

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20200131

· 资源利用 ·

# 基于地形复杂度的农用地整治项目选址适宜性评价<sup>\*</sup>

## ——以甘肃省天水市为例

韦玲霞

(兰州市国土资源评价研究院, 甘肃兰州 730070)

**摘 要** [目的] 地形条件对农用地整治具有一定的约束作用,是整治项目选址必须考虑的因素。[方法] 该研究应用 Arcgis 地理软件及数字高程模型,结合海拔高度、坡度、地表破碎度 3 个地形因子,综合评价天水市农用地整治项目选址适宜性。[结果] 天水市的土地面积主要分布在坡度为  $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$  的海拔高度为 1 319 ~ 2 011 m 的地区,地势复杂,地貌分异明显;秦州区和麦积区整体海拔高度相对较小,天水市中部地区,地势相对平坦,土地整治较为适宜;地表破碎度、海拔高度及坡度之间存在一定的内在联系;天水市各乡镇的综合地形复杂度平均值为 0.308,处于非常适宜、比较适宜,临界适宜的乡镇有 74 个;新兴镇、洛门镇、郭川乡、新阳乡、安远镇、兴丰乡坡度均在  $15^{\circ}$  以下,综合地形复杂度较小,且集中连片程度较好,是农用地整治项目选址较为适宜地区。[结论] 应用地形复杂度对天水市农用地整治项目进行选址,集中整合开发整治农用地,对于提高工程效率,减少地形约束、降低施工成本具有积极作用。

**关键词** DEM 地形复杂度 农用地整治 适宜性评价 天水市

**中图分类号:** P94 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9121[2020]01250-09

## 0 引言

土地整治本质是人类对土地利用环境的一种纠错行为,是与自然系统相互作用的结果<sup>[1]</sup>,自 20 世纪 90 年代起被专家学者提出后,就在增加耕地面积,改善耕地质量,完善耕作条件等方面做出重要贡献<sup>[2]</sup>。然而,根据土地整治后的项目验收结果显示,并不是所有的整治项目的预期效果与实际效果相一致,其中,主观选取整治项目地址是阻碍整治项目有效推进的重要原因<sup>[3]</sup>。因此,在考虑现实的情况下,客观评价土地整治项目选址的适宜性对于有效的利用土地资源、提高土地整治效益具有极为重要的意义。随着 GIS (地理信息系统)、遥感技术 (RS) 等技术的快速发展,应用 GIS 技术进行项目选址已成为较为客观的主流模式。牛叔文<sup>[4]</sup>等就利用 GIS 技术与 DEM 模型相结合,再综合考虑地表破碎度、海拔高度、坡度等因子的情况下,对天水市建设用地适宜性进行综合评价,得出的结果与人类长期以来选址的情况具有高度一致性。程火生<sup>[5]</sup>等借助 GIS 技术、叠加分析和空间插值运算等方法,对延吉市市区的适宜性住房选址问题进行研究,并对延吉市市区住房进行适宜性等级划分;潘娟<sup>[6]</sup>等也通过 GIS 技术中的叠加分析功能,在农民意愿调查的基础上,提出了研究区农村居民点用地选址布局方案,并对其适宜性进行评价。我国正处于经济快速发展时期,农用地整治作为新农村建设基础性工作,受到经济、社会、生态、政策、自然条件等多方面的影响,其中地形地势因素作为关键因素,备受关注,而应用 GIS 方法开展适宜性评价已成为地理科学界研究的主要方向<sup>[7-9]</sup>。我国西部地区,地形复杂,多以丘陵山地为主,很大程度上限制了农业基础设施建设,对现代农业发展具有较大约束,特别是一些山区地域,农田整治活动受地形地势影响较为

收稿日期: 2018-06-11

作者简介: 韦玲霞 (1972—), 女, 甘肃临洮人, 高级工程师。研究方向: 国土资源利用与评价。425235079@qq.com

<sup>\*</sup> 资助项目: 国家自然科学基金项目“村民关联度与农地利用的关系研究——以甘肃河西走廊为例”(71263003);“农民土地价值观: 测度、变迁与影响”(71563001)

显著,从而较大程度地影响最终整治效果。所以,在农用地整治过程中,选择适宜的项目实施用地非常必要。

文章研究应用 Arcgis 软件平台与 DEM 相结合,将地形复杂度,包括海拔、坡度和地表破碎度等地形因子综合度量,定量评价地形特征对农用地整治选址适宜性的约束作用,为农用地整治项目选址提供技术支持。

## 1 研究方法

地形条件对于不同的土地利用方式存在不同程度的约束,而这种限制对于农用地的整治往往是通过坡度、高程及地表破碎程度在空间分析上的综合影响。参照相关的在地形复杂度上的研究<sup>[10-12]</sup>,该研究利用地理信息模型的建模方法,将影响农用地整治的坡度、高程、破碎度等地形因子组合成地形复杂度指数,分析地形条件对天水地区农用地整治重大项目选址的影响。

### 1.1 海拔高度

相对于高海拔地区,低海拔地区在一般情况下温度、降水等气候条件更优越,更适宜人类生活和生产,适宜农业活动。所以,农用地整治的适宜性是随海拔高度的降低而升高的<sup>[5]</sup>。海拔复杂度计算公式为:

$$CE_1 = \sum_{i=1}^k R_i \left( \frac{h_i - h_{\min}}{h_{\max} - h_{\min}} \right) \quad (1)$$

式(1)中, $CE_1$ 为海拔复杂度; $R_i$ 为第*i*级高程下的土地面积占评价单元土地总面积的比重; $h_i$ 为第*i*级高程(m); $h_{\max}$ 为评价单元的海拔最大值(m); $h_{\min}$ 为评价单元的海拔最小值(m)。

