

模糊聚类分析在旱作农业分区上的应用

吴乐民 温演望

(农学系)

摘要 本文选择广东省 12 个地区样本, 根据 6 个特征, 应用模糊聚类分析进行旱作农业分区。结果表明: 模糊聚类分析用于旱作农业分区符合实际情况, 且比现时旱作农业划分方法为好。模糊数学原理可用于耕作制度的分类和指标权重的评估。这是旱作农业分区定量化研究的一次新探讨。

关键词 旱作农业; 模糊聚类分析; 分区

模糊数学是研究自然界中事物模糊性的数学方法。聚类分析是根据事物的特性并按照预定的标准对事物进行分类的数学方法。模糊聚类分析则是应用模糊数学原理对伴随有模糊性事物的多性状多指标进行多元综合分析的数学方法。对此, 数学、计算、气象科学工作者做过详尽的描述和介绍^[2~4, 10]。

近廿年来, 随着方法的日臻完善, K. Kyuma & K. Kawaguchi^[13]、B. A. ПОЖКОВ^[14]、刘多森等^[6]、刘兴久等^[7]都曾用聚类分析或模糊聚类分析解决土壤分类问题; 刘蕴熏等^[5]、吴锡武^[8]探讨了模类聚类分析在农业气候划分上的应用; 马培荣^[1]用平均绝对相似距离判别农业气候区; 孙荣强^[9]把模糊论用于干旱分析; 莫惠栋等^[11]用聚类方法分析江浙沪大麦品种的性状; 等等。

本文拟就广东旱作农业分区进行的模糊聚类分析应是一次有益的尝试。旱作农业分区采用多指标体系, 结构复杂, 边界不清, 在量上没有明确的界限, 含有一定的模糊性。采用模糊聚类分析就是突破“二值逻辑”限制, 运用模糊数学原理对界限不清的多项指标进行综合分析, 使分类结果更加切合实际, 藉以促进模糊数学在耕作学科上的应用, 使其向更高层次的数据化、定量化、综合化方向发展。

据《广东统计年鉴 1988》^[12]有关资料: 广东旱地约占耕地的 24.4%, 包括旱田在内的旱作农业播种面积则占全省的 33.1%。生产了社会必需的全部糖料、油料、豆类、烟草和麻类。薯类、旱粮、麦类约占粮食播种面积的 14.6%, 其产量却仅占粮食总产的 9.8%。从可比的种植业能量转化效率看到: 稻谷在 80.95% 的面积上大约转化了 $47.09 \times 10^{16} \text{J}$ 的能量, 仅相当于转化总能量的 73.9%, 而旱作糖料、油料、旱粮、薯类、豆类、麻类、烟草却在 19.05% 的面积上转化了 $16.64 \times 10^{16} \text{J}$ 的能量, 相当于转化总能量的 26.1%, 由此可见, 旱作农业的生产潜力及其在农业生产上的地位是不容忽视的。

开展旱作农业分区的目的, 在于挖掘旱作农业生产的潜力, 进一步明确并进而提高旱作农业在热带亚热带所处的地位, 促进改变我省农业发展的相对不平衡状态, 为我省各级领导部门修订农业发展战略和农业发展规划以及分类指导、调整农业结构提供科学依据。

1990-07-14 收稿

1 材料方法

广东地处热带亚热带,农业资源丰富,光热利用有效性高,降水充沛,但年际变化大,年内分配也不均匀,经常出现程度不同的季节性气候干旱和土壤干旱,给作物生育带来危害,且因旱地肥力较低或因旱田(指水田旱作地)缺水致使肥力不得发挥,显然水肥是限制旱作农业生产发展的主要因素。

旱作农业分区是耕作科学的基础工作之一,也是耕作科学发展水平的综合标志。根据已有实践:旱作农业类型分异规律应是旱作农业分区的基本依据,旱作农业所占比重及其特征应是旱作农业分区的主要依据。同时也应看到影响旱作农业生产的因素很多,生态类型多样,具有综合的特点,需要采用多因素综合分析的方法,在明确分区原则前提下,建立以旱作农业所占比重及其特征(如:旱地、旱坡、旱田所占比重)为主要指标,干燥度,干旱频率,积温,作物生产潜势,自然地带,耕地状况,种植业特征(如:熟制、复种指数等),经济水平(如:人均粮食、人均收入等)为辅助指标的多指标体系,以全面深入地反映旱作农业的特征。

