

# 基于投影寻踪技术的保护性耕作效益评价

原君静<sup>1,2</sup>, 李洪文<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 北京电子科技职业学院机械工程学院, 北京 100176)

**摘要:** 为了客观评价保护性耕作的综合效益, 该文采用投影寻踪技术, 建立了保护性耕作综合效益评价模型, 模型的平均绝对误差为 0.0393, 平均相对误差为 1.75%。该文以辽宁和山西试验区为例, 通过优化投影方向, 将 6 个样本的 8 个评价指标投影到低维子空间, 利用投影值计算综合效益等级并进行评价。评价结果表明, 山西寿阳的免耕碎茬播种玉米综合效益最好, 传统耕作播种玉米综合效益最差, 6 个样本的综合效益从优至劣排序为: 山西寿阳免耕碎茬覆盖 (B3), 山西寿阳深松碎茬覆盖 (B2), 辽宁凌海免耕碎茬覆盖 (A3), 辽宁凌海免耕高茬覆盖 (A2), 辽宁凌海传统耕作 (A1), 山西寿阳传统耕作 (B1)。研究表明, 与传统耕作相比较, 长期的保护性耕作能够较大提高农业综合效益。

**关键词:** 模型, 误差分析, 等级, 保护性耕作, 综合效益, 投影寻踪, 评价指标

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.04.029

中图分类号: S345

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-04-0175-05

原君静, 李洪文. 基于投影寻踪技术的保护性耕作效益评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 175-179.

Yuan Junjing, Li Hongwen. Benefit evaluation of conservation tillage based on projection pursuit[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 175-179. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

保护性耕作是一项区别于传统耕作技术的旱作农业生产技术, 目前并没有统一的定义, 其核心是免耕、少耕、秸秆/残茬覆盖等。国外长期的保护性耕作试验和研究表明, 与传统耕作相比, 保护性耕作在改善生态环境、降低生产成本、实现增产增收等方面显现不同程度的效果。

中国的保护性耕作可以追溯到 20 世纪 60 年代, 但是系统性的研究与试验则始于 20 世纪 90 年代。在进行保护性耕作研究与试验的十几年中, 取得了许多研究成果, 也积累了许多宝贵的试验数据。研究的内容涵盖了作物产量<sup>[1-3]</sup>、生产成本<sup>[3-4]</sup>、土壤性状与结构<sup>[5-6]</sup>、水分利用<sup>[7-8]</sup>、温室气体排放<sup>[9-13]</sup>等各个方面; 研究的方法包括静态试验数据对比法<sup>[1,3-4]</sup>、收益成本法<sup>[2-3]</sup>、Delphi 法<sup>[14]</sup>、层次分析 (analytic hierarchy process, AHP) 法<sup>[14-15]</sup>等等。静态试验数据对比法能够直观地表现同一试验区保护性耕作与传统耕作效果的优劣, 但是仅限于单一或者较少的评价指标; 收益成本法利用某一不变价格计算作物收益、生产成本和静态投资回收期, 计算过程简单, 但是通常仅用于单一试验区, 难以应用到不同地区不同耕作模式的效果比较; Delphi 法和 AHP 法将人的主观直觉、经验应用到保护性耕作效果的评价中, 一方面, 可以将

难以量化的因素指标予以考虑、评价, 同时利用专家的经验对评价指标进行人工赋权, 另一方面, Delphi 法和 AHP 法对已有的定量信息利用不充分, 因素较多时标度工作量太大, 对标度可能取负数的考虑较少<sup>[16]</sup>, 并且人工赋权时人为干扰较多。基于此, 本文拟采用投影寻踪技术对不同地区不同耕作模式效果进行综合评价, 使评价过程能够较好地保留原始信息, 评价结果更加客观。

## 1 投影寻踪建模基本步骤

投影寻踪 (projection pursuit, 简称 PP) 是一种用来分析和处理高维数据, 尤其是处理非线性、非正态分布高维数据的一种新兴方法。其实质是利用计算机技术, 通过把高维数据投影到低维子空间, 寻找能够反映原高维数据结构或者特征的投影, 在低维空间研究数据结构, 从而达到研究与分析高维数据的目的, 或者根据投影值与研究系统的输出值之间的散点图构造数学模型以预测系统的输出<sup>[17]</sup>。利用投影寻踪方法分析高维数据, 不仅能够解决维数增大后计算量急剧增大问题, 也可以解决高维数据点稀疏引起的数据分析困难, 同时尽可能地保留了原始数据的原始信息。与 Delphi 法、AHP 法、特征向量法等融决策者主观偏好的方法相比较, 投影寻踪是一种完全从指标数据特征出发的客观评价方法<sup>[18]</sup>。这种评价方法能够降低系统的复杂性, 具有稳健性好、准确度高、抗干扰性强等特点, 在工业、农业、水利、航空、医药等领域得到一定的应用, 并且取得了一些成果。