### 1.2 坡度

坡度是地形条件包含的重要因子,其决定着土地整治项目布局和施工的成本、时间及难易程度。在一定的坡度范围内,农用地整治可以采用梯田整治的模式进行土地整治,但超出适宜范围,坡度起伏程度越大,越不适宜工程的施工和建设,其所消耗的人力、物力将远远超出预计成本。并且在山区坡度较大地区容易发生滑坡、泥石流等自然灾害,其对于整治后的农用地具有潜在的风险。所以,农用地整治的适宜性是随坡度的降低而升高的。坡度复杂度计算公式为:

$$CE_2 = \sum_{j=1}^k R_j \left( \frac{s_j - s_{\min}}{s_{\max} - s_{\min}} \right) \quad (2)$$

式(2)中, $CE_2$ 为坡度复杂度; $R_j$ 为第*j*级坡度下的土地面积占评价单元土地总面积的比重; $S_j$ 为第*j*级坡度大小; $S_{\max}$ 为评价单元的坡度最大值; $S_{\min}$ 为评价单元的坡度最小值。

### 1.3 地块破碎度

耕地集中连片是农用地整治的基本要求,也是现代农业发展的必要条件。所以,地表破碎程度对于农用地整治项目选址具有较大影响。其主要是指地块被分割的破碎程度,反映地块面积的异质性,斑块平均面积越小,破碎度越大。地表破碎度计算公式为:

$$CE_3 = \frac{(K-1)}{MPS} CE_3 = \frac{(k-1)}{MPS} \quad (3)$$

$$MPS = \frac{A}{NP} \quad (4)$$

式(3)至(4)中: $CE_3$ 为地表破碎度; $K$ 为评价单元斑块总数; $MPS$ 为平均斑块面积; $A$ 为评价单元总面积; $NP$ 为评价单元斑块数量。

### 1.4 地表复杂度指数

根据上述式(1)至(3)在计算出各评价单元的海拔高度、坡度、地表破碎度等单个地形因子的分值后,可在分析各因子关系的基础上加权求和,用以计算地表复杂度指数,描述空间地理特征,即,地形

复杂度指数计算公式为：

$$CE = \lambda_1 CE_1 + \lambda_2 CE_2 + \lambda_3 CE_3$$

(5)

式 (5) 中,  $CE$  为地形复杂度;  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  分别海拔高度、坡度及地表破碎度 3 种地形因子的权重。

## 2 研究区概况及数据来源

### 2.1 研究区概况

天水市位于甘肃、四川和陕西省交界处,是甘肃省第二大城市。地处东经 104°35′—106°44′、北纬 34°05′—35°10′之间,气候较为温和,四季分明,属温温带大陆性气候和亚热带气候的过渡地带,水热条件较好。市区平均海拔高度为 1 100 m,地形复杂多样,包括河谷、山地、丘陵等多种,其境内山脉纵横,地势呈西北高,东南低,地貌分异明显。北部属于黄土梁峁沟壑区,地形较为平坦但地势较高,又有渭河水系贯穿,形成宽谷与峡谷相间的盆地与河谷阶地,中东部地区以山地为主。该地属于黄土高原地区,地势开阔,土层较厚,土质较好,由于降水光照充足,是甘肃省重要的粮食、水果、蔬菜等农作物生产区域。天水市包含秦州区与麦积区两个市辖区,甘谷县、武山县、秦安县、清水县和张家川回族自治县 5 个县,总面积 1.415 8 万 km<sup>2</sup>,共有人口 340 万左右,是甘肃省内人口最稠密的地区。随着城市化的发展,城镇建设用地与农村生产用地间的矛盾日益突出,农用地整治已经成为解决建设用地与农用地生产用地间矛盾的关键手段。因此,选择适宜的农用地整治项目区显得十分必要。

### 2.2 数据来源

研究区数字高程模型 (DEM) 下载于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>) 平台提供的 ASTERGDEM 数据集。该平台是由中国科学院计算机网络信息中心科学数据中心开发并实现的,平台面向科研活动的实际需求,引进当今国际上权威的科学数据资源,为大众提供数据资源的集中镜像服务平台。ASTERGDEM 数据集是世界上迄今为止可为用户提供的最完整的全球数字高程数据,于 2009 年 6 月 30 日,由美国航天局 (NASA) 与日本经济产业省 (METI) 共同推出。该数据是根据 NASA 的对地观测卫星 Terra 的详尽观测结果制作完成的,包含了 ASTER 传感器搜集的 130 万个立体图像。数据基本单元按 1°×1°分片,垂直精度达 20m,水平精度达 30m。

## 3 结果分析

### 3.1 海拔与坡度的分级组合

该研究借助 Arcgis 地理分析软件,将天水地区的 DEM 数据按照等间距分为 30 级。同时利用研究区 DEM 数据提取坡度数据,进一步对研究区坡度数据重分类为: <6°为 1 级、6°~10°为 2 级、10°~15°为 3 级、15°~20°为 4 级、20°~25°为 5 级、>25°为 6 级,共 6 个级别。并最终将研究区 DEM 海拔高度重分类数据与坡度分级数据进行组合,统计各级高程、各级坡度条件下土地面积,如表 1 所示。

从单个因素来看,海拔高度方面,天水市海拔高度大致分布在 1 182~2 183m,是主要的土地利用地区,而低海拔和高海拔地区面积占比相对较小。图 1 中显示,天水市二区五县中,武山县整体海拔高度最大,其次是甘谷县南部地区、张家川县东部地区及清水县东南地区海拔高度相对较大,而秦州区和麦积区整体海拔高度相对较小,整治较为适宜;坡度方面,6 级坡度分别占天水市土地总面积的 11.42%、14.92%、26.26%、20.44%、12.52% 及 14.45%,由此可以看出天水市绝大多数土地处于 6 度到 25 度之间,其中 10°~15°的三级坡度和 15°~20°的四级坡度分别占天水市总土地面积的 26.26% 和 20.44%,占天水市总土地面积的比重较大。图 1 中显示,坡度大于 25°的地区主要分布在武山县南部、甘谷县南部、秦州区东南部和麦积区东部大片地区,由于坡度大于 25°地区一般为防止滑坡、水土流失等自然灾害,不适宜人类耕作,并且整治难度较大,耗资较多,所以这些地区不适宜被用来进行土地整治重大项目选址。而相对的,从天水市整体来看,其中部地区,由于是河谷地带,地势相对平坦,土地整治较为适宜。

