基于改进 B-P 算法的内蒙古粮食产量中长期预测*

段利忠, 刘思峰
(南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 210016)

[摘 要] 在改进B-P 算法、提高B-P 算法预测精度的基础上, 对内蒙古粮食总产量进行了预测。结果表明, 在 2002～2011 年, 内蒙古粮食总产量由 2002 年的 1 475.57 万 t 增加到 2011 年的 2 103.43 万 t, 呈现出稳定增加的趋势。最后提出了实现内蒙古粮食预期产量应采取的措施。

[关键词] 改进B-P 算法; 中长期预测; 粮食产量; 内蒙古
[中图分类号] TP183 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2003)03-0175-04

我国粮食生产的人均产量和人均消费量较低, 粮食结构性矛盾相当突出, 同时还面临着人口增加和耕地面积减少两大压力。做好粮食产量预测, 对各地区各级政府来讲都是一项重要的决策依据。用数理统计、灰色数学和逐渐应用人工智能方法的B-P 算法等方法对我国各地区进行粮食产量预测, 可以提高粮食产量的预测精度。

本研究通过在B-P 算法的误差函数中增加目标因子, 对原始数据作平滑处理和加入检验。对B-P 算法进行改进, 以克服B-P 算法容易陷入局部最优及其收敛慢、训练时间长和预测值不能超过历史数据中最大值和最小值的缺点, 提高B-P 算法预测精度。并应用改进B-P 算法, 对内蒙古粮食产量进行中长期预测, 以期了解内蒙古未来粮食产量的发展趋势, 为当地政府部门的决策提供参考。

1 内蒙古种植业的特点

内蒙古自治区位于祖国的北疆, 外与蒙古、俄罗斯交界, 内与 8 个省区为邻。东西长 2 400 km, 南北最宽跨距 1 700 km, 总面积为 118.3 km^2, 自然条件多样。2001 年底, 全区总人口 2 377.5 万人, 乡村人口(包括农村人口和牧区人口)1 372.86 万人[1]。

农作物均为一年一季, 主要粮食作物有小麦、玉米、谷子、高粱、大豆、糜黍、莜麦、荞麦、马铃薯等。

1.1 土地资源丰富, 但农业发展较为落后

2001 年底, 全区耕地面积为 709.1 万 hm^2。有效灌溉面积为 247.23 万 hm^2, 占耕地面积的 34.87%。机械耕地面积为 414.08 万 hm^2, 占耕地面积的 58.40%, 其中机械播种面积为 317.48 万 hm^2, 占耕地面积的 44.77%。化肥使用量为 79.26 万 t, 每公顷耕地使用化肥总量为 0.112 t。农业机械总动力为 1 424 万 kW, 每公顷耕地拥有农业机械总动力为 2.008 kW。人均占有耕地面积为 0.298 hm^2[1]。

与同在华北地区的天津市相比, 2001 年底天津市耕地面积为 41.761 万 hm^2。有效灌溉面积为 35.43 万 hm^2, 占耕地面积的 84.84%。机械耕地面积为 37.26 万 hm^2, 占耕地面积的 89.22%。机械播种面积为 24.11 万 hm^2, 占耕地面积的 57.73%。化肥使用量为 48.61 万 t, 每公顷耕地使用化肥总量为 1.164 t。农业机械总动力为 603.32 万 kW, 每公顷耕地拥有农业机械总动力为14.447 kW。人均占有耕地面积为 0.042 hm^2[2]。

2001 年内蒙古的各项指标与同期天津市的各项指标相比, 内蒙古除了人均占有耕地面积较高外, 其余各项平均指标和相对指标与天津市相比均有很大的差距。而且, 内蒙古农业生产基础和生产能力均较落后, 经济不发达, 生产效率低[1,3～6]。

1.2 土地贫瘠, 自然灾害频繁, 多灾且耕作粗放

内蒙古的农业受地理、气候和人为因素的影响, 几乎年年都处在自然灾害的连番袭击中。该区农作区年降水量< 250 mm 的地方占 50%, 风沙灾害频繁; 8, 9 月间, 又常因雨量集中而引起洪涝灾害。地多但劳动力少, 工具落后, 广种薄收, 耕作粗放的特点较为突出。1947 年自治区成立初期, 全区粮食总