利用投影寻踪方法评价保护性耕作的综合效果包括以下基本步骤<sup>[19-22]</sup>。

第一步, 建立评价矩阵。设保护性耕作评价的样本容量为  $n$ , 评价指标 (变量) 数目为  $p$ , 第  $i$  个样本的第  $j$  个指标值为  $x_{ij}^*$ , 则所有样本指标数据可以用  $n \times p$  列的

收稿日期: 2008-05-15 修订日期: 2009-03-09

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903009)

作者简介: 原君静 (1973-), 女, 研究方向为数控技术, 保护性耕作模式研究。北京 北京电子科技职业学院机械工业学院, 100176。

Email: yuan.junjing@163.com

\*通信作者: 李洪文 (1968-), 男, 教授, 博士生导师, 中国农业大学工程学会会员 (E041200280S), 主要从事保护性耕作方面的研究。北京 中国农业大学工学院, 100083, Email: lihongwen@cau.edu.cn

数据矩阵  $X^*$  表示

$$X^* = \begin{pmatrix} x_{11}^* & x_{12}^* & \dots & x_{1p}^* \\ x_{21}^* & x_{22}^* & \dots & x_{2p}^* \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1}^* & x_{n2}^* & \dots & x_{np}^* \end{pmatrix} \quad (1)$$

第二步, 无量纲化处理。为解决各指标值的量纲不同, 对不同样本指标值进行无量纲化处理, 处理后得到  $n \times p$  的数据矩阵  $X$

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{pmatrix} \quad (2)$$

对于数值越大越优的指标采用如下处理方式

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}^* - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (3)$$

对于中间值最优的指标采用如下处理方式

$$x_{ij} = \frac{|x_{ij}^* - \text{mid}(x_j)|}{\text{mid}(x_j)} \quad (4)$$

对于数值越小越优的指标采用如下处理方式

$$x_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}^*}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (5)$$

式中:  $\max(x_j)$ ——第  $j$  个指标的最大值;  $\text{mid}(x_j)$ ——第  $j$  个指标的中间值, 当第  $j$  个指标的样本个数为奇数个时, 取数值居中的样本值为  $\text{mid}(x_j)$ ; 当第  $j$  个指标的样本个数为偶数个时, 取数值居中的两个样本值的平均值为  $\text{mid}(x_j)$ ;  $\min(x_j)$ ——第  $j$  个指标的最小值;

第三步, 线性投影。投影实质上就是从不同的角度去观察数据, 寻找能够最大程度地反映数据特征和最能够充分挖掘数据信息的最优投影方向, 从而实现数据降维, 避免“维数祸根”。本文将高维数据投影到一维线性空间进行研究, 因此, 设单位向量  $a = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$  为一维线性投影方向, 则矩阵  $X$  投影到  $a$  上的一维投影特征值为  $z_i$ 。

$$z_i = \sum_{j=1}^p a_j \cdot x_{ij} \quad (i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, p) \quad (6)$$

第四步, 构造投影目标函数。综合投影指标值时,

根据分类原则, 投影值的散布特征尽可能满足如下要求: 局部投影点尽可能密集、最好凝聚成若干点团; 整体上投影点团之间尽可能散开。即: 使多元数据在一维空间散布的类间距离  $S_2$  和类内密度  $D_2$  同时取得最大值。因此, 将投影目标函数表示为类间距离和类内密度的乘积

$$Q(a) = S_2 \cdot D_2 \quad (7)$$

式中:  $S_2$ ——投影特征值  $z_i$  的标准差, 也称类间距离;  $D_2$ ——投影特征值  $z_i$  的局部密度, 也称类内密度。

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - E(z))^2}{n-1}} \quad (8)$$

式中  $E(z)$ ——序列  $\{z_i | i=1 \sim n\}$  的平均值。

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n (R - r_{ik}) \cdot f(R - r_{ik}) \quad (9)$$