从海拔高度与坡度组合起来的综合因素来看,天水市的土地面积主要分布在坡度为 10°~15°的海拔

表 1 天水市国土面积海拔高程与坡度的分级组合

| 海拔高程<br>(m)           | 地形坡度        |             |             |             |             |             | 面积合计<br>(km <sup>2</sup> ) | 占比<br>(%) |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-----------|
|                       | <6°         | 6°~10°      | 10°~15°     | 15°~20°     | 20°~25°     | >25°        |                            |           |
| 736~985               | 8.055 0     | 5.073 3     | 5.525 1     | 4.729 5     | 4.522 5     | 12.139 2    | 40.044 6                   | 0.28      |
| 985~1 101             | 67.745 7    | 10.820 7    | 10.704 6    | 10.153 8    | 10.025 1    | 29.479 5    | 138.929 4                  | 0.98      |
| 1 101~1 182           | 100.943 1   | 26.597 7    | 25.773 3    | 20.111 4    | 16.973 1    | 39.606 3    | 230.004 9                  | 1.62      |
| 1 182~1 254           | 95.776 2    | 43.336 8    | 53.122 5    | 33.250 5    | 24.048 9    | 52.889 4    | 302.424 3                  | 2.14      |
| 1 254~1 319           | 96.732 0    | 59.769 9    | 83.311 2    | 53.815 5    | 33.760 8    | 61.819 2    | 389.208 6                  | 2.75      |
| 1 319~1 381           | 85.707 0    | 73.499 4    | 119.079 9   | 81.501 3    | 48.156 3    | 73.196 1    | 481.140 0                  | 3.40      |
| 1 381~1 439           | 94.702 5    | 88.804 8    | 155.751 3   | 109.676 7   | 61.781 4    | 79.871 4    | 590.588 1                  | 4.17      |
| 1 439~1 494           | 102.607 2   | 99.408 6    | 185.725 8   | 143.618 4   | 76.938 3    | 89.021 7    | 697.320 0                  | 4.93      |
| 1 494~1 546           | 98.542 8    | 120.538 8   | 222.954 3   | 165.617 1   | 88.128 9    | 97.264 8    | 793.046 7                  | 5.60      |
| 1 546~1 596           | 108.106 2   | 148.599 0   | 261.456 3   | 190.443 6   | 102.061 8   | 107.657 1   | 918.324 0                  | 6.49      |
| 1 596~1 643           | 96.504 3    | 157.902 3   | 289.972 8   | 206.460 0   | 111.253 5   | 112.653 9   | 974.746 8                  | 6.88      |
| 1 643~1 688           | 105.870 6   | 178.118 1   | 314.409 6   | 223.333 2   | 117.747 9   | 114.946 2   | 105 4.425 6                | 7.45      |
| 1 688~1 732           | 95.906 7    | 187.581 6   | 331.128 0   | 233.576 1   | 122.899 5   | 118.854 9   | 108 9.946 8                | 7.70      |
| 1 732~1 775           | 84.642 3    | 180.307 8   | 32.086 5    | 225.420 3   | 121.770 0   | 118.232 1   | 105 3.459 0                | 7.44      |
| 1 775~1 818           | 73.493 1    | 159.977 7   | 289.225 8   | 209.035 8   | 117.856 8   | 116.089 2   | 965.678 4                  | 6.82      |
| 1 818~1 862           | 60.287 4    | 127.620 0   | 233.148 6   | 186.160 5   | 111.491 1   | 110.296 8   | 829.004 4                  | 5.86      |
| 1 862~1 908           | 51.760 8    | 97.428 6    | 176.288 4   | 152.964 0   | 98.265 6    | 101.417 4   | 678.124 8                  | 4.79      |
| 1 908~1 958           | 40.642 2    | 72.711 0    | 130.485 6   | 120.805 2   | 87.228 0    | 93.376 8    | 545.248 8                  | 3.85      |
| 1 958~2 011           | 31.369 5    | 56.140 2    | 102.276 9   | 98.676 0    | 74.584 8    | 83.754 0    | 446.801 4                  | 3.16      |
| 2 011~2 066           | 24.964 2    | 47.070 9    | 86.432 4    | 85.114 8    | 65.826 0    | 74.933 1    | 384.341 4                  | 2.71      |
| 2 066~2 123           | 22.121 1    | 41.158 8    | 75.012 3    | 75.089 7    | 59.057 1    | 65.801 7    | 338.240 7                  | 2.39      |
| 2 123~2 183           | 18.965 7    | 33.637 5    | 60.093 0    | 61.975 8    | 49.142 7    | 58.883 4    | 282.698 1                  | 2.00      |
| 2 183~2 246           | 13.599 0    | 25.304 4    | 47.548 8    | 53.212 5    | 43.342 2    | 52.306 2    | 235.313 1                  | 1.66      |
| 2 246~2 312           | 10.594 8    | 20.660 4    | 40.671 9    | 45.889 2    | 38.518 2    | 46.313 1    | 202.647 6                  | 1.43      |
| 2 312~2 382           | 9.172 8     | 17.551 8    | 34.047 0    | 37.452 6    | 31.762 8    | 37.986 3    | 167.973 3                  | 1.19      |
| 2 382~2 460           | 7.255 8     | 14.289 3    | 26.818 2    | 29.536 2    | 23.306 4    | 29.913 3    | 131.119 2                  | 0.93      |
| 2 460~2 550           | 5.753 7     | 10.792 8    | 18.889 2    | 19.139 4    | 14.636 7    | 23.904 9    | 93.116 7                   | 0.66      |
| 2 550~2 662           | 2.831 4     | 4.935 6     | 9.623 7     | 10.106 1    | 9.378 0     | 20.094 3    | 56.969 1                   | 0.40      |
| 2 662~2 812           | 1.116 9     | 1.926 0     | 3.569 4     | 4.371 3     | 5.060 7     | 15.871 5    | 31.915 8                   | 0.23      |
| 2 812~3 119           | 0.684 0     | 1.187 1     | 1.958 4     | 2.239 2     | 2.607 3     | 6.795 0     | 15.471 0                   | 0.11      |
| 总和 (km <sup>2</sup> ) | 1 616.454 0 | 2 112.751 0 | 3 718.091 0 | 2 893.476 0 | 1 772.132 0 | 2 045.369 0 | 14 158.272 6               | 100.00    |
| 占比 (%)                | 11.42       | 14.92       | 26.26       | 20.44       | 12.52       | 14.45       | 100.00                     | —         |