根据已有资料,划分为12个样本,依据广东多年气象资料,结合作者近三年对粤北、粤东、粤西南等地旱作农业的研究分析,从多指标体系中选择与旱作农业分区最为密切的6个指标,作为模糊聚类分析因子。把每个样本视为 n 的 m 维空间上的一个向量, $X_i = \{x_{ij}\}$ ($i=1, 2, \dots, n$), $m=6$ 代表因子数。这样 n 个样本可排成一个矩阵,即

$${}_nX_m = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots\dots & X_m \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{matrix} & \left\{ \begin{matrix} x_{11} & x_{12} & \dots\dots & x_{16} \\ x_{21} & x_{22} & \dots\dots & x_{26} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{121} & x_{122} & \dots\dots & x_{126} \end{matrix} \right\} & = & \{x_{ij}\} & \begin{matrix} (i=1, 2, \dots, 12; \\ j=1, 2, \dots, 6) \end{matrix} \end{matrix}$$

样本容量 $n=12$,因子数 $m=6$ 的样本集,详见表1。

表1 模糊聚类分析样本集

序号	样 本	DS 旱地占耕地 比重 (%)	DCS 旱作占 播种面积 比重(%)	DGS 早粮薯、麦 占粮食比重 (%)	SIO 复种指数比 值(作物面积 占耕地比)	K 干燥度 $\left(K = \frac{0.16\Sigma T}{r}\right)$	ΣT $\geq 10^\circ\text{C}$ 年平均 积温
1	广州	15.4	18.70	6.4	1.686	0.71	7 651
2	汕头	21.1	40.60	32.5	2.061	0.77	7 621
3	佛山	31.0	17.92	4.4	1.572	0.72	7 661
4	江门	18.8	23.97	10.8	1.859	0.64	7 705
5	韶关	27.8	32.86	18.3	1.795	0.68	6 645
6	湛江	42.8	51.37	29.3	1.487	0.87	8 351
7	茂名	19.2	35.95	24.3	2.022	0.56	7 990

续表 1

序号	样 本	DS 旱地占耕地 比重 (%)	DCS 旱作占 播种面积 比重(%)	DGS 旱粮薯、麦 占粮食比重 (%)	SIO 复种指数比 值(作物面积 占耕地比)	K 干燥度 $(K = \frac{0.16\Sigma T}{r})$	ΣT $\geq 10^\circ\text{C}$ 年平均 积温
8	深圳	24.2	24.76	8.6	1.300	0.64	7 705
9	珠海	10.7	41.20	4.1	1.356	0.64	7 705
10	梅县	17.3	20.51	11.6	1.930	0.81	7 288
11	惠阳	23.8	29.67	16.7	1.868	0.71	7 623
12	肇庆	15.9	21.51	11.0	1.894	0.75	7 760

2 结果分析

2.1 数据标准化

为消除各样本指标测值量纲量级的影响,采用极差正规化法,对数据进行标准化处理。将 X_{ij} 变换为

$$X_{ij}^* = (x_{ij} - \min \{x_{ij}\}) / (\max \{x_{ij}\} - \min \{x_{ij}\}) \quad (i=1, 2, \dots, 12; j=1, 2, \dots, 6)$$

6)

