

• 实验研究 •

应用灰色动态模型预测血吸虫病病情

赛晓勇 闫永平 徐德忠 夏结来 蔡凯平 李岳生 周晓农

【摘要】 目的 对洞庭湖区退田还湖地区的集成垵试点血吸虫病的病情进行预测, 并为国家卫生机构合理分配卫生资源提供决策依据。方法 应用灰色动态模型[GM(1,1)模型]对洞庭湖区华容县的集成垵试点血吸虫病患病率建模进行 3 年预测。结果 集成垵试点 GM(1,1)预测模型为 $\hat{X}^{(1)}(k+1) = 50.0189e^{0.130649k} - 34.4789$, 连续 3 年预测值分别为 38.15%, 43.48% 和 49.55%。结论 集成垵试点残差 GM(1,1)模型预测效果好; 血吸虫病发病在未来 3 年内有缓慢上升的趋势, 要加强当地血防工作。

【关键词】 统计学; 预测; 血吸虫病

中图分类号: R532.21

文献标识码: A

文章编号: 1000-4955(2005)02-0155-03

Application of grey model (1,1) in the prediction of schistosomiasis prevalence in Jicheng SAI Xiao-yong*, YAN Yong-ping, XU De-zhong, XIA Jie-lai, CAI Kai-ping, LI Yue-sheng, ZHOU Xiao-nong. *Department of Epidemiology, School of Preventive Medicine, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710033, China

【Abstract】 **Objective** To forecast the schistosomiasis prevalence in Jicheng, an area of opening sluice for water store in Dongting Lake and to help the health organization to make related policies. **Methods** Grey model (1,1) was applied to predict the schistosomiasis prevalence in a series of three years. **Results** With the predicted model of $\hat{X}^{(1)}(k+1) = 50.0189e^{0.130649k} - 34.4789$, the predicted values of coming three years were 38.15%, 43.48% and 49.55% respectively. **Conclusions** The prediction is a success. Schistosomiasis prevalence in Jicheng will increase in the coming three years. Schistosomiasis prevention should be reinforced.

【Key words】 Statistics; Forecast; Schistosomiasis

CLC number: R532.21

Document code: A

Article ID: 1000-4955(2005)02-0155-03

血吸虫病的传播过程是一个多因素、多层次的复杂系统, 既有已为人知的白色信息, 又有尚未发现的黑色信息, 更多的是人们不完全清楚的灰色信息, 属于典型的灰色系统。应用灰色动态[GM(1,1)]模型对国家“十五”课题湖南洞庭湖区退田还湖双退试点的病情资料进行分析并预测, 为国家卫生机构合理分配卫生资源提供决策依据。

1 材料和方法

1.1 材料: 收集洞庭湖区退田还湖地区华容县的集成垵试点(双退点, 即退人又退田, 该垵 1998 年后完全废弃用于泄洪) 1990 - 2003 年连续粪检阳性率的病情资料。选择历年的粪检阳性率, 病情资料由每年随机抽样调查而来。集成垵试点退田还湖后

滞留人口 2 600 人, 面积为 2 200 hm², 为湖南省血吸虫病重灾区监测试点之一。全部资料由湖南省血防所及华容县洪山头镇血吸虫病防治站提供。

1.2 方法

1.2.1 模型建立: 假定给定时间数据序列 $X^{(0)}$ 有 n 个值, $X^{(0)} = \{X^{(0)}(k), k = 1, 2, \dots, n\}$, 作相应的 1 阶累加序列 $X^{(1)} = \{X^{(1)}(k), k = 1, 2, \dots, n\}$, 则序列 $\{X^{(1)}(k), k = 1, 2, \dots, n\}$ 的 GM(1,1) 模型的白化微分方程为: $dX^{(1)}/dt + aX^{(1)} = \mu$ 式中: a 为发展灰数; μ 内生控制灰数。设 $\hat{\alpha}$ 为待估参数向量,

$$\hat{\alpha} = \begin{pmatrix} a \\ \mu \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_n, B = \begin{pmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)] & 1 \end{pmatrix},$$

$$Y_n = \begin{pmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{pmatrix}, \text{求解微分方程可得预测模型:}$$

$$\hat{X}^{(1)}(k+1) = [X^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha}]e^{-\alpha k} + \frac{\mu}{\alpha}, k = 0, 1, 2, \dots, n$$

基金项目: 国家“十五”科技攻关课题(2001BA705B08)

