

粮食产量预测理论、方法与应用

Ⅲ.粮食生产潜力中、长期预测理论、模型及其应用

刘书田¹, 王铄今², 米长虹¹, 侯彦林^{1*}, 郑宏艳¹, 王农¹, 蔡彦明¹, 黄治平¹,
夏维¹, 任军³, 王新民⁴, 侯显达⁵

(1.农业部环境保护科研监测所, 天津 300191; 2.北京农业信息技术研究中心, 北京 100089; 3.吉林省农业科学院, 吉林 长春 130033; 4.河南牧业经济学院, 河南 郑州 450011; 5.北京优雅施软件研发服务中心, 北京 100089)

摘要:粮食生产潜力中、长期预测的目的是为国家中、长期粮食生产规划提供科学依据。粮食生产潜力中、长期预测的“双向预测理论”:从若干个预测模型中选择出2个模型,一个模型预测的未来产量是持续增加的,体现产量持续增加的科技进步力量;另一个模型预测的未来产量是先增加后减少或持续减少的,体现影响产量持续增加的负面综合因素力量。应用结果表明:模型可预测未来1~10年的粮食生产潜力,平均预测误差在5%以内。大量案例证明粮食生产潜力中、长期预测的“双向预测理论”是科学的、方法是通用的、结果是实用的。

关键词:粮食潜力;中长期;预测;理论;方法

中图分类号:S114

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2014)03-0220-07

doi: 10.13254/j.jare.2014.0069

The Theory, Method and Its Application of the Grain Yield Forecast

Ⅲ. The Theory, Method and Its Application of Medium and Long-Term Forecast of the Grain Yield Potential

LIU Shu-tian¹, WANG Shuo-jin², MI Chang-hong¹, HOU Yan-lin^{1*}, ZHENG Hong-yan¹, WANG Nong¹, CAI Yan-ming¹, HUANG Zhi-ping¹,
XIA Wei¹, REN Jun³, WANG Xin-min⁴, HOU Xian-da⁵

(1. Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin 300191, China; 2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China; 3. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China; 4. Henan College of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450011, China; 5. Software Development and Service Center of Beijing Yours, Beijing 100089, China)

Abstract: The purpose of the long-term prediction of grain yield potential is to provide scientific basis for planning medium and long-term food production in China. The ‘bidirectional prediction theory’ of food production potential for medium and long-term is defined as follows: choosing two models from several prediction models, one model to predict the future output is increasing, which is an embodiment of science and technology, the other to predict the future output is increasing first and then decreasing or declining, which is reflected integrative negative factors impact the yield increasing. The application results showed that the model could predict the grain yield potential in the future of 1 to 10 years, and the average error of prediction was less than 5%. The ‘bidirectional prediction theory’ of food production for medium and long-term was scientific, its method was universal, and the result was practical.

Keywords: grain yield potential; medium and long-term; prediction; theory; method

前文生产潜力的预测是关于下一年的预测^[1-2],即短期预测,对于国家制定中、长期粮食发展规划的指导意义有限。本文重点介绍以 n 年(暂定为10和20

年)平均产量为移动步长的中、长期生产潜力预测的理论和模型,暂定为预测未来1~10年的生产潜力。

1 材料与方法

从公开发表的数据中整理出全国和东北三省1949—2010年粮食单产数据。使用本文提出的粮食生产潜力中、长期预测的“双向预测理论”,即以10年或20年移动平均产量为基础,分别以最近的5、10、

收稿日期:2014-03-25

基金项目:中国农业科学院科技创新工程(2014-cxgc-hyl)

作者简介:刘书田(1982—),男,天津人,博士研究生,助理研究员,主要从事土壤生物化学、粮食产量研究和数据挖掘研究。

E-mail: liushutian6952@126.com

*通信作者:侯彦林 E-mail: bjyours@sina.com

15个和20个点为样本建立预测模型,并分别预测;从4个模型中按5、10、15、20的顺序选择2个相邻模型的组合,一个模型预测的未来产量是持续增加的,体现产量持续增加的科技进步力量;另一个模型预测的未来产量是先增加后减少或持续减少的,体现影响产量持续增加的负面综合因素力量,如小气候周期影响或政策、投入的影响;预测结果取2个模型预测结果的平均;如果发现连续3年预测误差单方向持续大于1%并且递增,则可对未来预测结果进行小趋势修正。

2 结果与分析

2.1 粮食生产潜力中、长期预测的“双向预测理论”