式中  $R$ ——局部密度的窗口半径。

$$r_{ik} = |r_i - r_k|$$

$$f(t) = \begin{cases} 0 & t \geq 0 \\ 1 & t < 0 \end{cases}$$

$i, k = 1, 2, 3, \dots, n$ , 表示样本容量。

第五步, 优化投影目标函数。对于给定的样本集指标值, 投影指标函数  $Q(a)$  随着投影方向  $a$  的变化而变化, 能够最大可能地反映高维数据某类结构特征的投影方向即为最佳投影方向。因此运用目标函数最大化对投影目标函数进行优化

$$\max Q(a) = S_2 \cdot D_2 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^p a^2(j) = 1, \\ & |a(j)| \leq 1 \end{aligned}$$

第六步, 评价。按照最佳投影方向  $a^*$  取值大小排列, 可以得到指标贡献/敏感程度大小, 按照  $z^*(i)$  取值大小排列, 可以得到样本的优劣排序, 将  $z^*(i)$  代入模型, 可以得出样本所属级别。

## 2 保护性耕作效果评价

表 1 为保护性耕作综合效益标准等级表, 这些指标的选取是采用 Delphi 法获得, 指标的等级是众多保护性耕作专家根据多年生产和研究的结果确定的。

表 1 综合效益标准等级表  
Table 1 Standard grade of composite achievement

等级含义	玉米产量/ (t · hm <sup>-2</sup> )	作业成本 / (元 · hm <sup>-2</sup> )	有机质/ %	碱解氮/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	节约劳动力/ hm <sup>2</sup>	节约燃油/ (L · hm <sup>-2</sup> )
I 极差	<3.0	>3 700	<0.6	<30	<3	<30	<0	<0
II 差	3.0	3 700	0.6	30	3	30	0	0
III 较差	4.5	3 300	1.0	60	5	50	15	12.5
IV 中	6.0	2 900	2.0	90	10	100	30	25.0
V 较好	7.5	2 500	3.0	120	20	150	45	37.5
VI 好	>9.0	<2 100	>4.0	>150	>40	>200	>60	>50.0

采用 MATLAB7.0 编程处理, 选定父代初始种群规模  $n=400$ , 交叉概率  $p_c=0.8$ , 变异概率  $p_m=0.3$ , 优秀个体数 万方数据

目选定为 20 个, 加速次数为 13 次, 得出各指标变量的最佳投影方向和最佳投影特征值分别为

$$a_{\text{标}}^* = (0.3705, 0.3474, 0.4537, 0.4168, 0.4232, 0.3917, 0.3046, 0.4658)$$

$$z_{\text{标}}^* = (0, 0.2354, 0.4962, 1.0201, 2.1341, 2.7385)$$

标准等级表的投影值与等级对应关系散布图如图 1 所示。

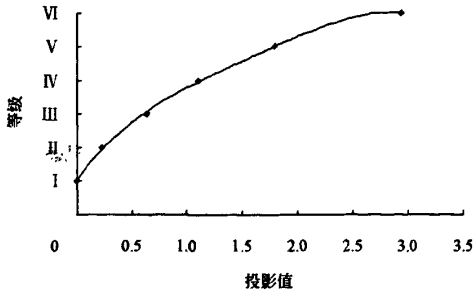


图 1 综合效益投影值与等级关系图

Fig.1 Relationship between projection values and grades

设  $y^*$  为综合效益等级值，则基于投影寻踪技术的综合效益评价模型为

$$y^* = -0.1689x^4 + 1.0841x^3 - 2.6962x^2 + 4.5375x + 1.03$$

$$R^2 = 0.9992$$

将等级计数值与等级经验值相比较，按照如下公式计算误差

$$\text{绝对误差} = \text{等级计算值} - \text{等级经验值}$$

$$\text{相对误差} = (\text{等级计算值} - \text{等级经验值}) \div \text{等级经验值} \times 100\%$$

投影寻踪评价模型的误差分析如表 2 所示。由于平均绝对误差为 0.0393，平均相对误差为 1.75%， $R^2=0.9992$ ，因此，基于投影寻踪技术的综合效益评价模型精度较高，可以用来描述不同地区不同耕作模式的评价指标与综合效益等级的关系。

按照以上投影寻踪建模方法，以农业部保护性耕作中心在辽宁凌海试验区和山西寿阳试验区的试验数据为例，对基于投影寻踪的保护性耕作综合效益评价方法进行验证。无论是采用传统耕作模式还是保护性耕作模式，这两大试验区主要以种植一年一熟玉米为主，其中辽宁凌海试验区进行保护性耕作 2 a，山西寿阳试验区进行保护性耕作 14 a。两大试验区分别采用 3 种处理方式进行试验，包括传统耕作措施和两种保护性耕作措施，即两大试验区共有 6 个样本。对不同耕作措施效果的评价包括 8