$\{X_{ij}^*\}$ 的极差为 1, 消除了量纲量级的干扰, 且 $0 \leq X_{ij}^* \leq 1$ 。详见表 2。

表 2 经标准化的数据

样本	DS	DCS	DGS	SIO	K	ΣT
1	0.146 4	0.023 3	0.081 0	0.507 2	0.483 9	0.589 7
2	0.324 0	0.678 0	1.000 0	1.000 0	0.677 4	0.572 1
3	0.632 4	0.000 0	0.010 6	0.357 4	0.516 2	0.595 6
4	0.252 3	0.180 9	0.235 9	0.734 6	0.258 1	0.621 3
5	0.532 7	0.446 6	0.500 0	0.650 5	0.387 1	0.000 0
6	1.000 0	1.000 0	0.887 3	0.245 7	1.000 0	1.000 0
7	0.264 8	0.542 0	0.711 3	0.948 8	0.000 0	0.788 4
8	0.420 6	0.204 5	0.158 5	0.000 0	0.258 1	0.621 3
9	0.000 0	0.696 0	0.000 0	0.073 6	0.258 1	0.621 3
10	0.205 6	0.077 4	0.264 1	0.827 9	0.806 5	0.037 7
11	0.408 1	0.351 3	0.443 7	0.746 4	0.483 9	0.573 3
12	0.162 0	0.107 3	0.243 0	0.780 6	0.612 7	0.653 6

2.2 建立相似系数矩阵

消除量纲影响后,选用空间向量夹角余弦法计算相似系数,即把任何两个样本 X_i, X_j 看成 m 维空间的两个向量,其两向量的夹角余弦(即相似系数)用 $\text{Cos}\theta_{ij}$ 来表示,即

$$X_i = \begin{Bmatrix} X_{i1} \\ X_{i2} \\ \vdots \\ X_{im} \end{Bmatrix}; X_j = \begin{Bmatrix} X_{j1} \\ X_{j2} \\ \vdots \\ X_{jm} \end{Bmatrix}$$

$$\text{Cos}\theta_{ij} = X_i' X_j / |X_i| |X_j|$$

$$= \sum_{k=1}^m X_{ik} X_{jk} / \sqrt{\sum_{k=1}^m X_{ik}^2 \cdot \sum_{k=1}^m X_{jk}^2}$$

($i, k=1, 2, \dots, 12; j=1, 2, \dots, 6$) ($m=6$)

$\text{Cos}\theta_{ij}$ 应在 $0 \sim 1$ 之间,即 $0 \leq \text{Cos}\theta_{ij} \leq 1$,当 $\text{Cos}\theta_{ij}=1$ 时, X_i 与 X_j 完全相似; $\text{Cos}\theta_{ij}=0$,说明两个样本 X_i 与 X_j 完全不一样; $\text{Cos}\theta_{ij}$ 越接近零,说明两个样本 X_i 与 X_j 差别越大。相似系数矩阵如表 3。

表 3 相似系数矩阵表 (实对称矩阵)

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 0 & & & & & & & & & & & \\ 0.7722 & 0 & & & & & & & & & & \\ 0.8770 & 0.6438 & 0 & & & & & & & & & \\ 0.9274 & 0.8708 & 0.8092 & 0 & & & & & & & & \\ 0.6069 & 0.9025 & 0.6332 & 0.7451 & 0 & & & & & & & \\ 0.7020 & 0.8398 & 0.7862 & 0.7228 & 0.7828 & 0 & & & & & & \\ 0.7325 & 0.9059 & 0.5934 & 0.9185 & 0.7672 & 0.7260 & 0 & & & & & \\ 0.7339 & 0.6308 & 0.8618 & 0.7092 & 0.5185 & 0.8953 & 0.2596 & 0 & & & & \\ 0.6030 & 0.6054 & 0.5089 & 0.6092 & 0.4133 & 0.7455 & 0.6240 & 0.7343 & 0 & & & \\ 0.7882 & 0.8056 & 0.6709 & 0.7500 & 0.8174 & 0.5892 & 0.5894 & 0.3732 & 0.2958 & 0 & & \\ 0.8932 & 0.9551 & 0.8249 & 0.9591 & 0.8760 & 0.8577 & 0.9051 & 0.7514 & 0.6343 & 0.8227 & 0 & \\ 0.9821 & 0.8618 & 0.8275 & 0.9553 & 0.7128 & 0.6253 & 0.8053 & 0.6759 & 0.5839 & 0.8577 & 0.9421 & 0 \end{pmatrix}$$

模糊聚类分析所依据的是模糊等价关系,经运算得到的模糊关系 $\tilde{R}$ 只满足对称性,即当 $i=j$ 时, $\text{Cos}\theta_{ij}=0$;且 $\text{Cos}\theta_{ij}=\text{Cos}\theta_{ji}$, $\tilde{R}$ 即满足对称性。令 $\tilde{R}=(1-\text{Cos}\theta_{ij})$,当 $i=j$ 时, $\text{Cos}\theta_{ij}=1$,矩阵 $\tilde{R}$ 的主对角线元素由 0 变成 1,即满足自反性。此模糊关系矩阵 $\tilde{R}$ 是一个实对称矩阵,实为模糊相容关系。故而,需将模糊相容关系改造成为模糊等价关系,即满足传递性。