短期生产潜力预测精度的衡量标准是以实际产量为基础计算的,而中、长期潜力与短期预测不同,不能等待很多年之后再去评价预测精度。中、长期潜力预测需要告诉我们未来多少年以后平均气候条件下的产量或产量范围是多少。粮食生产潜力的含义是:潜力的衡量标准必须是未来的潜力,即没有气候因素影响下的产量,因为潜力本身一定是平均气候条件下可以达到的真实产量。研究表明:未来连续10年(或多年,下同)的真实产量一定是包含各种气候年型下的产量,如果气候周期按平均值10年计算,取真实产量10年的平均值,则它近似等于平均气候条件下的产量,也近似等于回归方程分别预测的未来10年各年潜力的平均值,因为回归方程本身预测的就是平均气候条件下的生产潜力。

大量的案例研究表明:用一个模型一次预测未来1~10年的潜力误差很大,并且误差具有单方向性,即要么预测的潜力越来越高,要么越来越低;预测国家级和省级(县级也如此)不应该选择同样的移动平均步长和建模样本数。现在的难题是要找到2个未来趋势对立的2个模型,确定全国和省级(县)建模的移动步长和样本数。

研究表明,在预测未来10年产量时预测模型的优选方法是:按最近趋势决定最近未来的原则,先确定5个点和10个点样本建模是否符合在预测未来10年内,其中一个预测结果是上升的,另外一个预测结果是先上升后下降或一直下降的,如果符合这样的条件就取这2个预测结果的平均;如果不符合上述条件,就继续在10个点和15个点样本建模的2个模型中判断,如果符合以上条件就取其平均;如果不符合上述条件,就继续在15个点和20个点样本建模的2

个模型中判断,如果符合以上条件就取其平均;如果以上条件都不符合,就取4个模型预测结果的平均。

以上预测方法的理论基础是:在未来粮食增产过程中,科技进步必然使粮食产量持续增加,而科技进步有时快有时慢;与此相对应,也存在另外一种力量使增产在减少,如阶段性的小气候波动、政策和投入的影响等。

在预测未来10年的过程中,如果经历了3年后,有了实产,则可计算出预测误差,当误差连续3次向一个方向偏离,都超过1%并且递增,还可以对未来预测结果进行小趋势修正,这样还将提高预测精度。

根据以上分析,总结出“双向预测理论”的内涵如下:根据原始历史产量求算2个以上移动步长如10年(针对中期5年的预测)和20年(针对长期10年的预测)的平均产量;再分别以不同样本数如5、10、15个和20个点建立4个预测模型;在所建立的4个模型中,先考虑最近的5和10点建模组合是否符合一个上升,一个先上升后下降或一直下降的条件,如果符合就取其预测结果的平均;如果不符合上述双向预测条件,再判断10和15点建模组合是否符合条件;如果不符合上述双向预测条件,最后判断15和20点建模组合是否符合条件;如果以上3个组合都不符合上述双向预测条件,则取所有预测模型预测结果的平均。

2.2 中期预测结果及其验证

2.2.1 全国粮食单产中期预测案例

以1949—2010年的全国粮食单产数据为数据集,取 $n=10$ 计算10年平均产量,得到1958—2010年的53个连续10年的平均产量数据(表1)。

由表2可以总结出以下结果:全国粮食单产5年(2006—2010年)中期预测结果中,10点建模预测结果的预测值从 $4\ 435\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 到 $4\ 445\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 再到 $4\ 427\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 是先增加后减少趋势,而5点建模预测结果的预测值从 $4\ 491\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 到 $4\ 751\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 一直是增加的趋势;这2个模型已经符合“双向预测模型”的条件,于是不再使用15和20点建模的模型,故取其预测结果的平均,5年的预测误差平均为0.45%,最大预测误差1.36%。

2.2.2 东北三省粮食单产中期预测案例

表3表明:辽宁省粮食单产5年(2006—2010年)中期预测结果中,10点建模预测结果的预测值从 $5\ 118\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 到 $5\ 122\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 再到 $5\ 094\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 是先增加后减少的趋势,而5点建模预测结果的预测值

表 1 全国粮食单产中期预测原始数据(1949—2010 年)

Table 1 The medium-term forecasting original data of the national grain yield per unit (1949—2010)

