

农业自然灾害系统灰色分析方法的探讨

On the Application of the Grey Relational Method to the Natural Disaster Systematic Analysis of Agriculture

李先琨

Li Xiankun

(广西植物研究所 桂林雁山 541006)

(Guangxi Institute of Botany, Yanshan, Guilin, Guangxi, 541006)

摘要 对灰色关联方法在农业自然灾害系统分析中的应用进行了探讨。认为,农业自然灾害对于农业生产的影响完全有别于生产资料投入的作用。当系统特征行为序列(x_0)为增长序列,相关因素序列(x_i)亦为增长序列时,不能就此判定 x_i 与 x_0 为正相关关系而直接进行建模。当促进因素的作用大于抑制因素的作用时,即使灾害的危害有所增加,农业生产仍可表现为一个增长序列。提出判定关联性的命题应为:设系统特征行为序列为 x_0 ,相关因素序列为 x_i ,则,1°当影响因素的性质一致时(如均为促进或抑制),设 x_0 为增长序列,若 x_i 为增长序列,则 x_i 与 x_0 呈正相关关系;若 x_i 为衰减序列,则 x_i 与 x_0 呈负相关关系。2°当系统主行为受性质不一致的因素(包含促进和抑制因素)影响时,若 x_i 的增长促使 x_0 增长或衰减趋势减弱, x_i 的衰减使 x_0 衰减或增长趋势减弱,则 x_i 与 x_0 呈正相关关系;若 x_i 增长促使 x_0 衰减或增长趋势减弱, x_i 衰减使 x_0 增长或衰减趋势减弱,则 x_i 与 x_0 为负相关关系。

关键词 农业自然灾害系统 灰色关联分析 关联性质判定

Abstract The application of grey relational method to the natural disaster systematic analysis of agriculture was discussed. The author's own view on it has been raised which are opposite sides for agriculture be influenced by the disasters and affecting for the means of producible. When the system action characteristic series (SACS) x_0 was a growth series and the factors series (FS) was also a growth series, the relationship was not necessarily to be positive between x_i and x_0 and thus not directly to construct the grey model. When the effect of promoting factors was stronger than thus not directly factors, though the endangerment of disasters rised to some extent, the agricultural production may remain showing a growth series. In the present paper, the theorem for diciding relational character was proposed. Defining there are the SACS (Reference Series) x_0 and FS $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$. Theorem 1° when the factors character shows no difference (all progress or all decrease), Let x_0 is a growth series, thus: if x_i is also the growth series, then the relational character is positive between x_i and x_0 ; if x_i is the decrease series, then the relational character is negative between x_i and x_0 . 2° when the factors character shows difference (include progress and decrease), thus: if the x_i increase impels the x_0 increase or abate its trend of declining, and the x_i decrease causes the x_0 decrease or weakens its trend of increase, then the relational character is positive between x_i and x_0 ; if the x_i increase makes the x_0 decrease or weakens its increase trend, and the x_i decrease makes the x_0 increase or alleviates its decrease trend, then the relational character is negative between x_i and x_0 .

Key words the natural disaster system of agriculture; grey relational analysis; decide relational character

灰色系统理论于1982年由邓聚龙先生创立,并以其全新的思想、方法和模型揭示了系统发展、演化

的规律,使对复杂系统之行为特征的探索和描述大大简化,众多科学领域及社会、经济等复杂巨系统的研究效率由于灰色系统理论的产生而得以成倍提高。

灰色系统理论目前已应用到农业、经济、社会、

1994-12-03 收稿。

生态、气象、地理尤其是军事等数十个领域^[1]，在自然灾害尤其是农业自然灾害的预测预报方面显示了强大的生命力。然而当前灰色系统理论在农业灾害分析方面的应用尚普遍存在着误区应予以明确和纠正。为此，本文试图在论述农业自然灾害系统的灰色关联分析方法的同时，探讨关联分析性质的确定，并且对分析方法予以完善和补充。

