

三峡库区农业生态经济系统的预警分析*

文传甲

(中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

摘要 从系统与环境相统一的角度,研究了农业生态经济系统的模型、特征、预警分析的意义和内容;以三峡库区为例,从系统序化的观点,确定了这个系统的社会、经济、环境功能和状态的主要指标的警戒线;并与这些指标的现状、过去与未来趋势值进行对比;分别对现状预警、趋势预警和突变预警进行了评价;最后作了简易的对策探讨。

关键词 三峡库区 农业生态经济系统 序化 警戒线 预警分析

预警,就是当危机、灾害来临前,事先发出的警报或警告,以便采取预防措施,避免或减少损失。预警分析,一般应该包括建立各种警戒线;了解过去趋势、现状和预测;并将二者进行对比,进行预警评价(是否进入警戒状态等);预防措施、对策研究等四个内容或步骤。预警分析是防止系统向无序化发展和进行系统调控的重要工作内容之一;对农业及其环境进行预警分析,对提高农业抗风险意识和能力,促进可持续发展,改善人类生存环境都具有重大意义。

以往研究农业,自然科学家往往从自然属性考虑,而经济学家从社会属性考虑者多。研究自然环境也有类似情况。而且往往就农业论农业,就环境论环境,不太注意它们之间和它们与外界的关系。在已有的对三峡库区的预警研究中^[1~2],多侧重于生态与环境,对社会、经济方面及其预警研究不够。本文将从农业的自然属性与社会属性的结合上,从系统内部与外界环境统一的角度,以系统序化的观点,来研究三峡库区农业生态经济系统的预警问题。

这里,三峡库区是指三峡工程淹没所及的 20 个县、区、市,以下简称全库区。由于资料^[3~5]的限制。很多时候以其重庆市部分(16 县区)为代表,以下简称库区。农业指大农业(农林渔副牧),并与种植业的狭义农业相区分。

1 系统的模型及特征

农业可以认为是广义农民(农民、牧民、渔民等)和广义农作物(稻麦棉畜鱼等)相互作用的生产和再生产系统(图 1)。系统以外为环境(自然的和社会的)。这个系统具有两重性:自然属性与社会属性,它既是生态系统又是经济系统,即

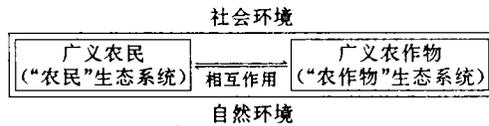


图 1 农业系统与环境

Fig. 1 Agricultural system and the environment

* 国家自然科学基金资助项目(编号:49571067)。

收稿日期:1997-12-01。

二者耦合^[6]而成的农业生态经济系统(以下简称农业系统),从调控角度来看,它是一个自然-人工复合系统,只是可控程度相对低,而受自然影响大些;这就决定了它有自然的和社会的双重风险。除此以外,它还具有一般生态经济系统的共性:1. 目的性。在系统内部、内外之间有物质循环、能量流动、信息传递和价值增值四大基础功能,是各种生态经济系统具体或目的功能的基础,这是系统存在的直接原因或目的性体现;2. 层次性;3. 开放性。

在三峡库区,该系统位于亚热带湿润山地中,是一个经济文化不发达,刚摆脱贫困的地区,也是受三峡水库淹没而农业系统受到巨大冲击的地区,因而它具有自己的特殊性:

1. 它具有社会的(提供粮、肉等)、经济的(农民收入等)、环境的三大具体功能,因而它在任何社会形态下,都是整个社会存在的前提或基础。这是它在目的性上的特殊性。

2. 对环境的依赖性和反作用大。需强调的是,环境不是系统的一部分,它是对象系统外部的一组元素及特性^[7],也可称为环境系统。那种认为环境只是生态经济系统的六大基本要素之一的观点^[6],反而降低了环境的重要性,模糊了对象系统与环境的界限。