2.3 模糊等价矩阵的建立与计算

满足传递性的改造方法是对矩阵 $\tilde{R}$ 进行集合的内积运算,直至 $\tilde{R}$ 满足传递性。通过逻辑运算得到 $\tilde{R} \circ \tilde{R} = \tilde{R}^2$, $\tilde{R}^2 \circ \tilde{R} = \tilde{R}^3$,得 $\tilde{R}^3, \tilde{R}^4, \dots$ 直至某步出现 $\tilde{R}^k = \tilde{R}^{k+1}$,即后一步矩阵与前一步矩阵相同时, $\tilde{R}^k$ 即是一个模糊等价关系。

内积运算的公式是:

$$\tilde{R} \circ \tilde{R} = \bigvee_{t=1}^n (r_{it} \wedge r_{tj}) \quad (i, j, t=1, 2, \dots, 12) \quad (\text{样本容量 } n=12)$$

式中“ $\vee$ ”与“ $\wedge$ ”表示逻辑运算,当集合中只包括有限元素时,就是分别取其最大值($\vee = \max$)和最小值($\wedge = \min$)。 $r_{ii} \wedge r_{ij}$ 表示两者的交运算,对应值取最小; $\bigvee_{i=1}^n (r_{ik} \wedge r_{ij})$ 表示对 $(r_{ik} \wedge r_{ij})$ 向量的并运算,对应值取最大。

经过 $\underline{R} \circ \underline{R}$ 集合内积运算,得到 $\underline{R}^2$,见表4。

表4 相似系数矩阵表 (相容关系矩阵)

$$\underline{R}^2 = \left\{ \begin{array}{cccccccccccc} 1 & & & & & & & & & & & \\ 0.89 & 1 & & & & & & & & & & \\ 0.88 & 0.83 & 1 & & & & & & & & & \\ 0.96 & 0.96 & 0.88 & 1 & & & & & & & & \\ 0.88 & 0.90 & 0.83 & 0.88 & 1 & & & & & & & \\ 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 1 & & & & & & \\ 0.89 & 0.91 & 0.83 & 0.92 & 0.96 & 0.86 & 1 & & & & & \\ 0.86 & 0.84 & 0.86 & 0.81 & 0.78 & 0.90 & 0.75 & 1 & & & & \\ 0.73 & 0.75 & 0.75 & 0.72 & 0.75 & 0.86 & 0.73 & 0.75 & 1 & & & \\ 0.86 & 0.86 & 0.83 & 0.86 & 0.82 & 0.82 & 0.82 & 0.75 & 0.63 & 1 & & \\ 0.94 & 0.96 & 0.88 & 0.96 & 0.88 & 0.86 & 0.92 & 0.86 & 0.75 & 0.86 & 1 & \\ 0.98 & 0.94 & 0.88 & 0.96 & 0.88 & 0.86 & 0.92 & 0.83 & 0.68 & 0.86 & 0.96 & 1 \end{array} \right\}$$

经多次运算得到 $\underline{R}^{16} = \underline{R}^8 = \underline{R}^*$,即满足传递性。 $\underline{R}^*$ 是一个模糊等价关系矩阵(表5)。

表5 模糊等价矩阵表

$$\underline{R}^* = \left\{ \begin{array}{cccccccccccc} 1 & & & & & & & & & & & \\ 0.96 & 1 & & & & & & & & & & \\ 0.88 & 0.88 & 1 & & & & & & & & & \\ 0.96 & 0.96 & 0.88 & 1 & & & & & & & & \\ 0.90 & 0.90 & 0.88 & 0.90 & 1 & & & & & & & \\ 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 1 & & & & & & \\ 0.92 & 0.92 & 0.88 & 0.92 & 0.90 & 0.86 & 1 & & & & & \\ 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.90 & 0.86 & 1 & & & & \\ 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 1 & & & \\ 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 1 & & \\ 0.96 & 0.96 & 0.88 & 0.96 & 0.90 & 0.86 & 0.92 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 1 & \\ 0.98 & 0.96 & 0.88 & 0.96 & 0.90 & 0.86 & 0.92 & 0.86 & 0.86 & 0.86 & 0.96 & 1 \end{array} \right\}$$