* [收稿日期] 2002-12-09
[作者简介] 段利忠(1960-), 男, 满族, 内蒙古凉城人, 讲师, 工学博士, 在读博士后, 主要从事管理科学与工程学科的系统工程和技术创新扩散研究。现在南京航空航天大学经济与管理学院作博士后研究, 工作单位为北京工业大学经济与管理学院。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

产量仅 184.5 万 t, 单位面积产量仅为 577.5 kg/hm^2。粮食总产量 1957 年为 302.5 万 t, 1987 年为 607.0 万 t, 1991 年为 958.5 万 t(表 1)。农业就是在这样贫瘠、多灾、粗放耕作的基础上起步前进的[1,3~6]。

表 1 1991~2001 年内蒙古粮食总产量统计

Table 1 Total grain output in Inner Mongolia autonomous region from 1991 to 2001 years

年份 Year	序号 Number	粮食总产量/万 t Total grain output	粮食总产量的平滑数/万 t The done flatness of total grain output	年份 Year	序号 Number	粮食总产量/万 t Total grain output	粮食总产量的平滑数/万 t The done flatness of total grain output
1991	1	958.5	980.6	1997	7	1 421.0	1 488.2
1992	2	1 046.8	1 040.1	1998	8	1 575.4	1 500.1
1993	3	1 108.4	1 086.8	1999	9	1 428.5	1 418.6
1994	4	1 083.6	1 082.8	2000	10	1 241.9	1 287.8
1995	5	1 055.5	1 182.5	2001	11	1 239.1	1 239.8
1996	6	1 535.3	1 386.8				

注: 序号为 k_1; 粮食总产量= $x^{(0)}(k_1)$; 粮食总产量的平滑数= $\bar{x}^{(0)}(k_1)$。

Note: Number is k_1; Total grain output is $x^{(0)}(k_1)$; The done flatness of total grain output is $\bar{x}^{(0)}(k_1)$.

2 改进 B-P 算法预测模型的建立

2.1 B-P 算法(The back-propagation model)

人工神经网络(Artificial neural network, ANN)前向网络的 B-P (The back-propagation model)算法:

设有 m 层神经网络, 在输入层加上输入模式 p, 第 k 层 i 单元输入的总和为 u_i^k, 输出为 v_i^k, $k-1$ 层的第 j 个神经元到 k 层第 i 个神经元的结合权值为 w_{ij}, 各个神经元的输入与输出关系函数是 f, 则各变量之间的关系为

$$v_i^k = f(u_i^k) \tag{1}$$

$$u_i^k = \sum_j w_{ij} v_j^{k-1} \tag{2}$$

误差函数:
$$r = \frac{1}{2}\sum_j (v_j^m - y_j)^2 \tag{3}$$

式中, y_j 是输出单元的期望输出, v_j^m 是实际输出。

利用非线性规划中最快下降法, 使权值沿着误差函数的负梯度方向改变。

选取 $f(u_j^k)$ 为非线性 S 形函数, 则有

$$f(u_j^k) = \frac{1}{1+\exp(-u_j^k)} \tag{4}$$

①如果 j 是输出层(即 m 层)的神经元, 则 y_j 是整个网络的期望输出, 为定值。

$$\frac{\partial r}{\partial v_j^k} = \frac{\partial\left(\frac{1}{2}\sum_j (v_j^m - y_j)^2\right)}{\partial v_j^k} = (v_j^m - y_j) \tag{5}$$

$$d_j^m = v_j^m(1-v_j^m)(v_j^m - y_j) \tag{6}$$

②如果 j 不是在输出层, 而是在中间的隐单元层 k, 则

$$\frac{\partial r}{\partial v_j^k} = \sum_l \frac{\partial r}{\partial u_l^{k+1}} \cdot \frac{\partial u_l^{k+1}}{\partial v_j^k} = \sum_l d_l^{k+1} \cdot \frac{\partial (w_{lj} v_j^k)}{\partial v_j^k} = \sum_l d_l^{k+1} w_{jl}^{k+1} \tag{7}$$

$$d_j^k = v_j^k(1-v_j^k)\sum_l w_{jl} d_l^{k+1} \tag{8}$$

误差函数的求取是一个始于输出层的反向传播的递归过程, 通过对多个样本的反复训练并向减少偏差的方向修改权值, 最后达到满意的效果[7~9]。

2.2 改进 B-P 算法和应用

B-P 算法对于单输入和单输出的时间序列预测是一种较优越的方法, 它具有很强的学习与泛化能力。B-P 算法中的期望输出值是必需的, 输入信号通过正向和反向传播向期望值逼近, 如符合给定的精度标准就输出预测值。