自然环境是农业系统存在、运行和发展的基础,而且有什么样的热力、水分条件,就大体对应相应的农业系统,例如,因为是中亚热带,农业主要是一年两熟制,四季长青;因为是季风湿润气候,旱灾不断发生,因而只能是半灌溉半雨养农业;因为是山地,农业的垂直分布十分明显。再次,环境的恶化(如严重土壤侵蚀)也削弱、破坏农业系统的功能,甚至消亡毁灭。可见,农业系统对自然环境的依赖性极大。当然,农业系统对其环境的反作用(正的或负的)也是巨大的。这些反作用,可以称为农业系统的环境功能。于是可出现农业系统与其环境互相促进的良性循环,和相互阻碍、破坏的恶性循环。预警分析的任务之一,就是防止或尽快结束恶性循环,促进良性循环的建立。

农业系统对其社会环境也有类似的情况。

3. 脆弱性。亚热带湿润山地的热力、水力、重力破坏性大,使环境诸要素(如土壤等)的平衡和正向发育极易受到破坏,容易形成环境与系统的恶性循环;不断发生的旱灾,使农作物收成和农民收入起伏很大;市场、政策的失调等,也易引起农业的诸种社会风险。

4. 它的社会、经济功能低,对环境的负作用大,即环境的负向功能高。

5. 受三峡水库兴建的影响很大,正的与负的均有。处理好坏,均对三峡水库有反作用。总的说来,如果处理得好,将利大于弊¹⁾。

2 系统发展方向和各类警戒线的确定

2.1 系统发展的方向与预警分析

系统(自然的或人工的)发展的方向是,或者走向无序、退化或灭亡,或者走向有序、进化^[7]。前者是封闭系统。后者是开放系统,且须满足一定条件,即从外界获取的负熵(信息)能使系统内的总熵值降低^[7]。否则,即使系统开放也会走向无序,直至灭亡,如某些生物灭绝。当然序化的系统不一定是优化的,优化还要有更高的条件;但是优化的系统必须是序化的。可见,预警分析是为了防止无序化,是系统进行调控(序化和优化)的基础。

1) 陈国阶, 陈治谏. 三峡库区及长江沿江重点地区生态与环境建设对策的指标体系与优化研究, 1995(内部资料).

2.2 警戒线的本质及预警类型

事物或系统在变化或发展过程中,往往存在一个临界值(关节点、阈值、阀值),超过(大于或小于)了它,事物就向坏的方向发展,或使其状态变坏,或使其功能减弱,甚至解体或死亡.这个使系统变坏、可能造成损失或达到造成损失的临界值就是警戒线.

由于系统及其环境的多样性,预警及其警戒线可分为很多类型.可以根据系统空间或结构的大小和恶化程度来划分类型^[1];也可根据性质区分成:1. 系统及其环境的状态预警,如水位、耕地等的警戒线、台风警报等;2. 内外功能预警,如粮食的温饱线,经济收入的贫困线,最低生活线等,这些是短缺预警.这时必须采取预防措施,如扶贫、救济、补助、备钱和找市场买粮等,否则会危及农业生产或造成社会动乱.另一类为过饱和(过剩)预警.生产的粮食,柑桔或肉类等等,供大于求,达到或超过某种饱和线(上限)也需采取措施.如寻求新市场,限制产品的播种面积(如美国曾对粮食少播进行国家补贴),粮食保护价等等,否则就会造成产品积压、卖不出去、腐烂、变质、贬值乃至变成废品等现象,严重影响农民种植积极性,甚至破坏农业的正常经营(如大砍果树等);3. 结构预警.

还可以根据发展来区分:1. 趋势预警:过去的或未来的动态变化;2. 现状预警:因某种原因已进入警戒状态而不觉察,如三峡全库区大农业自然环境整体恶化就属此类;3. 突变预警.或难于预测的偶然因子,或个别因素突变等等而引起的警戒状态.如三年自然灾害,不当的政策(如共产风,人口不加限制,毁林开荒等)、动乱、战争等等.

2.3 主要指标警戒线的确定

农业系统及其环境(简称农业环境)的状态、功能是由多种要素的特性和各种各样具体目的、要求所构成的庞大体系,只能选择最重要的,或最具代表性的指标加以分析,并尽可能客观地对警戒线加以确定,不少是量化指标.有的只能定性说明,如动乱等.

农业系统能够生存和长足进步(可持续发展),主要是因为它能为“农民”和全社会提供粮食等各种农作物产品;创造能使“农民”生存由贫到富的价值(赢利不致比其它行业太低);有良好的环境,包括其中可利用的部分(即资源).这即人们通常所说的农业的社会、经济、环境三大功能的核心部分.反之,这三方面出了问题,农业系统的存在和持续发展就要受到威胁,系统就可能向无序化发展.