2.4 模糊聚类分析

$\underline{R}^*$ 值是模糊等价关系,反映了各样本之间相似性与分类的可能性,用给定的 $\lambda \in [0, 1]$ 截取该模糊关系,可相应得到一个普通等价关系 R_λ , R_λ 决定一个 λ 水平的分类。该矩阵有0.98, 0.96, 0.92, 0.90, 0.88, 6个概率阈值。

当 $\lambda > 0.98$ 时, 每一个样本各为一类, 分为 12 类, $\{x_1\}, \{x_2\}, \dots, \{x_{12}\}$ 。

$\lambda = 0.98$, 小于 0.98 的元素都变为 0, 0.98 的元素都变为 1, x_1, x_{12} 归并为一类, 其余自成一类, 分为 11 类, $\{x_1, x_{12}\}, \{x_2\}, \{x_3\}, \{x_4\}, \{x_5\}, \{x_6\}, \{x_7\}, \{x_8\}, \{x_9\}, \{x_{10}\}, \{x_{11}\}$ 。

$\lambda = 0.96$, $x_1, x_2, x_4, x_{11}, x_{12}$ 归为一类, 其余自成一类, 计分 8 类, $\{x_1, x_2, x_4, x_{11}, x_{12}\}, \{x_3\}, \{x_5\}, \{x_6\}, \{x_7\}, \{x_8\}, \{x_9\}, \{x_{10}\}$ (详见图 1)。

$\lambda = 0.92$, $x_1, x_2, x_4, x_7, x_{11}, x_{12}$ 归为一类, 计分 7 类, $\{x_1, x_2, x_4, x_7, x_{11}, x_{12}\}, \{x_3\}, \{x_5\}, \{x_6\}, \{x_8\}, \{x_9\}, \{x_{10}\}$ 。

$\lambda = 0.90$, $x_1, x_2, x_4, x_5, x_7, x_{11}, x_{12}$ 归为一类, 计分 5 类, $\{x_1, x_2, x_4, x_5, x_7, x_{11}, x_{12}\}, \{x_3\}, \{x_6, x_8\}, \{x_9\}, \{x_{10}\}$ 。

$\lambda = 0.88$, $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_{11}, x_{12}$ 归为一类, 计分 4 类, $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_{11}, x_{12}\}, \{x_6, x_8\}, \{x_9\}, \{x_{10}\}$ 。

$\lambda \leq 0.86$, R_λ 的元素全为 1, 所有 $x_1, x_2, \dots, x_{12}$, 全归一类, 即 $\{x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_{12}\}$ 。

综合上述分析结果, 可得模糊聚类图 (图 2)。

3 讨论

3.1 从模糊聚类图可见, 当 $\lambda = 0.88$ 时, 分为 4 大类: $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_{11}, x_{12}\}$ 为 1 类, 其他 $\{x_6, x_8\}, \{x_9\}, \{x_{10}\}$ 各为 1 类。然而, 从样本集指标看, 将 x_6, x_8 划为 1 类显然是不合适的。就 x_6 而言, DS、DCS、 ΣT 、K 值在同类指标中最大, DGS 近于高限, 而 SIO 则近于低限, 具有热带严重春旱地区的旱作农业特征; 而 x_8 的 DS、DCS 虽占有一定比重, DGS、K 值却近于低值, ΣT 接近于高值, 而 SIO 则属最低值, 具有南亚热带旱作农业的特征。 $\{x_{10}\}$ 的 DS、DCS、DGS 占有一定比重, SIO、K 值近于高限, 而 ΣT 却接近于最低限, 具有南亚热带严重秋旱旱作农业特征。 $\{x_9\}$ 的 DS 虽较小, 而 DCS 却