作者单位: 710033 西安, 第四军医大学预防医学系流行病学教研室(赛晓勇、闫永平、徐德忠); 第四军医大学预防医学系统计学教研室(夏结来); 湖南省血吸虫病防治所(蔡凯平、李岳生); 中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所(周晓农)。

作者简介: 赛晓勇(1974-), 男(回族), 河南省新乡市人, 博士, 主要从事遥感流行病学研究 (Email: saixiaoyong@163.com)

通讯作者: 闫永平 (Email: yanyong@fmmu.edu.cn)

1.2.2 模型检验:包括残差检验、关联度检验和后验差检验。残差检验是按预测模型计算 $\hat{X}^{(1)}(i)$,并将 $\hat{X}^{(1)}(i)$ 累减生成 $\hat{X}^{(0)}(i)$,然后计算原始序列 $X^{(0)}(i)$ 与 $\hat{X}^{(0)}(i)$ 的绝对误差序列及相对误差序列。 $\Delta^{(0)}(i) = |X^{(0)}(i) - \hat{X}^{(0)}(i)|$, $i = 1, 2, \dots, n$; $\varphi(i) = \frac{\Delta^{(0)}(i)}{X^{(0)}(i)} \times 100\%$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。绝对误差越小越好,相对误差一般认为小于 0.5%为好。关联度检验是根据 $\hat{X}^{(0)}(i)$ 与原始序列 $X^{(0)}(i)$ 的关联系数计算出关联度,当 $\rho = 0.5$ 时一般认为大于 0.6 满意了。后验差检验需计算

原始序列的标准差 $s_1 = \sqrt{\frac{\sum [X^{(0)}(i) - \bar{X}^{(0)}]^2}{n-1}}$ 和绝对

误差序列的标准差 $s_2 = \sqrt{\frac{\sum [\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}]^2}{n-1}}$,然后计算方差比和小误差概率: $C = s_2/s_1$, $P = \rho \{ |\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}| < 0.6475s_1 \}$, 令 $e_i = |\Delta^{(0)}(i) - \bar{\Delta}^{(0)}|$, $s_0 = 0.6475s_1$, 则 $P = p\{e_i < s_0\}$ 。

判断标准: $C \leq 0.35$, $P \geq 0.95$, 好; $C < 0.5$, $0.8 \leq P < 0.95$, 合格; $0.5 < C \leq 0.65$, $0.7 \leq P < 0.8$, 勉强合格; $C \geq 0.65$, $P < 0.7$, 不合格。若残差检验、关联度检验和后验差检验都能通过,可以用该模型预测,否则进行残差修正。

1.2.3 残差修正:设原始序列 $X^{(0)}$ 建立的 GM(1,1)模型为 $\hat{X}^{(1)}(i+1) = [X^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha}]e^{-\alpha i} + \frac{\mu}{\alpha}$,可获得生成序列 $X^{(1)}$ 的预测值 $\hat{X}^{(1)}$,定义残差为: $e^{(0)}(j) = X^{(1)}(j) - \hat{X}^{(1)}(j)$ 。若取 $j = i, i+1, \dots, n$,则与 $X^{(1)}$ 及 $\hat{X}^{(1)}$ 对应的残差序列为: $e^{(0)} = \{e^{(1)}(i), e^{(0)}(i+1), \dots, e^{(0)}(n)\}$,经转化 $e^{(1)}$ 可建立 GM(1,1)模型: $\hat{e}^{(1)}(k+1) = [e^{(0)}(1) - \frac{\mu_e}{\alpha_e}]e^{-\alpha_e k} + \frac{\mu_e}{\alpha_e}$, $\hat{e}^{(1)}(k+1)$ 的导数加上 $\hat{e}^{(1)}(k+1)$ 修正 $(k+1)$,得到修正模型: $\hat{X}^{(1)}(k+1) = [X^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha}]e^{-\alpha k} + \frac{\mu}{\alpha} + \delta(k-1)(-a_e)[e^{(0)}(1) - \frac{\mu_e}{\alpha_e}]e^{-\alpha_e(k-1)}$,其中 $(k-1)$ 为修正系数,最后经残差修正的原始序列预测模型为 $\hat{X}^{(0)}(k+1) = \hat{X}^{(1)}(k+1) - \hat{X}^{(1)}(k)$, $k = 1, 2, \dots$ 。进行残差修正主要是因为建立的 GM(1,1)模型检验不合格或精度不理想为提高模型的预测精度而进行。