预警线的量化界定,以三峡库区为例,先从这三方面开始,然后逐级分析影响它们因子的警戒线.

1. 以库区全年人平粮食,作为农业的社会功能的代表性指标.分别以达到温饱线(原粮 313kg/人·a)和富裕线(520kg/人·a)的 120%为短缺警戒线 Y_{min} 和过饱和警戒线 Y_{max} , 即有 $Y_{min} = 313\text{kg}/\text{人} \cdot \text{a}$, $Y_{max} = 624\text{kg}/\text{人} \cdot \text{a}$.

2. 以农民人均年纯收入为农业的经济功能的代表性指标.以脱贫线 450 元/人·a (1990 年价)为短缺预警线 I_{min} , 即 $I_{min} = 450 \text{元}/\text{人} \cdot \text{a}$ (1990 年价), 不设过饱和警戒线.

3. 农业的自然环境功能指标及其警戒线见表 1, 共四类 7 种. 下面分析影响上述三方面功能的主要因子及其警戒线.

设全区耕地面积为 A , 复种指数为 K , f 为(粮作、经作、“三园”等)总播种面积中粮食作物所占比例, G_i 为粮作单位面积产量, 全区总人数为 P , 则全区全年人均粮食 Y 有

$$Y = \frac{(AKf)G_1}{P} \quad (1)$$

通过回归分析,农民人均纯收入 I 与人均种植业年总产值 E 和人均年农业总产值 E' (均为 1990 年不变价)有较好的相关关系,即

$$I = a + bE \quad (2a)$$

$$I = a' + b'E' \quad (2b)$$

其中,回归系数 $a' = 72.62$, $b' = 0.70531$,显著指标 α 为 1%。若粮作、经作、其它作物和桑、茶、果的种植面积分别为 X_1, X_2, X_3 和 X_4 ,则耕地面积

$$A = \sum_{i=1}^4 X_i \quad (3)$$

设农业人口为 P_1 (占总人口的比例为 $\xi, \xi = 0.9$),单位面积产量为 G_i ,单位重量的价值为 R_i ,则人均种植业产值 E 为

$$E = \left(\sum_{i=1}^4 X_i G_i R_i \right) / P_1 \quad (4)$$

将式(4)代入式(2)则有

$$I = a + b \left(\sum_{i=1}^4 X_i G_i R_i \right) / 0.9P \quad (5)$$

分析式(1)与(5)不难发现,影响 Y 与 I 的共同因子为耕地面积 A 、单产 G_1 和总人口 P 。而农业环境恶化的主要原因是人口过量增殖(P 增大)后,单产 G_1 低,只能向自然过度索取(主要是过垦,即扩大耕地 A)带来的恶果。由此可见,影响农业的社会、经济、环境三个功能的共同因子是耕地、人口、农作物单产。

4. 耕地的警戒线。耕地是农作物生存空间的基础,是农业经济系统的主要资源和代表性指标。假定不向库区外买粮,在现有条件下,对应于粮食的短缺警戒线 Y_{\min} 的人均耕地,定义为耕地预警线 A_{\min} ,由式(1)有

$$A_{\min} = Y_{\min} / KfG_1 \quad (6)$$

由于复种指数 K 、粮作比 f 、单产 G_1 随年而变,故 A_{\min} 是一个变数,主要随单产增加而变小。考虑到粮食生产受自然灾害(特别是干旱)和市场波动的双重威胁,会严重影响单产 G_1 的变动,故警戒线取高值,以抵销这种影响。以 1992 年为起点,并以 5% 作为保险系数,则有

$$A_{\min} = 0.82 \text{ 亩}^{1)} / \text{人}$$

由于库区后备耕地资源极少,不设过饱和警戒线。

5. 人口的警戒线。区农业人口数作为“农民”生态系统的主要指标。以农民人均年纯收入能够达到脱贫标准的农业人口数为警戒线,由式(2b)得出农业人口的警戒线 P'_{\max} (E' 为该年农业总产值)