1 农业自然灾害系统的灰属性

1.1 灾害系统

灾害系统是地球表层系统中的一个特殊的异变系统。自然界物质能量交换过程中的某些异变、强大自然力的突然释放都可以形成自然灾害。人类活动违背自然规律时，也可以成为致灾因素，它们存在于地球表层大气圈、水圈、岩石圈和生物圈中，这就是天地生综合灾变系统^[2]。

自然灾害是正常事物发展过程中的一种异常突变现象，而这种异常突变所形成的自然灾害系统则是一个参数信息不完全、结构边界不明的本征性的灰色系统。

1.2 农业系统

农业生产受着许多因素的控制，其中包括自然的、社会的、人为的因素等等，例如粮食作物的产量受播种面积、灌溉条件、栽培技术、种子化肥、气候条件、自然环境、市场价格及宏观政策等诸多因素的影响，其中某些信息是明确的、而某些信息是不明确的，这个系统就是灰色系统。由此可确认，农业系统也是一个本征性的灰色系统。

1.3 农业自然灾害系统

自然灾害系统按其属性可分为气象性自然灾害、山地性自然灾害、海域性自然灾害等次级系统，各次级系统内又包含许多子系统，自然灾害系统的结构是十分庞大和复杂的。

自然灾害系统按其作用的对象又可划分为城市自然灾害、农业自然灾害等次级系统。我们把对农业生产、农村经济造成直接影响的自然灾害称为农业自然灾害。农业自然灾害系统是农业系统与自然灾害系统两个本征性灰系统的复合体。农业自然灾害系统也是一个灰系统，系统内部某些因素和信息也是不明确的。在我国，农业自然灾害一般为气象性自然灾害和生物性灾害，有的地区还包含有山地性自然灾害。

农业自然灾害系统的分析、评估是系统预测、减灾对策和决策的前提。农业自然灾害系统的灰关联分析弥补了用数理统计方法所导致的缺憾，而且方法简便易行。

2 农业自然灾害与农业生产的关联性质

2.1 灰关联分析的基本思想

关联度作为一种技术方法，是分析系统中各因素关联程度的方法，灰因素间的关联分析，实际上是系统分析、预测和决策的基石。作为一种数学理论，这方法实质上就是将无限收敛用近似收敛取代；将无限空间的问题用有限数列的问题取代；将连续的概念用离散的数据序列取代的一种方法^[3]。

灰关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断序列间关系是否紧密；曲线越接近，相应序列之间的关联度就大，反之就小。

一般的抽象系统(如农业生产系统和农业自然灾害系统)都包含着许多因素，多种因素共同作用的结果决定系统的发展态势，其中一些因素对系统发展影响大，一些因素影响小，而如何区分出这些因素的主次就必须进行系统分析。

对一个抽象的系统进行分析，首先要选准反映系统行为特征的数据序列。我们用农业总产值或种植业产值来反映农业生产状况，用各种灾害发生的面积来反映农业自然灾害的危害程度。

2.2 农业自然灾害系统对农业生产的作用

建立农业自然灾害系统灰色关联模型之前，首先要明确两者之间的关联性质，即农业自然灾害与农业生产之间存在的关系，互相之间的作用和影响。

任何自然灾害的发生发展都将对农业生产造成消极的影响，自然灾害的增长总是以农业生产受到损失为代价的，也就是说自然灾害对于农业生产是抑制的、起负作用。

2.3 关联性质

刘思峰等^[4]提出如下判定关联性质的命题：

设系统特征行为序列 x_0 为增长序列， x_i 为相关因素序列，则有

1°当 x_i 为增长序列时， x_i 与 x_0 为正相关关系；

2°当 x_i 为衰减序列时， x_i 与 x_0 为负相关关系。

按照以上命题来判定关联性质：假若某地区农业总产值和种植业产值 (x_0) 为增长序列，而同时自然灾害发生面积 (x_i) 也是增长序列，则 x_i 与 x_0 为正相关关系。显然，结论是错误的。农业生产受着许多因素的综合影响，而当积极因素(正相关因素如技术水平、投入管理等)的促进作用大于自然灾害的消极影响时，农业生产仍可表现为增长序列，只是这个序列的增长趋势相对削弱。