个评价指标，在这 8 个评价指标中，作业成本属于越小越优的指标，土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、产量、节约劳动力、节约燃油等指标都是数值越大越优的指标。

表 2 误差分析表  
Table 2 Error analysis

等级	投影值	等级计算值	绝对误差	相对误差/%
I	0	1.0300	0.0300	3.0000
II	0.2254	1.9278	-0.0722	-3.6125
III	0.6362	3.0770	0.0770	2.5653
IV	1.1012	3.9565	-0.0435	-1.0883
V	1.7986	5.0095	0.0095	0.1848
VI	2.9385	5.9965	-0.0035	-0.0591
绝对值平均			0.0393	1.7500

辽宁凌海试验区分别采用传统耕作 (A1)、免耕高茬覆盖 (A2)、免耕碎秆覆盖 (A3) 3 种方式播种玉米。采用传统耕作 A1 时，施用农家肥、秸秆搬运和收获环节采用人工作业方式，其他工序采用机械作业方式，采用保护性耕作时，A2 中的人工搬运秸秆和 A3 中的秸秆粉碎还田耗费人工相当。具体作业工序如下：传统耕作 (A1)，人工收获→人工搬运秸秆→机械耕地→施农家肥→播前整地→播种→播后镇压→人工收获；免耕高茬覆盖 (A2)，人工收获，留茬 30 cm 以上→人工搬运秸秆→春季破茬播种 (破茬深度 5~7 cm)→化学或人工除草→人工收获；免耕碎秆覆盖 (A3)，人工收获→秸秆粉碎还田→春季破茬播种 (破茬深度 5~7 cm)→化学或人工除草→人工收获。

山西寿阳试验区分别采用传统耕作 (B1)、深松碎秆覆盖 (B2)、免耕碎秆覆盖 (B3) 3 种方式播种玉米。采用传统耕作 B1 时，耕整地工序采用畜力或者机械方式，施用农家肥和播种采用人工方式，采用保护性耕作 B2 和 B3 时，只有收获环节采用人工方式，其他环节采取机械作业。具体作业工序如下<sup>[4]</sup>：传统耕作 (B1)，人工收获→人工搬运秸秆→畜力/机械耕地→人工施农家肥→播前整地→人工播种→播后镇压→人工收获；深松碎秆覆盖 (B2)，人工收获→粉碎秸秆→深松→圆盘耙地→免耕播种→化学除草→人工收获；免耕碎秆覆盖 (B3)，人工收获→秸秆粉碎→圆盘耙地→免耕播种→化学除草→人工收获。

表 3 为农业部保护性耕作中心在辽宁凌海试验区和山西寿阳试验区的试验数据。

表 3 不同耕作模式下各地区评价指标原始数据  
Table 3 Original data in different areas and different tillage modes

样本	玉米产量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	作业成本/ (元·hm <sup>-2</sup> )	有机质/ %	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	节约劳动力/ hm <sup>2</sup>	节约燃油/ (L·hm <sup>2</sup> )
传统耕作 (A1)	6.330	3 570.0	2.47	58.38	22.02	124.02	0	0
免耕高茬 (A2)	7.080	3 195.0	2.50	89.45	17.96	174.48	3.0	28.1
免耕碎秆 (A3)	7.290	3 315.0	2.50	86.52	16.87	193.74	3.0	30.2
传统耕作 (B1)	4.428	3 112.5	1.29	75.21	21.05	152.69	0	0
深松碎秆 (B2)	5.049	2 532.0	1.72	78.24	20.46	234.53	4.8	24.6
免耕碎秆 (B3)	5.055	2 462.0	1.91	82.65	19.95	227.71	4.8	29.8

根据以上基于投影寻踪技术的综合效益评价模型及表3中的数据,可以计算出两个地区6个样本的最佳投影特征值为

$$z^*=(0.5096, 0.5468, 0.5534, 0.4768, 1.8460, 1.9097)$$

将以上投影特征值代入综合效益评价模型可得出各样本综合效益等级计算值,如表4所示。

表4 综合效益等级值

Table 4 Grade values of composite achievement

样本	投影值	等级计算值
传统耕作(A1)	0.5096	2.7742
免耕高茬(A2)	0.5468	2.8671
免耕碎秆(A3)	0.5534	2.8832
传统耕作(B1)	0.4768	2.6893
深松碎秆(B2)	0.8460	3.5089
免耕碎秆(B3)	1.9097	5.1662