2 结果

2.1 建模:收集研究地区发病资料 1991—2003 年的粪阳率如表 1 示。代入公式可得 $\alpha = -0.1306$; $\mu = 4.5046$ 。GM(1,1)预测模型为 $\hat{X}^{(1)}(k+1) = 50.0189 \times e^{0.130649k} - 34.4789$

2.2 检验

2.2.1 残差检验:绝对误差及相对误差如表 1 示。

表 1 集成坑 1991—2003 年患病率误差比较

Tab 1 Comparison of prevalence rate error in Jicheng from 1991 to 2003 %

年份	观察值	拟合值	绝对误差	相对误差
1991	15.11	6.981 0	8.129 0	53.80
1992	14.38	7.955 3	6.424 7	44.68
1993	12.56	9.065 6	3.494 4	27.82
1994	10.83	10.330 9	0.499 1	4.61
1995	10.23	11.772 7	-1.542 8	-15.08
1996	11.70	13.415 8	-1.715 8	-14.67
1997	10.74	15.288 3	-4.548 3	-42.35
1998	16.78	17.422 0	-0.642 0	-3.83
1999	21.28	19.853 5	1.426 5	6.70
2000	22.11	22.624 4	-0.514 4	-2.33
2001	31.48	25.782 1	5.697 9	18.10
2002	25.40	29.380 4	-3.980 4	-15.67
2003	44.07	33.481 0	10.589 0	24.03

2.2.2 关联度检验: $r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta(i) = 0.67 = 0.67$,可以认为在 $\rho = 0.5$ 时 $r > 0.6$ 。

2.2.3 后验差检验: $C = 0.4900$, $P = 0.8462$,通过。

2.3 预测:灰色预测是对既含已知信息又含不确定信息的系统进行预测,它通过关联分析对原始数据生成处理来寻找规律,建立微分方程模型从而预测未来发展。灰色系统 GM(1,1)模型是适合于预测用的一个变量的一阶灰微分方程模型,是灰色控制系统中预测模型之一。它是利用生成后的数列进行建模的,预测时再通过反生成以恢复事物的原貌。根据模型可得 2004、2005 和 2006 年华容县的集成坑试点连续 3 年粪检阳性率预测值为 38.15%、43.48% 和 49.55%,如图 1 示。

3 讨论

1998 年我国实行退田还湖以来,血吸虫病的传播更加复杂^[1]。为了阐明退田还湖对血吸虫病传播的影响及有效及时监控,我们对洞庭湖区退田还湖试点病情与螺情资料进行分析,发现血吸虫病及活螺密度退田还湖前后的变化趋势^[2],为进一步监测,建立和完善血吸虫病预测模型系统,我们运用了灰色预测。灰色系统理论由中国学者邓聚龙教授于 20 世纪 80 年代初创立,其核心为灰色动态系统,现广泛应用于疾病(传染病、寄生虫病,特别是恶性肿瘤等)的预测^[3-8]。GM(1,1)模型是灰色动态模型中应用最广泛的预测模型。与传统的数理统计模型相比,具无需典型的概率分布、减少时间序列