式(3)的误差函数使实际输出 v_j^m 的范围和期望输出 y_j 基本相同。如果要预测的数据不局限在已知的历史数据范围内时, 未来的期望输出 y_j 不能由历史数据提供。

由式(3)得:
$$r = \frac{1}{2}\sum_j (v_j^m - y_j\delta)^2 \tag{9}$$

式(9)为改进后的误差函数, δ 定义为目标因子。设定 α 和 β 参数来进一步控制 δ 的取值区间, 认为 δ 在区间 $[\delta_{min}+\alpha, \delta_{max}-\beta]$ 由随机数产生。如果误差精度已经确定, δ 的变动必然导致实际输出 v_j^m 的变化, 使其能跳出由历史数据提供期望输出 y_j 的区间。δ 应根据 B-P 算法的实际应用领域和应用范围来确定。

改进 B-P 算法能凭借其自身强大的自学功能,

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

对问题的动作集合进行分析和学习, 从而最终找出问题的内在规律和联系, 而这些规律往往是常规方法难以准确找到的。

内蒙古的农区和半农半牧区多是各民族杂居, 农田牧场交错。所以, 影响粮食产量的因素很多, 也很复杂。粮食产量的历史数据是综合因素影响的结果(表 1), 由表 1 可以看出, 内蒙古 1991～2001 年的粮食产量大体上呈现增加趋势, 未来的数据不局限在已知历史数据的范围内, 可应用改进 B-P 算法对内蒙古粮食产量进行预测。

$$\bar{x}^{(0)}(k_1) = \frac{3x^{(0)}(k_1) + x^{(0)}(k_1+1)}{4},\ (k_1 = 1) \tag{10}$$

$$\bar{x}^{(0)}(k_1) = \frac{x^{(0)}(k_1-1) + 2x^{(0)}(k_1) + x^{(0)}(k_1+1)}{4},\ (k_1 = 2, 4, \cdots, 10) \tag{11}$$

$$\bar{x}^{(0)}(k_1) = \frac{x^{(0)}(k_1-1) + 3x^{(0)}(k_1)}{4},\ (k_1 = 11) \tag{12}$$

由式(10)、(11)和(12), 将内蒙古粮食产量的原始数列 $x^{(0)}(k_1)$ 作平滑处理, 得平滑处理后的数列 $\bar{x}^{(0)}(k_1)$, 详见表 1。

平滑处理后的数列较原始数列更具统计规律, 能克服数列在 B-P 算法中收敛慢、训练时间长等缺点。

以 $\frac{\bar{x}^{(0)}(k_1+1)}{\bar{x}^{(0)}(k_1)}$, $(k = 1, 2, \cdots, 10)$ 的最大值 1.172 8 和最小值 0.907 8 为 δ 的取值区间, δ 在此区间内由随机数产生。并设定 2 个 δ 调节参数来进一步控制 δ 的取值区间, 则单元输入的总和 u_i^k 为 $\bar{x}^{(0)}(k_1)$, 未来的期望输出 y_j 为 $\bar{x}^{(0)}(k_1)\delta$。

当 $k_1 = 1, 2, \cdots, 10$ 时, 输入为 $\bar{x}^{(0)}(k_1)$, 期望输出为 $\bar{x}^{(0)}(k_1)\delta$。对改进 B-P 算法进行训练, 用 $\bar{x}^{(0)}(k_1)$ 进行预测, 可得实际输出 v_j^m 为 $\hat{x}^{(0)}(k_1+1)$, 结果见表 2。

表 2　粮食产量 B-P 算法的预测值和误差率

Table 2　Predicted grain yield predicted with the back-propagation model and the error rate