### 3 结论

1) 利用投影寻踪技术评价不同耕作模式的综合效益客观性强,充分利用了原始数据的内部结构特点,避免了人为干扰,同时保证了信息的全面。

2) 辽宁凌海试验区进行保护性耕作2a,计算结果表明,免耕高茬A2与免耕碎秆A3的综合效益与传统耕作A1相差无几,仅有较少提高,说明保护性耕作的最初阶段综合效果不明显,该试验结论与当地实际生产相符合。

3) 山西寿阳试验区进行保护性耕作14a,计算结果表明,深松碎秆B2和免耕碎秆B3的综合效益明显高于传统耕作B1,说明多年连续的保护性耕作的综合效益显著,而免耕碎秆B3的综合效益比深松碎秆B2更高,说明免耕碎秆B3在该地区更加适用,该结论与寿阳试验区的生产实际较符合。

4) 传统耕作A1略大于传统耕作B1,说明在传统耕作条件下,辽宁凌海地区的综合效益比山西寿阳地区的综合效益略高一点,这与实际情况一致。经过不同年限的保护性耕作后,两试验区不同模式的耕作模式的综合效益差异明显,说明长期的保护性耕作能够较大提高农业综合效益。

#### [参 考 文 献]

- [1] 彭文英,张雅彬.免耕对粮食产量及经济效益的影响评述[J].干旱地区农业研究,2006,24(4):113-118.  
Peng Wenying, Zhang Yabin. Review of impacts of no-tillage on crop yield and economic benefit[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, 24(4): 113-118. (in Chinese with English abstract)
- [2] 赵海涛,师帅兵.机械化保护性耕作技术的效益分析[J].农机化研究,2006,(8):74-76.  
Zhao Haitao, Shi Shuaibing. Benefit analysis on the technology of mechanized conservation tillage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, (8): 74-76. (in Chinese with English abstract)
- [3] 李洪文,高焕文,周兴祥,等.旱地玉米保护性耕作经济效益分析[J].干旱地区农业研究,2000,18(3):44-49.  
Li Hongwen, Gao Huanwen, Zhou Xingxiang, Mao Ning. Economic analysis of maize production in dryland with conservation tillage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2000, 18(3): 44-49. (in Chinese with English abstract)
- [4] 王玉珍.浅谈保护性耕作技术的社会效益和生态效益[J].农业经济,2007,(5):30.  
Wang Yuzhen. The social Benefit and bio-environmental benefit of conservation tillage[J]. Agricultural Economy, 2007, (5): 30. (in Chinese with English abstract)
- [5] Kay B D. Rates of change of soil structure under different cropping systems[J]. Advance in Soil Science, 1990, (12): 1-52.
- [6] 张国盛.耕作方式对农田表层土壤结构及有机碳影响的研究[D].甘肃农业大学资源与环境学院,2004.  
Zhang Guosheng. Different tillage influence on topsoil structure and organic carbon in cropland[D]. College of Resources and Environmental Sciences, Gan Su Agricultural University, 2004. (in Chinese with English abstract)
- [7] 刘立晶,高焕文,李洪文,等.保护性耕作条件下影响蒸发量因素的试验研究[J].中国农业大学学报,2006,11(4):78-82.  
Liu Lijing, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Experimental study on influencing factors of evaporation under conservation tillage[J]. Journal of China Agricultural University, 2006, 11(4): 78-82. (in Chinese with English abstract)
- [8] 张海林,陈阜,秦耀东,等.覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[J].农业工程学报,2002,18(2):36-40.  
Zhang Hailin, Chen Bu, Qin Yaodong. Water consumption characteristics for summer corn under No-Tillage with mulch[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(2): 36-40. (in Chinese with English abstract)
- [9] 刘建民,胡立峰,张爱军.保护性耕作对农田温室效应的影响研究进展[J].中国农学通报,2006,22(8):246-249.  
Liu Jianmin, Hu Lifeng, Zhang Aijun. Research progress in greenhouse effect caused by conservation tillage[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(8): 246-249. (in Chinese with English abstract)
- [10] 李长生,肖向明,Frøking S,等.中国农田的温室气体排放[J].第四纪研究,2003,23(5):493-503.  
Li Changsheng, Xiao Xiangming, Frøking S, et al. Greenhouse gas emissions from croplands of China[J]. Quaternary Sciences, 2003, 23(5): 493-503. (in Chinese with English abstract)
- [11] Lal R, Griffin M, Apt J. Managing soil carbon[J]. Science, 2004, 304(4): 393.
- [12] 陈述悦,李俊,陆佩玲,等.华北平原麦田土壤呼吸特征[J].应用生态学报,2004,15(9):1552-1560.  
Chen Shuyue, Li Jun, Lu Peiling, et al. Soil respiration characteristics in winter wheat field in North China Plain[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(9): 1552-1560. (in Chinese with English abstract)
- [13] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. Science, 2004, 304(11): 1623-1627.
- [14] 王旭梅,张颖,安晓光.农业可持续性评价指标体系及其权重的确定[J].东北农业大学学报,2004,35(3):386-388.