高度为 1 319~2 011m 的地区，占天水市总面积的 22.14%，充分体现了天水地区地势复杂，境内山脉纵横，地貌分异明显的特点。从农用地整治项目选址的适宜性来评价，应该选取海拔低的坡度小的地区，这样可以减少整治工程量，降低整治工程难度，减少农用地整治成本。由此，可以得出，在表 1 中，越接近左上角地区，海拔高度与坡度组合越优越，越适宜进行农用地整治项目选址，而越接近右下角地区，地形复杂程度越大，海拔高度与坡度组合条件越差，农用地整治项目实施较为困难。

3.2 乡镇尺度的地形复杂度评价

由于土地整治项目的设计实施一般是以乡镇为单元，为更好地反应不同空间尺度下的土地整治项目对地形的需求差异，该研究也选取乡镇为研究单元，对天水市农用地整治项目的选址适宜性问题进行分析。

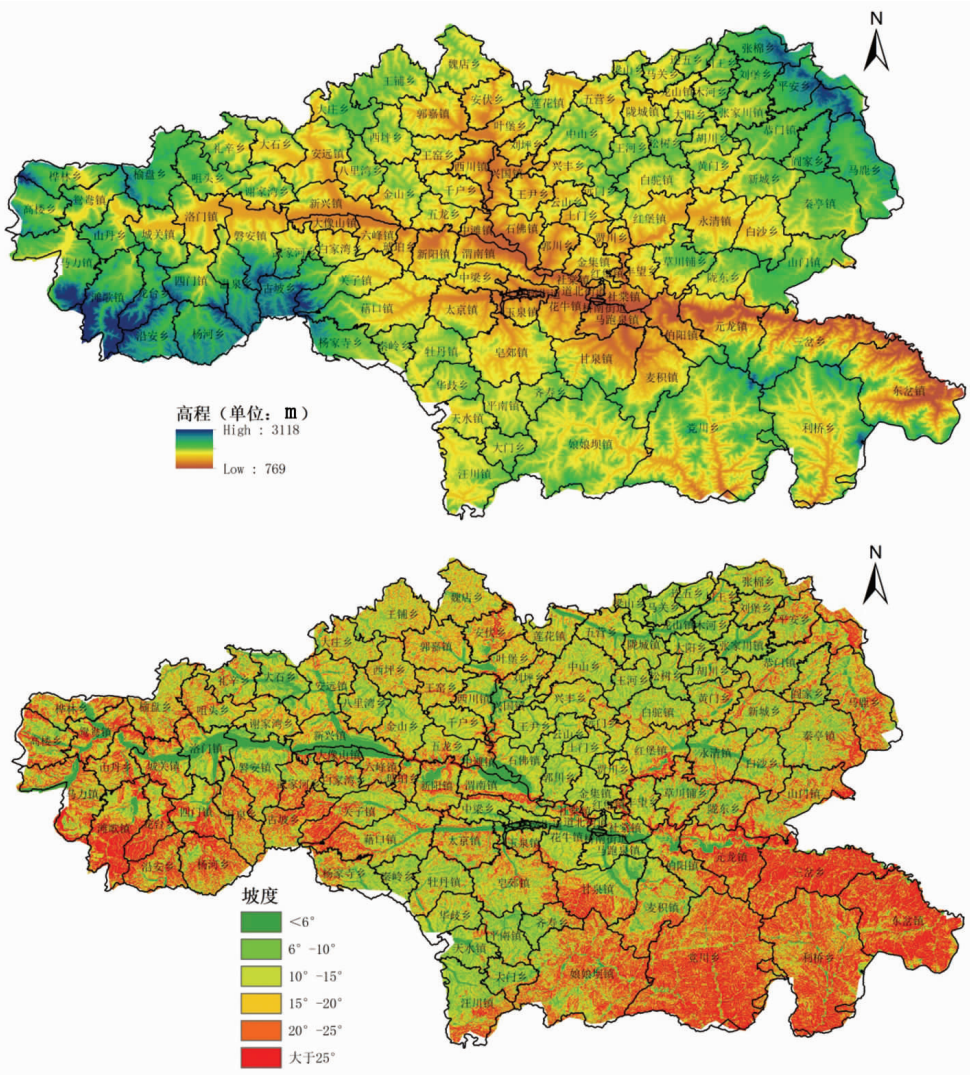


图1 海拔、坡度分级

3.2.1 海拔、坡度地形复杂度

根据表1提取的天水市的海拔高度与坡度，应用式(1)至(2)以乡镇为最小计算单元，分别计算天水市113个乡镇的海拔高度复杂度 $CE_1$ 和坡度复杂度 $CE_2$ ，可以看出，除个别乡镇外， $CE_1$ 与 $CE_2$ 的变化具有高度一致性，即海拔高度复杂度高的乡镇，其坡度复杂度的值也较高，两者之间具有一定的关联性。详见表2。