高, 近于最高值, 这主要是与糖蔗占耕地面积高达 47.8% 有关, SIO、K 值都近于低值, ΣT 接近于高值, 而 DGS 却是最低值。由此看出, x_6, x_8 是属南亚热带旱作农业中的两种特殊类型, 藉毗邻港澳之优势, 发展旱作创汇农业有着广阔的前途。

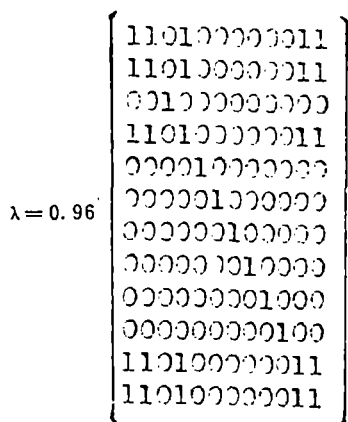


图 1 模糊聚类隶属矩阵图

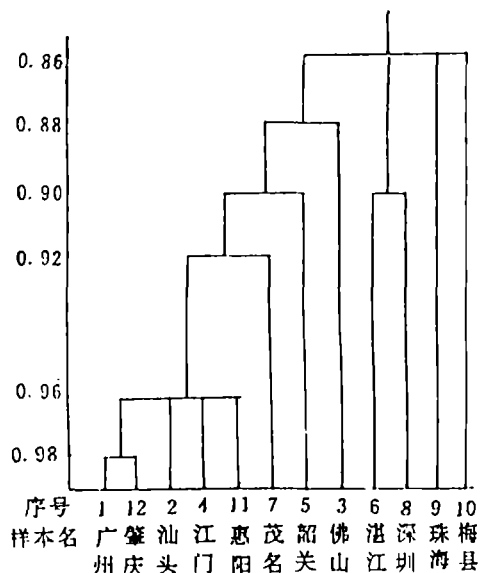


图 2 模糊聚类图

当 $\lambda=0.96$ 时,分为8大类(即将上述 $\{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_{11}, x_{12}\}$ 中的 $\{x_3\}$, $\{x_5\}$, $\{x_7\}$ 分出各为1类),即 $\{x_1, x_2, x_4, x_{11}, x_{12}\}$ 为1类, $\{x_3\}$, $\{x_5\}$, $\{x_6\}$, $\{x_7\}$, $\{x_8\}$, $\{x_9\}$, $\{x_{10}\}$ 各为1类,则能更好地反映广东旱作农业的实际情况。就 $\{x_1, x_2, x_4, x_{11}, x_{12}\}$ 而言,除个别指标,其他各项指标都较为近似。 $\{x_3\}$ DS 高达 31%, 是南亚热带各类区的高值,而 DGS、SIO 值又都较低,单划 1 类是适宜的, $\{x_5\}$ 有较高的 DS、DCS、DGS 值, ΣT 在指标样本集内最低,有明显的地区性差异,是属中亚热带旱作农业特征。 $\{x_7\}$ 的 DS、DCS、DGS、SIO、 ΣT 值较高,除 DS 外,皆接近于最高值,而 K 值则为最低值,是典型的由南亚热带向热带过渡的旱作农业区。

3.2 根据表 1 旱作农业的分区指标样本集进行的模糊聚类分析,当 $\lambda=0.96$ 时,分为 8 大类是适当的。考虑到广东省气候地带分区,将广东省旱作农业分区分为 3 个一级区,8 个二级区是可取的,既反映了模糊数学的灵活性、实用性,又保持了旱作农业分区的综合性。其具体划分为

I、中亚热带粤北旱作农业区(翁源、英德以北韶关所属县市及有关县)。

II、南亚热带粤东粤中旱作农业区。

II-1、粤东旱作农业区(连平以南梅州、河源所属县市); II-2、粤中旱作农业区(广州以南、肇庆、汕头、江门、惠阳等县市); II-3、佛山旱作农业区(佛山所属县市); II-4、深圳旱作农业区(深圳所属县市); II-5、珠海旱作农业区(珠海所属县市); II-6、茂名旱作农业区(茂名所属县市)。