- Wang Xumei, Zhang Ying, An Xiaoguang. Evaluating indexes system and weight about agricultural eco-system[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2004, 35(3): 386-388. (in Chinese with English abstract)
- [15] 田淑敏, 刘瑞涵, 侯富强. 京郊农田保护性耕作技术实施效益的评价指标体系研究[J]. 北京农学院学报, 2006, 21(4): 50-53.  
Tian Shumin, Liu Ruihan, Hou Fuqiang. Study on evaluation indicator system of conservation tillage technology implementary benefit in Beijing rural areas[J]. Journal of Beijing Agricultural College, 2006, 21(4): 50-53. (in Chinese with English abstract)
- [16] 吴殿廷, 李东方. 层次分析法的不足及其改进的途径[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004, 40(2): 264-268.  
Wu Dianting, Li Dongfang. Shortcomings of analytical hierarchy process and the path to improve the method[J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 2004, 40(2): 264-268. (in Chinese with English abstract)
- [17] 封志明, 郑海霞, 刘宝勤. 基于遗传投影寻踪模型的农业水资源利用效率综合评价[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 66-70.  
Feng Zhiming Zheng Haixia Liu baqin. Comprehensive evaluation of agricultural water use efficiency based on genetic projection pursuit model[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 66-70. (in Chinese with English abstract)
- [18] 杨晓华, 杨志峰, 沈珍瑶, 等. 城市环境质量综合评价的多目标决策理想区间法[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(8): 119-123.  
Yang Xiaohua, Yang Zhifeng, Shen Zhenyao, et al. A multi-objective decision-making ideal interval method for integrated assessment of urban environmental quality[J]. Systems Engineering-Theory and Practice, 2005, 25(8): 119-123. (in Chinese with English abstract)
- [19] 赵小勇, 付强, 邢贞相, 等. 投影寻踪模型的改进及其在生态农业建设综合评价中的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 222-225.  
Zhao Xiaoyong Fu Qiang Xing Zhenxiang He Yanguo. Improvement of projection pursuit model and its application in integrated evaluation of eco-agricultural construction[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(5): 222-225. (in Chinese with English abstract)
- [20] 张斌. 参数投影寻踪模型在坡耕地水土保持牧草优选中的应用[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 299-301.  
Zhang Bin. Application of PPC model to grasses of sloping field for soil and water conservation[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(2): 299-301. (in Chinese with English abstract)
- [21] 金菊良, 洪天求, 李如忠. 巢湖流域生态环境质量动态综合评价的客观赋权法[J]. 水利发电学报, 2005, 24(5): 99-103.  
Jin Juliang, Hong Tianqiu, Li Ruzhong. Objective weighted model for evaluating dynamic eco-environmental comprehensive quality of Chaohu lake basin[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2005, 24(5): 99-103. (in Chinese with English abstract)
- [22] 张礼兵, 程吉林, 金菊良, 等. 农业灌溉水质评价的投影寻踪模型[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 15-18  
Zhang Libing Cheng Jilin Jin Juliang, et al. Projection pursuit model for comprehensive evaluation of agricultural irrigation water quality[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(4): 15-18. (in Chinese with English abstract)

## Benefit evaluation of conservation tillage based on projection pursuit

Yuan Junjing<sup>1,2</sup>, Li Hongwen<sup>1\*</sup>

(1. China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Vocational College of Electronic Science, Beijing 100176, China)