假设农业生产系统各相关因素(灾害因素除外)恒定， x_0 唯一受自然灾害 (x_i) 的影响，若 x_i 稳定不

变, 则 χ_0 也将保持稳定; 若 χ_i 为增长序列, χ_0 必将为衰减序列; 同样, 若 χ_i 为衰减序列, χ_0 将是一个增长序列。农业灾害对于农业生产的作用完全有别于灌溉条件、肥料投入、科技水平等促进因素的作用:

$$y_1 = 16.1303 + 0.6151\chi_1 + 1.7363\chi_2 + 1.0724\chi_3 + 0.0387\chi_7 + 1.1854\chi_{14} - 0.1341\chi_{17} - 0.0952\chi_{18} + U_1$$

$$y_2 = 39.0164 + \dots + 0.9632\chi_{14} - 0.4101\chi_{17} - 0.5437\chi_{18} + U_2$$

式中 y_1, y_2 为粮食产量, $\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_7, \chi_{14}$ 分别为化肥、有机肥、有效灌面、农机动力和农业科技水平, χ_{17}, χ_{18} 分别为水灾面积、旱灾面积, U_1, U_2 为常数。解释变量对 y_1, y_2 的影响显著, 解释力分别达到 99.89% 和 99.9%^[5]。显然, 水旱灾与粮食产量之间的协调系数为负, 所产生的影响是消极的, 其余因子为正。

综上所述, 可以确定: 农业自然灾害与农业生产之间的关系恒为负相关关系。

然而, 不少农业、气象科学工作者却忽视了最重要的关联性质确定, 直接运用各种灾害发生面积的数据序列 (χ_i) 与农业总产值等系统特征行为序列 (χ_0) 进行建模, 分析评价各类农业自然灾害对农业生产的危害。这样, 所得到的分析结果必然是错误的, 势必会影响系统预测决策的正确性, 从而导致减灾对策的失败。

当 χ_i 与 χ_0 为负相关关系时, 不能直接用相关因素序列 χ_i 与系统行为特征序列 χ_0 建立关联分析模型, 而必须将它们转化为正相关问题再作关联分析。

3 农业自然灾害灰关联分析方法

在确定自然灾害与农业生产的关联性质为负相关关系之后, 我们在实际操作和运行过程中, 就应该将负相关关系转化为正相关的问题来进行建模, 才能得到正确的分析结果, 为系统减灾服务。

3.1 因素序列 (χ_i) 算子作用象转化

若系统因素 χ_i 与系统主行为 χ_0 呈负相关关系, 则 χ_i 的逆化算子作用象 $\chi_i D_4$ 和倒数化算子作用象 $\chi_i D_5$ 与 χ_0 具有正相关关系^[4]。

其中 $\chi_i D_4 = (\chi_i(1)d_4, \chi_i(2)d_4, \dots, \chi_i(n)d_4)$,

$$\chi_i(k)d_4 = 1 - \chi_i(k), k = 1, 2, \dots, n,$$

$$\chi_i(k) \in [0, 1],$$

$$\chi_i D_5 = (\chi_i(1)d_5, \chi_i(2)d_5, \dots, \chi_i(n)d_5),$$

$$\chi_i(k)d_5 = 1/\chi_i(k), k = 1, 2, \dots, n.$$

3.1.1 逆化算子作用象转化

广西科学 1995年5月 第2卷第2期

在农业自然灾害系统分析时, 若以种植业产值或农业总产值作为农业生产系统特征行为序列 χ_0 , 各种自然灾害(水灾、旱灾、虫灾等)发生的面积为 χ_i , 农作物播种面积为 A_i , 则 χ_i 与 A_i 具有正相关关系, χ_i 与 χ_0 为负相关, χ_i/A_i 与 χ_0 亦为负相关, 设 $\chi'_i = \chi_i/A_i$, 则 $\chi'_i \in [0, 1]$