$$P'_{\max} = 0.001869E' \quad (7)$$

以库区人口数作为库区人类生态系统状态的主要指标。以粮食总产量 Y_{st} 与按温饱

1) 1 亩 = 0.067hm²,下同。

线(313kg/人·a)标准计算能满足的人口数为警戒线 P_{max} ,有

$$P_{max} = Y_{ar} / 313 \quad (8)$$

换言之,如果不向区外买粮,该年总产量能在温饱条件下最多养活的人口数即为警戒线。

6. 粮食单产的警戒线 G_{min} . 以粮食单产作为粮食作物生态系统状态的主要指标. 在该年粮食播种面积 A_i 和区人口数条件下,能达到温饱水平的单产量为 G_{min} . 由式(1)有

$$G_{min} = 313P / AKf = 313P / A_i \quad (9)$$

3 预警评价

3.1 现状预警评价

以 1995 年为现状,库区农业系统的自然环境功能的现状预警情势严重(表 1),而经济、社会功能的趋势预警主要指标均未进入警戒状态(表 2)。

表 1 全库区农业系统的环境功能现状预警评价^[2]

Table 1 The situation forewarning analysis of the environmental function of the agricultural system

因子	指标	当前值 X	警戒线 X_c	$X - X_c$	变化方向	变化原因	对人类利弊	发警报标准 ($X - X_c$)	是否进入警戒状态	对策意向
植被	森林复盖率 %	25.4	22.6	+2.8	逆向(退化)	人为	有害	<0 >0	× ✓	继续造林,争取 $x \geq 40\%$ 改造低效林
	林地平均侵蚀模数 ¹⁾	750	500	+250	逆向(退化)	人为	有害	>0 >0	✓ ✓	从旱地改造和植被入手,加强治理;防止新的破坏与污染
土壤	区均侵蚀模数 ¹⁾	2777	609	+2168	逆向(退化)	人为与自然	有害	>0 >0	✓ ✓	从旱地改造和植被入手,加强治理;防止新的破坏与污染
	全区退化面积比 %	94	20	+74	逆向(退化)	人为与自然	有害	>0 >0	✓ ✓	从旱地改造和植被入手,加强治理;防止新的破坏与污染
水文	入江输沙模数 ¹⁾	713	200	+513	逆向(退化)	自然与人为	有害	>0	✓	从植被,土壤开始,加强治理
气候	旱灾年频率 次/年	1/2.7	0	+0.37	准周期 振动	自然	有害	>0	✓	治水,提高抗旱能力,预防特大旱灾
	抗旱能力 %	26.3	100	-73.7	有所提高	人为	有益	<0	✓	

1) 侵蚀、输沙模数单位均为 t/km²·a

由表 1 可见,农业自然环境因子,除森林覆盖率(80 年代后期解除警戒状态)外,全都进入警戒状态;除抗旱能力从 0.0~26.3%有所提高外,均处于对人类不利的逆向变化或退化之中,因此,可以认为农业的整个自然环境亦在退化或恶化,应处于现状预警状态之中. 这种恶化状态在人类活动不久后就开始了,早就该发警报了. 从系统与环境关系看,早已从原始型变成了掠夺型的生态经济类型^[7](主要是人口爆炸式增长引起);而且已经造成了损害,如淤损小水库(如万县地区的火箭水库年淤损率为 12.5%,即 8 年就淤满);使某些河道变窄变浅;对农业的可持续发展构成威胁等;将来还不利于三峡水库的长久正常运转. 虽然近十多年的重点治理环境工程(如“长防工程”、“长治工程”),使恶化势头得到初步遏制,总的状况小有改善,但大多数指标超过警戒线太多,故防和治的强度还应加强。

3.2 趋势预警评价

选取的代表年份为:建国初期的 1952 年,改革开放开始时的 1978 年,遭受旱灾减产

13%的1988年,代表当前的1995年,代表未来的1996~2005年,或在这十年内可能进入警戒状态的某一年。库区的巴县、江北县于1994年调整成巴南区、渝北区,因而1995年各项指标值与未来年份的预测值均订正到行政区调整前的“老区”的数值。

表2 库区¹⁾农业生态经济系统的趋势预警评价

Table 2 The trend forecasting analysis of the agricultural eco-economic system in reservoir region