**Abstract:** In order to evaluate objectively the composite achievement of conservation tillage, a conservation tillage evaluation model based on projection pursuit was established. And the check results of the evaluation model indicated that the mean absolute error was 0.0393, and the average relative error was 1.75%. After optimizing the project direction, the multi-dimension data of the eight evaluation indices were synthesized to one dimension, and we could evaluate easily each item of test areas in Shanxi Province and Liaoning Province with the projection data. Results of the evaluation indicated that the order from good to bad of composite achievement of six samples was as follows: no-tillage with crushed stalk mulching in Shouyang test areas (B3), subsoiling with high stubble mulching in Shouyang test areas (B2), no-tillage with crushed stalk mulching in Linghai test areas (A3), no-tillage with high stubble mulching in Linghai test areas (A2), conventional tillage in Linghai test areas (A1), conventional tillage in Shouyang test areas (B1). And the results show that long term conservation tillage is practical and effective for promoting agricultural evaluation.

**Key words:** models, error analysis, grading, conservation tillage, composite achievement, projection pursuit, evaluation index

# 基于投影寻踪技术的保护性耕作效益评价

作者: [原君静](#), [李洪文](#), [Yuan Junjing](#), [Li Hongwen](#)  
作者单位: [原君静, Yuan Junjing \(中国农业大学工学院, 北京, 100083; 北京电子科技职业学院机械工程学院, 北京, 100176\)](#), [李洪文, Li Hongwen \(中国农业大学工学院, 北京, 100083\)](#)  
刊名: [农业工程学报](#) [ISTIC](#) [EI](#) [PKU](#)  
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)  
年, 卷(期): 2010, 26(4)  
被引用次数: 3次

## 参考文献(22条)

1. [彭文英;张雅彬](#) 免耕对粮食产量及经济效益的影响评述[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2006(04)
2. [赵海涛;师帅兵](#) 机械化保护性耕作技术的效益分析[期刊论文]-[农机化研究](#) 2006(08)
3. [李洪文;高焕文;周兴祥](#) 旱地玉米保护性耕作经济效益分析[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2000(03)
4. [王玉珍](#) 浅谈保护性耕作技术的社会效益和生态效益[期刊论文]-[农业经济](#) 2007(05)
5. [Kay B D](#) Rates of change of soil structure under different cropping systems 1990(12)
6. [张国盛](#) 耕种方式对农田表层土壤结构及有机碳影响的研究[学位论文] 2004
7. [刘立品;高焕文;李洪文](#) 保护性耕作条件下影响蒸发量因素的试验研究[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2006(04)
8. [张海林;陈阜;秦耀东](#) 覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2002(02)
9. [刘建民;胡立峰;张爱军](#) 保护性耕作对农田温室效应的影响研究进展[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2006(08)
10. [李长生;肖向明;Frolking S](#) 中国农田的温室气体排放[期刊论文]-[第四纪研究](#) 2003(05)
11. [Lal R;Griffin M;Apt J](#) Managing soil carbon[外文期刊] 2004(04)
12. [陈述悦;李俊;陆佩玲](#) 华北平原麦田土壤呼吸特征[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004(09)
13. [Lal R](#) Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[外文期刊] 2004(11)
14. [王旭梅;张颖;安晓光](#) 农业可持续性评价指标体系及其权重的确定[期刊论文]-[东北农业大学学报](#) 2004(03)
15. [田淑敏;刘瑞涵;侯富强](#) 京郊农田保护性耕作技术实施效益的评价指标体系研究[期刊论文]-[北京农学院学报](#) 2006(04)
16. [吴殿廷;李东方](#) 层次分析法的不足及其改进的途径[期刊论文]-[北京师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2004(02)
17. [封志明;郑海霞;刘宝勤](#) 基于遗传投影寻踪模型的农业水资源利用效率综合评价[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2005(03)
18. [杨晓华;杨志峰;沈珍瑶](#) 城市环境质量综合评价的多目标决策理想区间法[期刊论文]-[系统工程理论与实践](#) 2005(08)
19. [赵小勇;付强;邢贞相](#) 投影寻踪模型的改进及其在生态农业建设综合评价中的应用[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(05)
20. [张斌](#) 参数投影寻踪模型在坡耕地水土保持牧草优选中的应用[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2007(02)
21. [金菊良;洪天求;李如忠](#) 巢湖流域生态环境质量动态综合评价的客观赋权法[期刊论文]-[水力发电学报](#) 2005(05)
22. [张礼兵;程吉林;金菊良](#) 农业灌溉水质评价的投影寻踪模型[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(04)