3.2.2 地表破碎复杂度

地表破碎度是指土地的连片程度，是地表平顺性和完整性的表示方法<sup>[13]</sup>，其在土地整治方面有着重要影响，在农用地整治中具有重要地位。科学合理的计算耕地地表复杂度，对于揭示研究区域内土地利用情况并以此为依据合理规划土地具有重要意义。根据数字高程模型提供的数据，只能说明该区域内的同一海拔高度和同一坡度的土地面积，而不能显示这些同一海拔高度或坡度的土地是否处于同一位置。而根据地表破碎度的意义可以指出，相同条件的土地面积越大，其连片程度越好，土地利用程度越高，工程量越小，利用价值越大，相反，破碎程度越大，土地斑块数量越多，越不利于农用地开发整治。由此，该研究利用式(3)采用DEM提供的数据，计算天水市地表破碎度 $CE_3$ ，具体见表2。

由表2可以看出，咀头乡的地表破碎复杂度最大为1.000，说明该地区土地连片程度较低，再看其

表2 天水市各地形因子复杂度及综合地形复杂度评价结果

| 评价单元 | $CE_1$ | $CE_2$ | $CE_3$ | $CE$  | 评价单元 | $CE_1$ | $CE_2$ | $CE_3$ | $CE$  |
|------|--------|--------|--------|-------|------|--------|--------|--------|-------|
| 兴丰乡  | 0.556  | 0.468  | 0.038  | 0.341 | 花牛镇  | 0.084  | 0.139  | 0.107  | 0.110 |
| 王尹乡  | 0.633  | 0.801  | 0.042  | 0.476 | 中滩镇  | 0.152  | 0.149  | 0.001  | 0.097 |
| 云山乡  | 0.606  | 0.620  | 0.003  | 0.394 | 新阳镇  | 0.466  | 0.404  | 0.007  | 0.280 |
| 王窑乡  | 0.701  | 0.568  | 0.128  | 0.451 | 元龙镇  | 0.211  | 0.676  | 0.019  | 0.295 |
| 千户乡  | 0.872  | 0.372  | 0.012  | 0.397 | 伯阳镇  | 0.386  | 0.366  | 0.027  | 0.250 |
| 王铺乡  | 0.698  | 0.503  | 0.048  | 0.400 | 麦积镇  | 0.457  | 0.430  | 0.013  | 0.288 |
| 魏店乡  | 0.830  | 0.373  | 0.155  | 0.436 | 石佛乡  | 0.319  | 0.230  | 0.001  | 0.175 |
| 安伏乡  | 0.496  | 0.501  | 0.125  | 0.364 | 五龙乡  | 0.880  | 0.362  | 0.000  | 0.392 |
| 叶堡乡  | 0.441  | 0.334  | 0.174  | 0.310 | 琥珀乡  | 0.586  | 0.585  | 0.001  | 0.375 |
| 中山乡  | 0.934  | 0.405  | 0.010  | 0.427 | 党川乡  | 0.404  | 0.654  | 0.019  | 0.348 |
| 五营乡  | 0.460  | 0.597  | 0.008  | 0.343 | 利桥乡  | 0.366  | 0.557  | 0.050  | 0.315 |
| 刘坪乡  | 0.681  | 0.428  | 0.057  | 0.373 | 大像山镇 | 0.108  | 0.189  | 0.026  | 0.105 |
| 郭嘉镇  | 0.542  | 0.938  | 0.112  | 0.518 | 磐安镇  | 0.164  | 0.249  | 0.144  | 0.185 |
| 陇城镇  | 0.429  | 0.729  | 0.014  | 0.379 | 新兴镇  | 0.171  | 0.294  | 0.014  | 0.155 |
| 西川镇  | 0.440  | 0.344  | 0.228  | 0.332 | 安远镇  | 0.394  | 0.370  | 0.018  | 0.251 |
| 莲花镇  | 0.525  | 0.455  | 0.014  | 0.318 | 六峰镇  | 0.412  | 0.538  | 0.005  | 0.307 |
| 兴国镇  | 0.243  | 0.184  | 0.112  | 0.176 | 金山乡  | 0.918  | 0.354  | 0.001  | 0.402 |
| 丰望乡  | 0.782  | 0.394  | 0.012  | 0.376 | 八里湾乡 | 0.736  | 0.772  | 0.002  | 0.484 |
| 金集镇  | 1.000  | 0.323  | 0.008  | 0.419 | 西坪乡  | 0.590  | 0.592  | 0.011  | 0.382 |
| 新城乡  | 0.561  | 0.341  | 0.143  | 0.338 | 大庄乡  | 0.781  | 0.620  | 0.034  | 0.459 |
| 郭川乡  | 0.597  | 0.156  | 0.008  | 0.240 | 大石乡  | 0.458  | 0.345  | 0.008  | 0.259 |
| 红堡镇  | 0.684  | 0.302  | 0.053  | 0.330 | 礼辛乡  | 0.461  | 0.343  | 0.029  | 0.267 |
| 土门乡  | 0.739  | 0.913  | 0.007  | 0.533 | 谢家湾乡 | 0.700  | 0.595  | 0.004  | 0.415 |
| 远门乡  | 0.640  | 0.559  | 0.004  | 0.384 | 武家河乡 | 0.344  | 0.597  | 0.034  | 0.316 |
| 王河乡  | 0.478  | 0.026  | 0.001  | 0.157 | 古坡乡  | 0.633  | 0.545  | 0.101  | 0.412 |