$$\chi'_i D_4 = 1 - \chi'_i(k), k = 1, 2, \dots, n,$$

$\chi'_i D_4$ 与 χ_0 呈正相关关系。

3.1.2 倒数化和算子作用象转化

χ_0 为系统主行为, χ_i 为灾害发生面积, 采用倒数化算子进行转化。

$$\chi_i D_5 = 1/\chi_i(1), 1/\chi_i(2), \dots, 1/\chi_i(n)$$

则 $\chi_i D_5$ 与 χ_0 呈正相关关系。

3.1.3 常数化算子作用象转化

根据灰关联公理和灰关联分析的性质, 还可以采用常数算子来进行转化。

设 A_i 为作物总播种面积, χ_i 为灾害发生面积, 则 $\chi_i \leq A_i$,

$$\chi'_i = A_i - \chi_i,$$

χ'_i 即为各种灾害的非受灾面积, χ'_i 与 χ_0 之间的关系亦为正相关关系。

3.2 灰色关联度的计算方法

在经过算子作用象将负相关关系转化为正相关关系之后, 就可进行灰色关联度的计算, 分析各种自然灾害的危害程度。

3.2.1 绝对关联度

灰色绝对关联度是从 χ_i 与 χ_0 的绝对量关系着眼考虑的, 它体现折线 χ_0 与 χ_i 的相似程度。

$$\epsilon_{\alpha} = \frac{1 + |S_0| + |S_i|}{1 + |S_0| + |S_i| + |S_i - S_0|},$$

$$\text{式中 } S_i = \int_1^n (\chi_i - \chi_i(1))dt, S_0 = \int_1^n (\chi_0 - \chi_0(1))dt.$$

3.2.2 相对关联度

灰色相对关联度是序列 χ_0 与 χ_i 相对于始点的变化速度之联系的数量表征, 它体现 χ_0 与 χ_i 的变化速率关系。

$$r_{\alpha} = \frac{1 + |S'_0| + |S'_i|}{1 + |S'_0| + |S'_i| + |S'_i - S'_0|},$$

$$\text{式中 } S'_i = \int_1^n (\chi'_i - \chi'_i(1))dt, S'_0 = \int_1^n (\chi'_0 - \chi'_0(1))dt,$$

χ'_i, χ'_0 分别为 χ_i, χ_0 的初值象。

3.2.3 灰色综合关联度

灰色综合关联度既体现折线 χ_0 与 χ_i 的相似程度,又可反映出 χ_0 与 χ_i 相对于始点的变化速率的接近程度,乃是较为全面地表征序列之间联系是否紧密的一个数量指标。

$$\rho_{\alpha} = \theta \cdot \epsilon_{\alpha} + (1-\theta) \cdot r_{\alpha}, \theta \in [0, 1],$$

θ 的大小取决于系统分析的需要。当灰关联算子和 θ 值取定后,灰色综合关联度 ρ_{α} 是唯一的,系统特征行为序列与各相关因素行为序列关联度的大小顺序即可排列出来。

由此,即可正确评估各种自然灾害对于农业生产危害性的大小,从而制定正确有效的减灾对策,以减轻农业生产和经济建设的损失。

4 实例分析

本文以广西某地区的农业自然灾害灰关联模型作为实例进行分析,以比较各种灰关联算子作用象的建模结果。

设该地区种植业产值为 χ_0 , 该地区主要的农业自然灾害有水土流失 (χ_1)、水灾 (χ_2)、旱灾 (χ_3)、病虫害 (χ_4)、冷害 (χ_5)、风雹灾 (χ_6) 等 6 大类。由于该地区森林稀少、植被破坏,系统结构不合理,造成系统功能低下,生境脆弱,各种自然灾害频繁,对农业生产造成严重的危害。正确评估该地区农业自然灾害的危害性,将可以为农业生态经济系统结构优化调整、系统功能和抗灾能力提高和相应的减灾对策制定提供依据。

4.1 采用倒数化算子作用象转化的建模结果

4.1.1 绝对关联度

$$\begin{aligned} \epsilon_{01} &= 0.5000, & \epsilon_{02} &= 0.5007, & \epsilon_{03} &= 0.5013, \\ \epsilon_{04} &= 0.5049, & \epsilon_{05} &= 0.5022, & \epsilon_{06} &= 0.5006 \end{aligned}$$