类别	系统功能						系统状态																							
	一、社会功能		二、经济功能				三、“农民”和区人口生态系统			四、农业经济系统			五、“农作物”生态系统																	
代表性指标	1 区人平粮食 (kg/人·年)		2 农民人均纯收入 (元/人·年)				3 农业人口 (万人)			4 区人口 (万人)			5 区人均耕地 (亩/人)			6 粮食单产 (kg/亩)														
代表年份	实际值	警戒线	是否进入警戒状态	实际值	警戒线	是否进入警戒状态	实际值	警戒线	是否进入警戒状态	实际值	警戒线	是否进入警戒状态	实际值	警戒线	是否进入警戒状态	实际值	警戒线	是否进入警戒状态												
	过去	1952	266	√	347	450	√	760	807	685	√	1.77	0.82	×	151 (1980)	163 (1980)	×	186	187	√										
1978		315	×	347	450	√	1094	794	√	1176	1182	×	1.07	0.82	×	151 (1980)	163 (1980)	√												
1988		311	√	506		×	1138	1308	×	1260	1253	√	0.94		×	186	187	√												
现在	1995	412	×	723		×	1162	2002	×	1317	1606	×	0.88		×	243	186	×												
趋势变化的特点	振动中上升		反复进入		稳步上升		不久前解除警戒线		逐步上升		随农业总产值而变		不久前解除		逐年上升		随粮食总产值而变		反复进入		逐年急剧下降		警戒线越来越接近, 虽未进入但离		逐步上升		随区人口与播面而变		刚解除不久	
未来	1996 2005	412 440	313	×	723 868	450	×	1172 1215	1956 2559	×	1326 1406	1684 1974	×	2002年达0.82	√	252 305	198 218	×												
对策意向	1 提高单产与复种指数 2 稳定耕地 3 继续控制人口		1 内部结构调整以提高农产品的平均单价 2 提高单产 3 发展农村二、三产业 4 合理外出打工				1 继续控制人口 2 增加纯收入 3 逐步向农村、城市的二、三产业转移人口			1 继续控制人口数量 2 提高粮食总产值(提高单产,增加复种指数)			1 严格限制建设用地 2 良田沃土保护制 3 尽可能减少农业移民 4 田坎、地角充分利用 5 利用后备耕地			1 科教兴农, 科学种田(杂交良种等) 2 大兴水利, 改造低产田 3 增加投入 4 政策稳定														

注1)重庆市部分的库区,各年均均为巴县、江北县调整前的“老区”,共16县。

2)根据1995年16县占四川的比率(%)和1952年四川数值订正而得。

3)1990年不变价。

预测方法:区人口、区农业人口、区人均耕地、粮食总产与单产、农业总产值等,用与1978~1995年各有关年的线性相关($r=0.99\sim 0.93$, $\alpha=1\%$, $n=9\sim 13$, 平均相对误差为4%~4%)法预测,其余有关数据由前述公式计算。

将库区农业系统的状态、功能的主要代表性指标,在各代表年份的趋势值(含预测值)与它们相应的警戒线进行对比,并进行简要的评价(表2)。由表2可以看出:

1. 库区人平粮食和库区人口数在过去反复进入警戒状态,主要是因为较重旱灾引起;农民人均纯收入与农业人口在1978年前处于警戒状态,以后解除;粮食单产1988年及以前处于警戒状态,以后解除。区人均耕地过去虽未进入警戒状态,但一直处于下降之中。

2. 未来如果不采取断然措施,按现在趋势2002年人均耕地将只有0.82亩/人,进入警戒状态。其它各项指标,按现有趋势,今后不会进入警戒状态。

3.3 突变性预警评价

1. 特大、特重旱灾。四川近300年来发生过三次^[8],其出现有突发性,每次均使粮食

总产剧减,发生严重饥荒,人口大幅度减少。例如,1959~1961年三年间以旱灾为主的灾害链使全省间接死亡约600万人^[8]。库区是四川历次特大、特重旱灾的主要受灾区之一。我们要特别警惕这类旱灾发生,准备一旦进入这种严重警戒状态的各种减灾、防灾措施。

2. 人口增殖与人口政策。人口过度增、减一直是影响农业系统及其环境变化的主要因素。如果今后计划生育工作放松,假定人口从1992年起以22%增长(如万县市1965~1978年人口自然增殖率为24.5%),假定又遇上较重旱灾,粮食年减产12%(如1988年为13%),则到2002年全库区人口达1814万,超过警戒线1799万(据预测数据计算),即进入警戒状态。