| 松树乡  | 0.640  | 0.275  | 0.007  | 0.292 | 白家湾乡 | 0.447  | 0.633  | 0.013  | 0.352 |
| 黄门乡  | 0.456  | 0.352  | 0.013  | 0.262 | 榆盘乡  | 0.419  | 0.310  | 0.722  | 0.492 |
| 秦亭镇  | 0.582  | 0.342  | 0.122  | 0.337 | 桦林乡  | 0.137  | 0.287  | 0.135  | 0.186 |
| 贾川乡  | 0.580  | 0.182  | 0.025  | 0.249 | 高楼乡  | 0.158  | 0.370  | 0.361  | 0.301 |
| 白沙乡  | 0.147  | 0.258  | 0.089  | 0.163 | 杨河乡  | 0.418  | 0.432  | 0.737  | 0.537 |
| 山门镇  | 0.980  | 0.481  | 0.144  | 0.514 | 山丹乡  | 0.323  | 0.285  | 0.089  | 0.226 |
| 白驼镇  | 0.599  | 0.215  | 0.009  | 0.260 | 龙台乡  | 0.154  | 0.546  | 0.040  | 0.242 |
| 永清镇  | 0.246  | 0.284  | 0.104  | 0.207 | 温泉乡  | 0.667  | 0.690  | 0.352  | 0.561 |
| 草川铺乡 | 0.881  | 0.460  | 0.102  | 0.462 | 沿安乡  | 0.021  | 0.458  | 0.096  | 0.192 |
| 陇东乡  | 0.800  | 0.168  | 0.017  | 0.310 | 咀头乡  | 0.709  | 0.496  | 1.000  | 0.743 |
| 玉泉镇  | 0.299  | 0.000  | 0.325  | 0.210 | 马力镇  | 0.081  | 0.197  | 0.377  | 0.226 |
| 太京镇  | 0.283  | 0.511  | 0.288  | 0.360 | 四门镇  | 0.266  | 0.337  | 0.101  | 0.230 |
| 藉口镇  | 0.066  | 0.531  | 0.182  | 0.261 | 鸳鸯镇  | 0.088  | 0.269  | 0.306  | 0.226 |
| 皂郊镇  | 0.567  | 0.254  | 0.690  | 0.508 | 洛门镇  | 0.000  | 0.056  | 0.148  | 0.072 |
| 汪川镇  | 0.504  | 0.178  | 0.246  | 0.304 | 滩歌镇  | 0.269  | 0.436  | 0.064  | 0.250 |
| 牡丹镇  | 0.630  | 0.550  | 0.007  | 0.379 | 城关镇  | 0.037  | 0.337  | 0.073  | 0.149 |
| 关子镇  | 0.115  | 0.593  | 0.059  | 0.253 | 张棉乡  | 0.258  | 0.117  | 0.034  | 0.131 |
| 平南镇  | 0.542  | 0.017  | 0.020  | 0.181 | 连五乡  | 0.363  | 1.000  | 0.004  | 0.444 |
| 天水镇  | 0.297  | 0.016  | 0.012  | 0.101 | 川王乡  | 0.395  | 0.559  | 0.010  | 0.310 |
| 娘娘坝镇 | 0.365  | 0.485  | 0.056  | 0.294 | 马关乡  | 0.471  | 0.977  | 0.005  | 0.470 |
| 中梁乡  | 0.724  | 0.254  | 0.110  | 0.347 | 刘堡乡  | 0.099  | 0.316  | 0.014  | 0.140 |
| 秦岭乡  | 0.625  | 0.792  | 0.002  | 0.455 | 梁山乡  | 0.707  | 0.840  | 0.014  | 0.502 |
| 杨家寺乡 | 0.168  | 0.416  | 0.131  | 0.237 | 龙山镇  | 0.237  | 0.565  | 0.028  | 0.270 |
| 齐寿乡  | 0.297  | 0.188  | 0.028  | 0.164 | 木河乡  | 0.362  | 0.423  | 0.005  | 0.253 |
| 华岐乡  | 0.429  | 0.285  | 0.004  | 0.228 | 平安乡  | 0.338  | 0.384  | 0.017  | 0.238 |
| 大门乡  | 0.190  | 0.149  | 0.006  | 0.110 | 张家川镇 | 0.137  | 0.186  | 0.033  | 0.116 |
| 三岔乡  | 0.303  | 0.660  | 0.072  | 0.338 | 大阳乡  | 0.478  | 0.505  | 0.016  | 0.320 |
| 社棠镇  | 0.111  | 0.170  | 0.013  | 0.095 | 恭门镇  | 0.138  | 0.238  | 0.051  | 0.140 |
| 马跑泉镇 | 0.243  | 0.625  | 0.022  | 0.289 | 胡川乡  | 0.467  | 0.676  | 0.010  | 0.372 |
| 甘泉镇  | 0.255  | 0.447  | 0.075  | 0.253 | 阎家乡  | 0.398  | 0.453  | 0.051  | 0.291 |
| 渭南镇  | 0.327  | 0.231  | 0.003  | 0.179 | 马鹿乡  | 0.380  | 0.373  | 0.057  | 0.262 |
| 东岔镇  | 0.377  | 0.699  | 0.088  | 0.379 | —    | —      | —      | —      | —     |