## 本文读者也读过(8条)

1. [孙利军;张仁陟;蔡立群](#) [SUN Li-jun. ZHANG Ren-zhi. CAI Li-qiong](#) 黄土高原半干旱区保护性耕作经济适应性评价[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#)2006, 24(5)

2. [王斌](#), [张展羽](#), [魏永霞](#), [张国华](#), [李文才](#), [Wang Bin](#), [Zhang Zhanyu](#), [Wei Yongxia](#), [Zhang Guohua](#), [Li Wencai](#) [基于投影寻踪的农业基本旱情评估](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2009, 25(4)
3. [汤秋香](#), [谢瑞芝](#), [李少昆](#), [马林](#), [林涛](#), [石书兵](#), [高世菊](#), [刘国庆](#), [胡震斌](#), [牛兴奎](#), [TANG Qiu-Xiang](#), [XIE Rui-Zhi](#), [LI Shao-Kun](#), [MA Lin](#), [LIN Tao](#), [SHI Shu-Bing](#), [GAO Shi-Ju](#), [LIU Guo-Qing](#), [HU Zhen-Bin](#), [NIU Xing-Kui](#) [基于农户认知的保护性耕作模式产量效应模糊数学分析](#)[期刊论文]-[生态学报](#)2009, 29(8)
4. [汤秋香](#), [李少昆](#), [谢瑞芝](#), [章建新](#), [高世菊](#), [林涛](#), [柏军华](#), [刘国庆](#), [谭海珍](#), [金亚征](#) [保护性耕作农户认知情况调查分析](#)[期刊论文]-[作物杂志](#)2008(4)
5. [付强](#), [金菊良](#), [梁川](#) [基于实码加速遗传算法的投影寻踪分类模型在水稻灌溉制度优化中的应用](#)[期刊论文]-[水利学报](#)2002(10)
6. [王敏](#), [张锋伟](#), [郑炫](#), [刘聚才](#), [马玉羊](#), [WANG Min](#), [ZHANG Feng-wei](#), [ZHENG Xuan](#), [LIU Ju-cai](#), [MA Yu-yang](#) [甘肃省保护性耕作的发展现状及效益分析](#)[期刊论文]-[湖北农业科学](#)2009, 48(1)
7. [孙悦超](#), [麻硕士](#), [陈智](#), [赵永来](#), [苏洁](#), [Sun Yuechao](#), [Ma Shuoshi](#), [Chen Zhi](#), [Zhao Yonglai](#), [Su Jie](#) [植被盖度和残茬高度对保护性耕作农田防风蚀效果的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2010, 26(8)
8. [陈智](#), [麻硕士](#), [赵永来](#), [孙悦超](#), [崔红梅](#), [Chen Zhi](#), [Ma Shuoshi](#), [Zhao Yonglai](#), [Sun Yuechao](#), [Cui Hongmei](#) [保护性耕作农田地表风沙流特性](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2010, 26(1)

#### 引证文献(7条)

1. [李芳花](#), [王柏](#), [孙艳玲](#), [蔡体久](#) [基于微粒群算法的投影寻踪模型对调亏灌溉模式评价](#)[期刊论文]-[东北农业大学学报](#) 2013(2)
2. [王柏](#), [张忠学](#), [李芳花](#), [孙艳玲](#), [丁红](#) [基于改进双链量子遗传算法的投影寻踪调亏灌溉综合评价](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012(2)
3. [黄凰](#), [杨敏丽](#), [蔡强](#) [全程机械化下广西水稻免\(少\)耕生产模式\\*](#)[期刊论文]-[中国农机化学报](#) 2013(4)
4. [张会玉](#), [李辉](#), [张宪雷](#) [烤烟节水灌溉模式评价](#)[期刊论文]-[湖南农业科学](#) 2012(23)
5. [王海](#), [刘万军](#), [王斌](#) [黄河上中游盐碱区保护性耕作技术模式及其实施效益分析——以宁夏平罗县保护性耕作示范项目区为例](#)[期刊论文]-[江西农业学报](#) 2011(12)
6. [陈晓东](#), [许淼](#) [基于烤烟品质的最优控制灌溉模式选择](#)[期刊论文]-[河南农业科学](#) 2013(6)
7. [王芳](#), [冯艳芬](#), [卓莉](#), [周涛](#) [基于改进遗传算法投影寻踪的大城市郊区耕地安全综合评价](#)[期刊论文]-[热带地理](#) 2013(4)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_nygcxb201004029.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb201004029.aspx)