关联序为 $\epsilon_{04} > \epsilon_{05} > \epsilon_{03} > \epsilon_{02} > \epsilon_{06} > \epsilon_{01}$ 。

4.1.2 相对关联度

$$\begin{aligned} r_{01} &= 0.7758, & r_{02} &= 0.7815, & r_{03} &= 0.7781, \\ r_{04} &= 0.7795, & r_{05} &= 0.7872, & r_{06} &= 0.8110 \end{aligned}$$

关联序为 $r_{06} > r_{05} > r_{02} > r_{04} > r_{03} > r_{01}$ 。

4.1.3 综合关联度

当把 ϵ_{α} 与 r_{α} 同等重要看待时,取 $\theta = 0.5$, 则 $\rho_{\alpha} = 0.5\epsilon_{\alpha} + 0.5r_{\alpha}$, 有:

$$\begin{aligned} \rho_{01} &= 0.6379, & \rho_{02} &= 0.6411, & \rho_{03} &= 0.6397, \\ \rho_{04} &= 0.6422, & \rho_{05} &= 0.6477, & \rho_{06} &= 0.6558, \end{aligned}$$

各种自然灾害与种植业产值的关联度的数值非常接

近,表明该地区各种自然灾害对种植业生产的影响程度相当,顺序依次为:

风雹灾 > 冷害 > 病虫害 > 水灾 > 旱灾 > 水土流失

4.2 采用转换常数转化的建模结果

以每年农作物播种面积 A_i 为转换常数进行转化;

$$\chi'_i = A_i - \chi_i,$$

χ'_i 为自然灾害的非发生面积。

建立灰关联分析模型,得到综合关联序:

$$\rho_{05} > \rho_{06} > \rho_{04} > \rho_{02} > \rho_{03} > \rho_{01}$$

各种灾害危害程度顺序为:

冷害 > 风雹灾 > 病虫害 > 水灾 > 旱灾 > 水土流失。

所得结果与采用倒数化算子作用象转化后的模型结果基本一致, ρ 值大小也非常接近,再次表明该地区各种农业自然灾害的危害都很严重,必须进行综合治理。

4.3 采用原始数据序列建模

不经过灰关联算子作用,直接采用受灾面积 (χ_i) 与种植业产值 (χ_0) 建立关联分析模型,所得综合关联序为:

$$\rho_{05} > \rho_{02} > \rho_{01} > \rho_{04} > \rho_{06} > \rho_{03},$$

其中 $\rho_{05} = 0.7391$ 、 $\rho_{03} = 0.5614$, 数值之间差别增大,所得关联序与经过转化后建模的结果有极大出入,有的甚至完全颠倒。

4.4 三种建模方法结果分析

从以上三种关联分析模型的结果来看,在未判定关联性质情况下直接采用原始序列建模所得的关联序与经过性质判定并采用灰关联算子转换后的序列建模所得到的关联序有很大差异,有的因素顺序甚至是完全颠倒的。

因此,只有在正确判定系统行为序列 χ_0 与因素序列 χ_i 的关联性质基础上,视具体情况进行分析,正确建立起灰关联分析模型,才能正确评价系统中所存在的问题,为系统的预测决策打下基础。

5 小结

农业自然灾害对于农业生产的影响完全有别于生产资料等投入的作用。在农业自然灾害系统分析过程中,当 χ_0 为增长序列, χ_i 亦为增长序列,不能就此判定 χ_i 与 χ_0 为正相关关系而直接进行建模。

农业生产受着多种因素的综合影响,当促进因素的作用大于抑制因素的作用时,即使灾害的危害有所增加,农业生产仍可表现为一个增长序列。

因此,本文提出如下判定关联性质的命题:

设系统特征行为序列为 χ_0 , 相关因素序列为 χ_i , 则,

1°当影响因素的性质一致时(如均为促进或抑制), 设 χ_0 为增长序列, 若 χ_i 为增长序列, 则 χ_i 与 χ_0 呈正相关关系; 若 χ_i 为衰减序列, 则 χ_i 与 χ_0 呈负相关关系;