年份 Year	序号 Number	预测值/万 t Predicted	误差率 The error rate	年份 Year	序号 Number	预测值/万 t Predicted	误差率 The error rate
1992	2	1 008.322	3.676	1997	7	1 229.984	13.442
1993	3	1 023.743	7.638	1998	8	1 442.493	8.436
1994	4	1 081.915	0.156	1999	9	1 547.967	-8.363
1995	5	1 130.465	-7.102	2000	10	1 560.345	-25.642
1996	6	1 126.279	26.641	2001	11	1 475.570	-19.084

注: 序号为 $(k+1)$; 预测值= $\hat{x}^{(0)}(k_1+1)$; 误差率= $e(k_1+1)$。

Note: Number is $(k+1)$; Predicted is $\hat{x}^{(0)}(k_1+1)$; The Error Rate is $e(k_1+1)$.

2.3　检　验

2.3.1　误差率 $e(k_1+1)$ 和平均误差率 $\bar{e}$

$$e(k_1+1) = \frac{q(k_1+1)}{x^{(0)}(k_1+1)} \times 100\%\quad (k_1 = 1, 2, \cdots, 10) \tag{13}$$

$$\bar{e} = \frac{\bar{q}}{\bar{x}} \times 100\% \tag{14}$$

式中, $q(k_1+1)$ 为误差; $x^{(0)}(k_1+1)$ 为实际值(原始数据); $\bar{q}$ 为误差平均值; $\bar{x}$ 为实际值(原始数据)的平均值。

由式(13)得误差率 $e(k_1+1)$, 见表 2。

由式(14)得平均误差率 $\bar{e}$: $\bar{e} = 0.851\%$。

2.3.2　最小误差概率 p

$$p = p\{|q(k_1+1) - \bar{q}| < 0.675S\},\quad (k_1 = 1, 2, \cdots, 10) \tag{15}$$

式中, S 为实际值的均方差。

由式(15)得, 最小误差概率 $p = 1$(预测精度等级: 好); 可认为通过检验[10～12]。

3　实际预测和结论

3.1　实际预测

当 $k = 2, 3, \cdots, 11$ 时, 输入数列为 $\bar{x}^{(0)}(k_1)$, 期望输出数列为 $\bar{x}^{(0)}(k_1)\delta$。对改进 B-P 算法进行训练。用 $\bar{x}^{(0)}(k_1)$ 进行预测, 可得实际输出 v_j^m 为 $\hat{x}^{(0)}(12)$。

当 $k = 3, 4, \cdots, 11$ 时, 输入数列为 $[\bar{x}^{(0)}(k_1), \hat{x}^{(0)}(12)]$, 期望输出数列为 $[\bar{x}^{(0)}(k_1)\delta, \hat{x}^{(0)}(12)\delta]$。

对改进 B-P 算法进行训练。用数列 $[\bar{x}^{(0)}(k_1), \hat{x}^{(0)}(12)]$ 进行预测, 可求出实际输出 $[\hat{x}^{(0)}(13)]$。

当 $k = 4, 5, \cdots, 11$ 时, 输入数列为 $[\bar{x}^{(0)}(k_1), \hat{x}^{(0)}(12), \hat{x}^{(0)}(13)]$, 期望输出数列为

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$[\bar{x}^{(0)}(k_1)\delta, \hat{x}^{(0)}(12)\delta, \hat{x}^{(0)}(13)\delta]$。

对改进B-P 算法进行训练,用数列$[\bar{x}^{(0)}(k_1), \hat{x}^{(0)}(12), \hat{x}^{(0)}(13)]$进行预测,可求出实际输出为$\hat{x}^{(0)}(14)$。

以此类推,逐步计算,最后可得实际输出为$\hat{x}^{(0)}(k_1+10)$ $(k_1=2,3,\cdots,11)$,结果见表3。

表3 2002~2011 年内蒙古粮食总产量预测

Table 3 Total grain output in Inner Mongolia autonomous region be predicted from 2002 to 2011 years

年份 Year	序号 Number	预测值/万 t Predicted	年份 Year	序号 Number	预测值/万 t Predicted
2002	12	1 475.570	2007	17	1 796.793
2003	13	1 534.855	2008	18	1 868.984
2004	14	1 596.524	2009	19	1 944.076
2005	15	1 660.668	2010	20	2 022.184
2006	16	1 727.391	2011	21	2 103.431

注:序号为(k_1+10);预测值$=\hat{x}^{(0)}(k_1+10)$。

Note: Number is (k_1+10); Predicted is $\hat{x}^{(0)}(k_1+10)$.