III、北热带粤西南旱作农业区(廉江以南湛江所属县市)。

3.3 模糊聚类分析是多因子综合分析方法,与“二值逻辑”不同,它反映多指标内在的组合关系,是对所有性状分类的方法。分析结果的可靠程度取决于所取样本的代表性和可靠性,因此,根据分类目的,选择确定具有代表性的指标是十分重要的。把模糊聚类分析应用于广东旱作农业分区,既是对当前我省旱作农业现状的客观反映,也是模糊数学在耕作学科应用的一次有益尝试。分析结果表明是可行的。耕作科学研究确有大量的模糊性问题,诸如耕作制度综合评价的分级、分类以及评价权重的确定等,都有待通过模糊数学方法去解决。模糊数学在耕作学科上的应用,必将促进耕作科学的发展。

致谢 承蒙骆世明、王润华副教授先后审阅并提出宝贵意见。

参 考 文 献

- 1 马培荣. 平均绝对相似距离判别聚类方法在农业气候区划中的应用. 农业气象, 1982 (4): 41~44
- 2 方开泰. 数学的实践和认识. 聚类分析, 1978 (1): 66~68, (II): 54~62
- 3 区奕勤等. 模糊数学原理及应用. 成都: 电讯工程学院出版社, 1988. 148~172
- 4 丘宝剑等. 农业气候区划及其方法. 北京: 科技出版社, 1987. 78~91
- 5 刘蕴熏等. 聚类分析方法在农业气候区划中的应用. 气象, 1981 (10): 20~21
- 6 刘多森等. 聚类分析在太湖地区水稻土物质分类上的应用. 土壤学报, 1980, 17 (4): 374~381
- 7 刘兴久等. 模糊聚类分析在土壤分类中的应用. 东北农学院学报, 1988 (2): 119~126
- 8 吴锡武. 用模糊聚类探讨临夏州农业气候类型划分. 农业气象, 1982 (4): 44~47
- 9 孙荣强. 干旱研究的模糊论方法. 干旱地区农业研究, 1989 (2): 61~67

- 10 陈国良等. 微机应用与农业系统模型. 西安: 陕西科技出版社, 1986, 180~192, 321~334
- 11 莫惠栋等. 江浙沪大麦品种农艺性状的聚类分析. 中国农业科学, 1987, 20 (3): 28~38
- 12 广东省统计局. 各市地耕地面积. 广东统计年鉴, 北京: 中国统计出版社, 1988, 109~192
- 13 Kyuma K & Kawaguchi K. Soil material classification for paddy soil in Japan, Soil Sci, Plant Nutr, 1976, 22 (2): 111~124
- 14 РОЖКОВ В А. ПРОШИНА Н В. Методические работы и краткие сообщения ПОЧВОВЕЩЕНИЕ, 1977 (8): 106~116

THE APPLICATION OF FUZZY CLUSTER ANALYSIS TO DRYLAND FARMING PARTITION

Wu Lemin Wen Yanwang

(Department of Agronomy)

Abstract An application of Fuzzy Cluster Analysis to dryland farming partition based on six kind of characters of twelve region samples collected in Guangdong province was conducted and is reported in this paper. The result indicated that Fuzzy Cluster Analysis used in dryland farming partition reflected the real situation and is better than present methods of dryland farming partition. It may be used in the practice of farming system classification and to determining the weights of indexes in the evaluation of farming system. This is a significant attempt in the quantitative research of dryland farming partition.

Key words Dryland farming; Fuzzy cluster analysis; Partition

《西南农业大学学报》1992 年征订启事

《西南农业大学学报》是我校主办的综合性农业科学学术刊物, 主要刊登本校教师、科研人员有较高水平的学术论文、调查研究报告等, 也适当刊登校外来稿。本刊内容: 农学、植保、园艺、土化、食品、蚕桑、水产、农业工程、畜牧兽医、丝绸工程、农业经济与管理及作物遗传育种、植物生理生化等。读者对象为: 农业科研、生产、管理部门的专业人员及管理干部、农业院校师生等。

本刊为双月刊, 国内外公开发行, 每期定价 2.00 元, 全年共 12.00 元。订户均可通过邮局或银行直接汇款至学报编辑部办理订阅手续。如需挂号寄送, 每本加收挂号费 0.50 元。

本刊地址: 四川省重庆北碚区西南农业大学

开户行帐号: 重庆市工商行北碚朝阳分理处 93—842654002

邮政编码: 630716