$CE_1$  的值为 0.709, 其值也较高, 而五龙乡的地表破碎复杂度最小为 0.000, 说明该地区土地连片程度较高, 再看其  $CE_2$  的值为 0.362, 其值也较低, 说明  $CE_3$  与  $CE_1$ 、 $CE_2$  具有一定的内在联系, 观察表 2 可以看出, 在一般情况下, 当地表破碎复杂度较大时, 海拔高度与坡度复杂度也较大, 当地表破碎复杂度较小时, 海拔高度与坡度复杂度也较小。应用统计学相关分析法对  $CE_1$ 、 $CE_2$ 、 $CE_3$  之间存在的关系进行分析, 发现  $CE_1$  与  $CE_2$  之间的相关系数为 0.263, 且在 0.01 的置信水平上显著相关;  $CE_2$  与  $CE_3$  之间的相关系数为 0.547,  $CE_1$  与  $CE_3$  之间的相关系数为 0.600, 表明 3 个地形因子之间存在一定相关性。

3.2.3 综合地形复杂度

根据式 (5) 该文采用特而非打分法, 请 20 位相关学科的专家对海拔高度、坡度、地表破碎度 3 项地形复杂度因子进行打分, 并最终确定权重值  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  和  $\lambda_3$  的值为 0.31, 0.33 和 0.36, 海拔高度, 坡度和地表破碎度 3 项因子对于农业生产都具有较大影响, 其中, 该项目区地形复杂多样, 位于黄土沟壑区, 地表破碎程度影响程度相对较大。计算得到的综合地形复杂度 ( $CE$ ) 结果见表 2。观测表 2 中的  $CE$  指数, 可以发现, 咀头乡的  $CE$  值最高为 0.743, 洛门镇的  $CE$  值最低为 0.072。该文应用 Arcgis 地理软件, 采用自然分段的方法, 将天水市地形复杂度指数进行划分, 主要分为 5 个区段评价农用地整治适宜性等级, 包括非常适宜、比较适宜, 临界适宜和比较不适宜, 非常不适宜, 结果如图 2 所示。

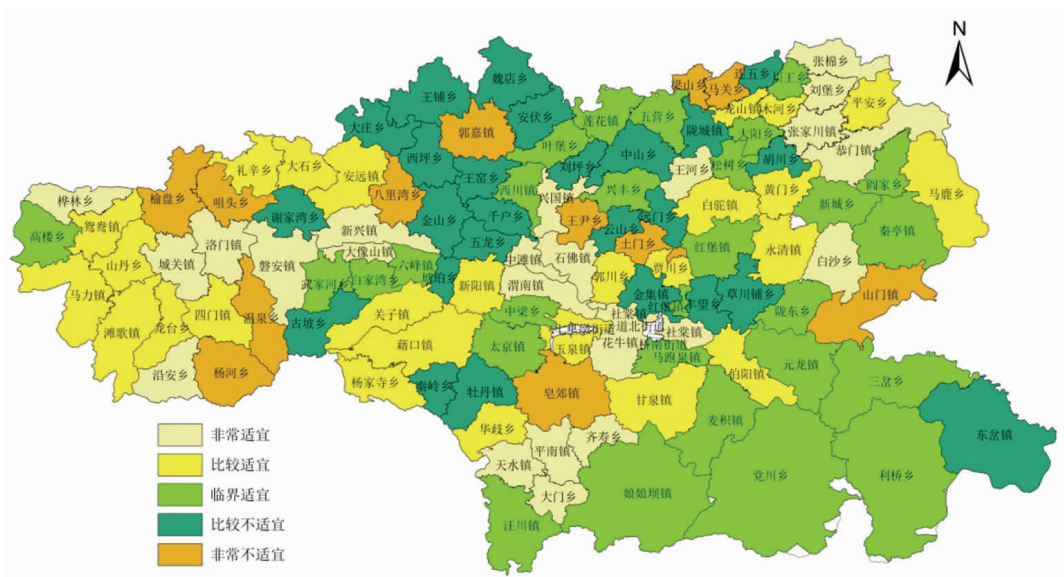


图 2 天水市农用地整治适宜性分级

天水市各乡镇的综合地形复杂度平均值为 0.308, 其中,  $CE$  小于 0.308 的乡镇有 58 个, 而处于非常适宜、比较适宜, 临界适宜的乡镇有 74 个。其中, 非常适宜的地区包括新兴镇、桦林乡、洛门镇等 21 个乡镇; 比较适宜的乡镇包括郭川乡、新阳乡、安远镇等 26 个乡镇; 临界适宜的地区包括兴丰乡、叶堡乡、五营乡等 27 个乡镇。可以看出, 麦积区、秦州区、武山县有大片地区综合地形复杂度较小, 且集中连片程度较好, 是农用地整治项目选址较为适宜地区。天水市西北部地区的马力镇、山丹乡、新兴镇等 22 个适宜乡镇, 东南部地区的党川乡、娘娘坝镇、麦积镇等 19 个适宜乡镇以及北部恭门镇、黄门乡、新城乡等 16 个适宜乡镇较为集中, 可以进行“组团开发”, 集中整合开发整治农用地, 对于提高工程效率, 减少地形约束、降低施工成本具有积极作用。

3.3 适宜农用地整治项目选址地区

根据上述分析, 在水市土地整治重大项目选址问题上, 可以结合天水市海拔、坡度、地表破碎程度进行客观定量选址, 确定天水市秦州区的天水镇、平南镇、齐寿乡、大门乡, 麦积区的新阳镇、杜棠镇、花牛镇、渭南镇, 武山县的洛门镇、城关镇, 清水县的白沙乡、郭川乡, 张家川县的恭门镇、张家川镇、

刘堡乡,甘谷县安远镇、磐安镇、新兴镇,秦安县兴丰乡地区整体海拔高度相对较低,且坡度均在 $15^{\circ}$ 以下,综合地形复杂度较小,是农用地整治非常适宜地区。其中,新兴镇、洛门镇、郭川乡、新阳乡、安远镇、兴丰乡选址与甘肃省东部百万亩土地整治重大项目选址相一致,说明应用地形复杂度进行土地整治重大项目选址具有一定实际意义。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

该文选取海拔高度、坡度、地表破碎度等农用地整治限制因素,对天水市农用地整治项目适宜性进行评价,得到如下结论。

(1) 天水市2区5县中,秦州区和麦积区整体海拔高度相对较小,整治较为适宜;坡度方面,坡度大于 $25^{\circ}$ 的地区包括武山县南部、甘谷县南部、秦州区东南部和麦积区东部大片地区,不适宜进行土地整治重大项目选址,相对而言,天水市中部地区,地势相对平坦,土地整治较为适宜。应用统计学相关分析法对 $CE_1$ 、 $CE_2$ 、 $CE_3$ 之间存在的关系进行分析,发现 $CE_1$ 与 $CE_2$ 之间的存在显著相关关系; $CE_2$ 与 $CE_3$ 、 $CE_1$ 与 $CE_3$ 之间的相关系数均大于0.5,表明3个地形因子之间存在一定的相关性。