3. 三峡水库淹没影响。水库共淹没耕地30.4万亩,人平0.023亩,可使人均耕地进入警戒线的年份提前1~2a左右。

4. 其它。除前述外,社会、经济的不稳定,农村政策、对农业的保护、投入不稳定或执行偏颇(如重新分地),突发的大规模病虫害,等等,都有可能导导致农业系统及其环境部分或全部进入警戒状态。

4 对策探讨

综上所述,库区农业生态经济系统及其环境长期处于整体不良状况和警戒状态之中,只是到改革开放并进入80年代中后期才略有起色,农业系统基本解除了警戒状态,而其环境整体上仍处于警戒状态之中。或者可以这样认为:这个系统正由原始型向现代型逐步过渡(从其功能强弱看);从掠夺型向协调型缓慢转变(从系统与环境关系看)。使系统及其环境变坏或变好的原因,可简单归结为:1. 经济系统是封闭还是开放,自给自足还是发展市场经济,是否把解放和发展农业生产力放在中心地位,以改变长期经济封闭、落后、生产力极低的状况。2. 是否搞计划生育。人口的过度增殖(爆炸式增长),可使增产、增收的人平量大打折扣,并导致向自然过度索取,从而引起农业环境的全面恶化。3. 各项政策是否符合实际,特别是人口、环境、资源、经济、社会是否协调一致,互相促进;超越农业生产力极低的现阶段的过左或过右的政策是否能够避免。

要解除农业环境的警戒状态,彻底避免农业系统再度进入警戒状态,使其变成现代、协调型,还需经过长期多方努力。为此,提出如下的对策建议:

1. 推行科教兴农和可持续发展的战略。不断完善、发展现行的正确的农业政策,下大力改善和改造水利、交通、低产农田等农业基本条件,下大力推广以各种杂交良种为代表的农田适用科学技术,以提高对旱灾等的抗灾能力、各种农产品的单产水平和抗社会风险的能力。

2. 建立农业预警系统,以预防突发风险。

3. 在序化的基础上优化调控。采取较高效率的中等三园基地方案,不仅可使系统的社会、经济功能摆脱警戒状态,使其达到收入小康,食物充裕的较佳水平,而且可使农业环境的主要指标解除或接近解除警戒状态,即变成基本上是协调型的生态经济类型。可以说优化调控是彻底摆脱农业系统及其环境无序化的最根本的途径。

参 考 文 献

- [1] 陈国阶,陈治谏. 三峡工程对环境影响的综合评价. 北京:科学出版社,1992,19~22,71~77.
- [2] 文传甲. 三峡库区大农业的自然环境现状与预警分析. 长江流域资源与环境,1997. 6(4):340~345.
- [3] 四川省统计局编. 四川统计年鉴(1983~1996). 北京:中国统计出版社,1983~1996 各年.
- [4] 国家统计局编. 中国分县农村经济统计概要(1980~1991). 北京:中国统计出版社,1980~1991.
- [5] 四川统计局编. 四川地县统计资料(1978~1990). 北京:中国统计出版社,1991.
- [6] 钟义信著. 信息科学原理. 福州:福建人民出版社,1988,263~264,278~282.
- [7] 许涤新主编. 生态经济学. 杭州:浙江人民出版社,1987,63,78~110.
- [8] 文传甲. 西南地区 1959~1961 年三年自然灾害分析. 灾害学,1995. 10(4):43~48.

FOREWARNING ANALYSIS OF AGRICULTURAL ECOLOGICAL ECONOMIC SYSTEM FOR THREE- GORGE RESERVOIR REGION

Wen Chuangjia

*(Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of water conservancy Chengdu 610041)*

Abstract

From unified angle of system with environment, the model, characteristic and the meaning and content of forewarning analysis are studied for agricultural ecologic economic system. For case study, Three Gorge Reservoir Area is investigated and the warning lines of main target are determined for states and social function, economic function and environmental function of this system. And these lines are compared with the situation and trend values of past and coming years. The situation forewarning, trend forewarning and sudden change forewarning are respectively judged. Finally countermeasure is briefly approach.

Key Words Three Gorges Reservoir area, agricultural ecologic economic system, ordering, warning line, forewarning analysis