2°当系统主行为受性质不一致的因素(包含促进和抑制因素)影响时, 若 χ_{i+1} 的增长促使 χ_0 增长或衰减趋势减弱, χ_i 的衰减使 χ_0 衰减或增长趋势减弱, 则 χ_i 与 χ_0 呈正相关关系; 若 χ_i 增长促使 χ_0 衰减或增长趋势减弱, χ_i 衰减使 χ_0 增长或衰减趋势减弱, 则 χ_i 与 χ_0 为负相关关系 ($i = 1, 2, \dots, n$)。

也就是说, 文献 [4] 只考虑了第一种情况而忽

略了第二情况下的关联性质判定。

致谢

作者在几年来对“灰色系统理论”探讨及在完成本文的过程中, 得到华中理工大学教授陈绵云先生的诸多指导和帮助, 谨此致以诚挚的谢忱!

参考文献

- 1 邓聚龙. 灰色系统理论简介. 见: 刘思峰, 史开泉主编. 灰色系统学术论文集. 开封: 河南大学出版社, 1993. 1~2.
- 2 金 磊. 灾害系统论及其减灾模型研究初步. 系统工程理论与实践, 1994, 14 (1): 77~78.
- 3 邓聚龙. 灰色预测与决策. 武汉: 华中工学院出版社, 1986. 103~104.
- 4 刘思峰, 郭天榜. 灰色系统理论及其应用. 开封: 河南大学出版社, 1991. 49~85.
- 5 刘思峰, 赵 理, 朱永达. 灰色经济计量学组合模型. 见: 刘思峰, 史开泉主编. 灰色系统学术论文集. 开封: 河南大学出版社, 1993. 133~135.

[编者按: 华中理工大学邓聚龙教授于80年代初创导“灰色系统理论”以来, 作为系统科学的一个新的重要分支, 其理论方法日臻完善。据知已有许多行业的专家学者在各自领域发表不少应用研究“灰色系统理论”的文章, 但其中有的对其思想、方法论不甚了解, 死搬硬套, 也引起一些不良的影响。李先琨是位青年科技人员, 他针对目前农业灾害系统灰关联分析中存在的有关问题, 作了一些探讨。本刊发表此文, 以期引起有关专家学者利用本身的科研实践参与讨论。愿“灰色系统理论”的应用得以健康的发展, 便可避免在应用灰关联分析时未加以转化而说些牵强附会的外行话之差错。]

(责任编辑: 蒋汉明)

(上接第46页 Continue from page 46)

- 14 Tandon A, Saxena RP, Saxena kc et al. Diagnostic potentialities of enzyme-linked immunosorbent assay in tuberculosis using purified tuberculin antigen. Tubercle, 1980, 61: 87~89.
- 15 Daniel TM, Debanne SM, Kugp VD. Enzyme-linked immunosorbent assay using mycobacterium tuberculosis antigen 5 and PPD for the serodiagnosis of tuberculosis. Chest, 1985, 88 (3): 338~92.
- 16 Daniel TM, Depanne SM. The serodiagnosis of tuberculosis and other mycobacterial diseases by enzyme-linked

immunosorbent assay. Am Rev Respir Dis, 1987, 135: 1137~51.

- 17 杨佩珍, 郑锡铭, 张建军. 血清特异性 IgG 及特异性循环免疫复合物的检测在结核病诊断的意义. 中华结核和呼吸杂志, 1990, 13 (6): 358~59.
- 18 胡惠英, 马惠斌, 彭湘文, 等. 聚合-OT 抗原 ELISA 早期诊断结核的应用. 中华结核和呼吸杂志, 1989, 12 (5): 294~96.
- 19 胡佩村, 林震勋, 江之泉. 肺结核与矽肺结核患者红细胞免疫粘附功能的变化及意义. 中华结核和呼吸杂志, 1992, 15 (3): 163~164.

(责任编辑: 蒋汉明、邓大玉)