(2) 天水市各乡镇的综合地形复杂度平均值较小,其中, $CE$ 小于平均复杂度的乡镇有58个,而处于非常适宜、比较适宜,临界适宜的乡镇有74个。麦积区、秦州区、武山县有大片地区综合地形复杂度较小,且集中连片程度较好,是农用地整治项目选址较为适宜地区,可以进行“组团开发”,集中整合开发整治农用地,对于提高工程效率,减少地形约束、降低施工成本具有积极作用。

(3) 在天水市土地整治重大项目选址问题上,结合天水市海拔、坡度、地表破碎程度进行客观定量选址,确定天水市新兴镇、洛门镇、郭川乡、新阳乡、安远镇、兴丰乡等地区整体海拔高度相对较低,且坡度均在 $15^{\circ}$ 以下,综合地形复杂度较小,是农用地整治非常适宜地区,且其与甘肃省东部百万亩土地整治重大项目选址相一致,具有一定实际意义。

### 4.2 讨论

该文主要选取地形因素中的海拔、坡度、地表破碎度3个因素地形因素,综合考虑地形复杂度对农用地整治项目选址的限制作用,但天水市位于我国西北地区,地形情况复杂,发展受各类地形条件约束较大,在后期的研究中应该选取更全面的地形因子进行研究。此外农用地整治项目的适宜性选址是一个综合且复杂的问题,该研究只是从地形复杂度对其的限制方面进行研究,在后期还可以全面考虑,在地形限制的基础上,结合社会、经济、生态标准,对农用地整治项目的适宜性选址进行综合评价。

## 参考文献

- [1] 吴次芳,费罗成,叶艳妹. 土地整治发展的理论视野、理性范式和战略路径. 经济地理, 2011, 31 (10): 1718-1722.
- [2] 胡学东,王占岐,邹利林. 基于贝叶斯概率模型的鄂西北山区耕地整治适宜性评价. 资源科学, 2016, 38 (1): 83-92.
- [3] 李超文. 农村土地综合整治村选址适宜性评价方法探讨——以海宁市袁花镇为例. 浙江大学, 2011, 3.
- [4] 牛叔文,李景满,李升红,等. 基于地形复杂度的建设用地适宜性评价——以甘肃省天水市为例. 资源科学, 2014, 36 (10): 2092-2102.
- [5] 程火生,吕弼顺,李明玉,等. 基于GIS技术的延吉市市区适宜性住房选址研究. 延边大学理工学报, 2009, 35 (1): 86-90.
- [6] 潘娟,邱道持,尹娟. 基于空间分析技术的农村居民点用地选址研究——以潼南县桂林街道八角村为例. 农村经济与科技, 2012, 23 (4): 70-73.
- [7] 张跃星,周建. 基于GIS的土地整治适宜性评价——以岑巩县为例. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2014, 32 (5): 28-31.
- [8] 魏宏安,王介勇. 延安市黄土丘陵沟壑区沟道土地整治适宜性评价研究. 地域研究与开发, 2013, 32 (3): 129-132.
- [9] 宋安安,王慧敏,郑艳东,等. 太行山区耕地整理适宜性评价及障碍因子诊断——以河北省涞源县为例. 中国农业资源与区划, 2017, 38 (10): 45-53.
- [10] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究. 地理科学, 2000, 21 (1): 64-69.
- [11] 牛叔文,罗光华,董建梅,等. 投资约束下的公共服务的均等化配置: 甘肃省公路设施的需求分析. 中国软科学, 2011, (4): 137-



144.

[12] 熊黑钢, 邹桂红, 崔建勇. 城市化过程中地形因素对城市空间结构演变的影响——以乌鲁木齐市为例. 地域研究与开发, 2012, 31 (1): 55-59.

[13] 贾兴利, 许金良, 杨宏志, 等. 基于 GIS 的地表破碎指数计算. 重庆大学学报 (自然科学版), 2012, 35 (11): 126-130.

**SITE SELECTION SUITABILITY EVALUATION OF AGRICULTURAL LAND  
CONSOLIDATION PROJECT BASED ON THE TERRAIN COMPLEXITY \*  
——TAKING TIANSHUI CITY IN GANSU PROVINCE AS AN EXAMPLE**

**Wei Lingxia**

(Lanzhou Institute of Land and Resources Evaluation, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract** Terrain conditions have certain constraints effect on agricultural land consolidation, which is a must factor to be considered in site selection of renovation projects. In this study, arcgis geographic analysis software and the digital elevation model were applied and three topographic factors including elevation, slope and surface fragmentation were combined to comprehensively evaluate the site selection suitability of Tianshui agricultural land consolidation project. The results show that he land area of Tianshui city are mainly distributed in the area with a slope of 10 ~ 15 ° and an altitude of 1 319 ~ 2 011m, the terrain is complex and the landforms are significantly different. The overall altitude of Qinzhou and Maiji is relatively small, the central area of Tianshui is relatively flat, and land consolidation is more appropriate. There is a certain internal relation among the surface of the fragmentation, elevation and slope. The average comprehensive terrain complexity of all towns and villages in Tianshui city is 0.308, and there are 74 towns in a very appropriate, relatively appropriate or critical appropriate state. The slopes of Xinxing Town, Luomen Town, Guochuan Township, Xinyang Township, Anyuan Town, and Xingfeng Township are all under 15 degrees, the integrated terrain complexity of these areas is relatively small, and the degree of concentration and continuity is better, so they are suitable areas for agricultural land consolidation projects. As a result, the application of terrain complexity to the site selection of Tianshui agricultural land renovation project and the centralized integration of development and improvement of agricultural land play a positive role in improving project efficiency, reducing topographic constraints and reducing construction costs.

**Keywords** DEM; terrain complexity; farmland regulation; suitability; Tianshui city