相关的经验以及完整的参考资料。相较于河南、山东等农业大省, 鄯善绿洲由于其地域特殊性, 农作物种类较为简单, 利用 4 月中旬左右的遥感影像提取葡萄分布信息较为合理, 研究结果可信, 但能否大范围推广尚待深入研究。

5) 因遥感影像的时相局限性, 导致本研究中所选取的遥感影像的时相比较为混乱, 只对 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2013 年这 6 期的影像数据进行了信息提取及分析, 数据的不连续性导致在分析葡萄种植面积与农作物用地的响应关系时也会有偏差, 未来研究工作中需进一步完善。

“一带一路”上的鄯善绿洲作为吐鲁番地区重要的生态安全屏障, 地理优势极为突出, 其生态文明建设不仅关系到当地的可持续发展, 还关系到整个吐鲁番地区的生态安全和可持续发展。鄯善绿洲凭借自然条件优越、市场需求广阔、产业基础较好的优势条件, 葡萄种植历史悠久, 其不仅是农业的主导产业, 也是农民增收的主要渠道。纵观国内市场, 发达省市葡萄种植面积和产量逐年上升, 葡萄酒消费市场日趋活跃, 葡萄产业的竞争日趋激烈, 未来鄯善县应实施葡萄优质化战略, 培育壮大龙头企业, 促进葡萄产业转型升级, 优化葡萄种植结构, 实施综合开发, 充分发挥葡萄产业链条长、关联度大的特点, 发展一批代表葡萄酒及相关产业发展较高水平的葡萄品种园、葡萄酒堡、葡萄庄园, 并在带动葡萄旅游产业一体化发展的同时, 改善鄯善县生态环境, 抢抓国家“一带一路”历史发展机遇, 积极打造“一带一路”上的战略支点和西部样板城市。

参考文献:

- [1] 卢必慧. 基于多指标体系的临安市土地资源承载力综合评价研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [2] 李 杨, 江 南, 侍 昊, 等. 基于 SPOT/VGT NDVI 的大区域农作物空间分布[J]. 农业工程学报, 2010, 36(12): 242-247, 430.
- [3] 唐华俊, 吴文斌, 杨 鹏, 等. 农作物空间格局遥感监测研究进展[J]. 中国农业科学, 2010, 43(14): 2879-2888.
- [4] 许宝泉, 梁长利, 舒 庆, 等. 基于 GIS 技术的祖厉河流域粮食产量及粮食安全分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(6): 265-269.
- [5] 史 舟, 梁宗正, 杨媛媛, 等. 农业遥感研究现状与展望[J]. 农业机械学报, 2015, 58(2): 247-260.
- [6] 林 芬, 赵庚星, 常春艳, 等. 基于相邻轨道图像的冬小麦面积提取及长势分析[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(4): 384-389.
- [7] 玉苏普江·艾麦提, 玉苏甫·买买提, 阿里木江·卡斯木. 基于分类回归树分析的棉花种植面积提取——以库、新、沙三县为例[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(5): 187-191.
- [8] 张美英, 何 杰. 时间序列预测模型研究综述[J]. 数学的实践与认识, 2011, 41(18): 189-195.
- [9] Njikam o Cockburn-J. Trade liberalization and productivity growth: firm-level evidence from cameroon[J]. Journal of Developing Areas, 2011, 44(22): 279-302.
- [10] 王金媛, 李桂林, 张启文. 县域金融发展与县域经济增长关系的实证研究——基于黑龙江省 64 个县(市)的 VAR 模型分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016, 59(14): 34-38.
- [11] 陈彩苹, 丁永建, 刘时银. 塔里木河上游阿克苏地区水资源与绿洲农业种植结构调整优化研究——以拜城县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 30(5): 29-34.
- [12] 陈蜀江, 马 静, 李春蕾, 等. 基于二次分类的葡萄干晾房遥感信息挖掘及反演[J]. 西北农业学报, 2015, 24(3): 111-120.
- [13] 秦文韬, 王忠跃. GIS 在葡萄研究与生产中的应用[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2012, 41(3): 54-57.
- [14] 徐德源, 王 健, 任水莲, 等. 新疆葡萄产品的优势及其生态气候条件评价[J]. 新疆气象, 2004, 61(1): 16-19.
- [15] Im J, Jensen JR. A change detection model based on neighborhood correlation image analysis and decision tree classification[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 99(3): 326-340.
- [16] 孙殿明, 赵 萍, 孙颜琪. 玛纳斯县酿酒葡萄产业发展的农业气候条件分析[J]. 农业与技术, 2015, 37(17): 149-151.
- [17] 刘 宏, 李述晨. FDI 对我国经济增长、就业影响研究——基于 VAR 模型[J]. 国际贸易问题, 2013, 42(4): 105-114.
- [18] Simkins S. Forecasting with vector autoregressive (var) models subject to business cycle restrictions[J]. International Journal of Forecasting, 1995, 11(4): 569-583.
- [19] 张 欢, 成金华. 中国能源价格变动与居民消费水平的动态效应——基于 VAR 模型和 SVAR 模型的检验[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 806-813.
- [20] 侯 伟, 鲁学军, 张春晓, 等. 面向对象的高分辨率影像信息提取方法研究——以四川理县居民地提取为例[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(1): 119-125.