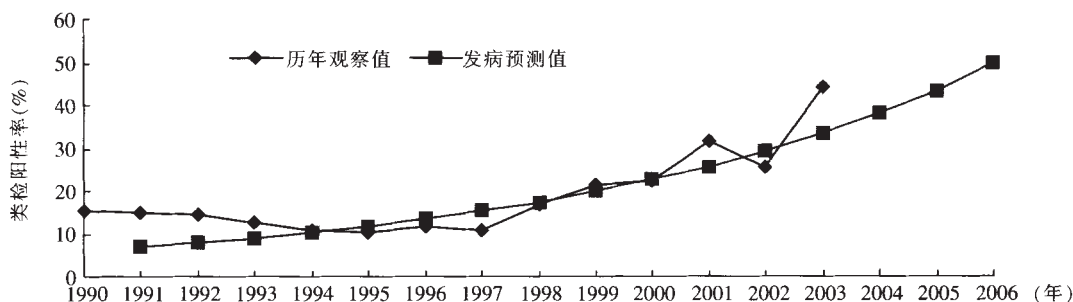


图 1 集成垸发病趋势预测图

Figure 1 Predicted tendency of prevalence rate in Jicheng

的随机性、小样本即可计算和计算简便的优点。国内有学者对血吸虫病进行研究并给出了经验公式,如蔡碧等^[9]在已有规范化数据的基础上得出人群血吸虫患病率(%)的预测模型为 $\hat{X}^{(0)}(k+1) = 8.047\ 036e^{-0.08\ 972\ 267k}$,又如吴锦华等^[10]将环境干扰因子引入修正预测结果进行预测。灰色预测不受一般统计模型是原始数据建模并且要求有足够的样本和典型的概率分布等种种条件的约束,适用性较强、预测性能好。适用于单调性强特别是具有累加型的资料,其拟合效果好预测效果也好,适于近期预测。值得一提的是,灰色预测亦有其局限性如未考虑社会因素、不适于长期预测等,找到完备的公式还有一定距离。事实上任何一种预测模型都有其不足之处,本研究应用 GM(1,1)模型平均绝对误差为 3.51%,平均相对误差为 19.54%,预测结果还需实践验证。

应用该模型预测华容县的集成垸试点 2004—2006 年连续 3 年粪检阳性率发现有逐年升高的趋势,提示当地血防工作不容乐观。

参 考 文 献

- 1 赛晓勇,张治英,徐德忠,等.退田还湖对生态环境及对血吸虫病流行的影响[J].中国公共卫生,2004,20(2):237-239.
- 2 赛晓勇,蔡凯平,徐德忠,等.洞庭湖区退田还湖试点 1990/2002 血吸虫病病情与螺情分析[J].第四军医大学学报,2003,24(20):1878-1880.
- 3 齐显影.GM(1,1)模型在传染病预测中的应用[J].疾病控制杂志,1999,3(3):235.
- 4 蔡碧,李建屏,任先平,等.社会经济因素影响血吸虫病流行的灰色关联分析[J].医学与社会,1999,12(4):20-22.
- 5 翁寿清,徐校平,阮玉华,等.建德市肾综合征出血热 GM(1,1)模型预测研究[J].中国公共卫生,1999,15(7):645-646.
- 6 段琼红,聂绍发,仇成轩,等.应用 BP 神经网络预测前列腺癌流行趋势[J].中国公共卫生,2000,16(3):193-195.
- 7 凌莉,柳青,骆福添.社区肿瘤发病和死亡资料趋势预测[J].中国肿瘤,2002,11(3):149-151.
- 8 金永富,赵玉婉,裴炯良.舟山结核流行趋势的灰色模型分析[J].疾病控制杂志,2003,7(5):472-473.
- 9 蔡碧,任先平,李建屏,等.血吸虫病预测模型系统的设计[J].预防医学情报杂志,1999,15(4):228-230.
- 10 吴锦华,蔡碧,任先平,等.血吸虫病疫情的中长期预测.湖北预防医学杂志[J],1999,10(5):4-6.

(收稿日期:2004-04-16)

(本文编辑:张兆军)

· 消息 ·

改善水质减轻砷中毒危害国际研讨会在太原市召开

2004 年 11 月 23~26 日,由亚太经合组织、联合国儿童基金会、联合国大学和世界卫生组织联合主办、卫生部和水利部共同承办的“改善水质减轻砷中毒危害国际研讨会”,在山西省太原市召开。会议邀请来自孟加拉、柬埔寨、蒙古、泰国、印度、缅甸、尼泊尔、越南、美国和中国等 15 个国家和地区的 70 多位学术专家和机构代表。会议开幕式由卫生部疾病控制司刘家义处长主持。会议分七期进行,卫生部疾病控制司肖东楼副司长报告了我国防治砷中毒的策略及采取的措施,水利部李仰斌副司长报告了我国改水防治地方病所取得的成绩,中国疾病预防控制中心地方病控制中心副主任、中国地方病学杂志主编孙殿军教授为二期会议主席主持了研讨会,并报告了我国在减轻砷中毒危害方面所开展的工作、取得的经验。

会议交流了亚洲国家在改善水质减轻砷中毒危害方面所取得的经验和成绩,以及防治砷中毒的政策、策略和措施;研讨了有关砷中毒的最新研究成果;确定下一阶段工作目标和重点领域;来自各个国家的代表参观考察了山西省防治砷中毒改水工程现场。

经过与会者的认真讨论,积极协商,达成许多共识,并形成“太原宣言”和针对地砷病防治策略行动的建议。倡议地砷病流行严重的地区和国家政府积极采取应对措施和国家级水平的有效防治策略,减轻并最终控制地砷病对亚洲地区的危害。

大会对山西省人民政府的热情支持表示感谢,还对山西省省长、副省长和人民对确保这次会议所作出的努力表示感谢。

中国地方病学杂志编辑部 张兆军