3.2 结 论

改进B-P 算法应用于不局限在已知历史数据范围内的数据预测,具有较大的理论和实际意义。这种方法对解决实际生产中的类似问题有借鉴意义。

应用改进B-P 算法,对2002~2011 年内蒙古粮食总产量进行的预测表明,未来粮食总产量呈现稳定增长的趋势,能为当地政府部门的决策提供参考。

内蒙古粮食生产中存在的主要问题与全国相类似,即粮食生产的人均产量和人均消费量较低,粮食结构性矛盾相当突出,面临着人口增加和耕地面积减少两大压力。另外,还有单位面积产量低、主食品种生产发展缓慢、地区间粮食产需差异较大等特点。目前所进行的退耕还林(草)导致耕地面积减少,将对内蒙古粮食生产产生较大影响。

根据内蒙古粮食生产的特点,应考虑从依靠农业科学技术投入,提高单位面积产量;增加物质投入,加强以水利为中心的农田基本建设,以改善农业生产的基本条件,提高抗御自然灾害的能力;促进粮食生产的规模经营;调整种植结构和倡导以生物技术为主导的农业模式等方面发展当地的粮食生产,实现内蒙古粮食产量的提高[3]。

[参考文献]

[1] 内蒙古统计局. 内蒙古统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,1986-2002.
[2] 天津市统计局. 天津统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2002.
[3] 郭跃平. 内蒙古粮食生产与消费研究[D]. 天津:天津大学管理学院,1996.
[4] 刘 珍. 公元2000 年内蒙古[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1988.
[5] 张国民. 内蒙古开发开放指南[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1992.
[6] 赵黎明,段利忠. 影响内蒙古粮食产量主要因素的分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,139(4):77-80.
[7] 焦李成. 神经网络系统理论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1990.
[8] 焦李成. 神经网络计算[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1993.
[9] 胡守仁. 神经网络应用技术[M]. 北京:国防科技大学出版社,1993.
[10] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1987.
[11] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1991.
[12] 刘思峰,邓聚龙. 脑功能障碍的灰认识及心理健康评价模型[J]. 大自然探索,1996,15(4):46-49.

(下转第 182 页)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

4) 在选取 α, ω时, 应对各参数进行综合考虑。

[参考文献]

[1] 东北林学院 林业机械[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983.
[2] 刘少刚. 挖坑机钻头转速及进给量优化设计[J]. 林业机械, 1989, 10(3): 25- 28.
[3] 黄仁楚, 刘 伟. 挖坑机工作参数的研究[J]. 东北林业大学学报, 1989, 13(5): 18- 22.
[4] 郭贵生, 樊相印, 吴希锈, 等. 螺旋升角对钻头工作性能影响规律的研究[J]. 西北农业大学学报, 1995, 3(23): 88- 92.
[5] 楼顺天. MATLAB5. X程序设计[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000.

Study of screw auger parameters of mounted hole digger on the basis of MATLAB

GUO Gui-sheng, GAO Meng-xiang, GUO Kang-quan, DANG Ge-rong

(*College of Mechanical and Electronicl Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: According to the soil raising theory, the relative curves of moving and structural parameters of screw auger of mounted hole digger were derived on the basis of MATLAB. An analysis of change tendencies of the curves and mutual effects were conducted, and factors to be thought for selecting parameters in designing screw auger were put forward.

Key words: mouted hole digger; parameters of screw auger; MATLAB

(上接第 178 页)

Middle and long term forecasting the grain gross output of Inner Mongolia with back-propagation algorithm

DUAN Li-zhong, LIU Si-feng

(*School of Econamics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, Jiangsu* 210016, *China*)

Abstract: This paper forecasted the grain gross output of Inner Mongolia by improved back-propagation algorithm with high forecast precision. The forecasting result showed that the grain gross output of Inner Mongolia has a stable increasing trend from 14 755 7 million tons in 2002 to 21 034 3 million tons in 2011. Finally, this paper put forward the methods to achieve the forecasting of outputs.

Key words: improved Back-propagation algorithm; middle and long term forecasting; grain gross output; Inner Mongolia

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net