年份	单产/ kg·hm ⁻²	10 年移动平均/ kg·hm ⁻²	年份	单产/ kg·hm ⁻²	10 年移动平均/ kg·hm ⁻²	年份	单产/ kg·hm ⁻²	10 年移动平均/ kg·hm ⁻²	年份	单产/ kg·hm ⁻²	10 年移动平均/ kg·hm ⁻²
1949	1 029		1965	1 626	1 402	1981	2 827	2 439	1997	4 376	4 032
1950	1 155		1966	1 769	1 438	1982	3 124	2 553	1998	4 502	4 124
1951	1 220		1967	1 827	1 475	1983	3 396	2 674	1999	4 493	4 210
1952	1 322		1968	1 800	1 500	1984	3 608	2 807	2000	4 261	4 243
1953	1 317		1969	1 794	1 533	1985	3 483	2 920	2001	4 267	4 282
1954	1 314		1970	2 012	1 617	1986	3 529	3 036	2002	4 399	4 322
1955	1 417		1971	2 070	1 711	1987	3 637	3 165	2003	4 333	4 342
1956	1 414		1972	1 984	1 783	1988	3 579	3 270	2004	4 621	4 398
1957	1 460		1973	2 187	1 861	1989	3 632	3 355	2005	4 642	4 438
1958	1 549	1 320	1974	2 275	1 934	1990	3 933	3 475	2006	4 716	4 461
1959	1 462	1 363	1975	2 350	2 007	1991	3 876	3 580	2007	4 748.32	4 498
1960	1 175	1 365	1976	2 371	2 067	1992	4 004	3 668	2008	4 950.783	4 543
1961	1 124	1 355	1977	2 348	2 119	1993	4 131	3 741	2009	4 870.552	4 581
1962	1 270	1 350	1978	2 527	2 192	1994	4 063	3 787	2010	4 973.151	4 652
1963	1 408	1 359	1979	2 785	2 291	1995	4 240	3 862			
1964	1 536	1 382	1980	2 734	2 363	1996	4 483	3 958			

表 2 全国粮食单产中期预测结果(2006—2010 年)

Table 2 The medium-term forecasting result of grain yield per unit for the national (2006—2010)

10 年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5 点建模预测结果		10 点建模预测结果		15 点建模预测结果		20 点建模预测结果		5 点和 10 点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
4 461	4 491	0.67	4 435	-0.57	4 467	0.14	4 468	0.15	4 463	0.05
4 498	4 548	1.11	4 444	-1.21	4 493	-0.12	4 493	-0.11	4 496	-0.05
4 543	4 611	1.48	4 445	-2.16	4 514	-0.64	4 515	-0.62	4 528	-0.34
4 581	4 678	2.13	4 439	-3.09	4 530	-1.10	4 532	-1.07	4 559	-0.48
4 652	4 751	2.14	4 427	-4.85	4 543	-2.35	4 544	-2.31	4 589	-1.36

表 3 辽宁省粮食单产中期预测结果(2006—2010 年)

Table 3 The medium-term forecasting result of grain yield per unit for Liaoning Province (2006—2010)

10 年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5 点建模预测结果		10 点建模预测结果		15 点建模预测结果		20 点建模预测结果		5 点和 10 点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
5 201	5 386	3.57	5 118	-1.60	5 131	-1.34	5 204	0.05	5 252	0.98
5 355	5 618	4.90	5 122	-4.35	5 140	-4.02	5 242	-2.12	5 370	0.28
5 366	5 896	9.88	5 120	-4.59	5 141	-4.19	5 276	-1.68	5 508	2.64
5 336	6 222	16.61	5 111	-4.22	5 136	-3.75	5 307	-0.53	5 666	6.20
5 508	6 595	19.74	5 094	-7.51	5 123	-6.98	5 335	-3.13	5 845	6.12

从 5 386 kg·hm⁻² 到 6 595 kg·hm⁻² 一直是增加的趋势; 这 2 个模型符合“双向预测模型”的条件,故取其预测结果的平均,5 年的预测误差平均为 3.24%,其中 2 年预测误差超过 5%。

表 4 表明:吉林省粮食单产 5 年(2006—2010 年)中期预测结果中,10 点建模预测结果的预测值从 5 521 kg·hm⁻² 到 5 044 kg·hm⁻² 一直是减少的趋势,而 5 点建模预测结果的预测值从 5 738 kg·hm⁻² 到 6 120

表4 吉林省粮食单产中期预测结果(2006—2010年)

Table 4 The medium-term forecasting result of grain yield per unit for Jilin Province (2006—2010)

10年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5点建模预测结果		10点建模预测结果		15点建模预测结果		20点建模预测结果		5点和10点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
5 668	5 738	1.23	5 521	-2.59	5 506	-2.85	5 542	-2.22	5 629	-0.68
5 730	5 810	1.39	5 430	-5.25	5 401	-5.75	5 449	-4.91	5 620	-1.93
5 675	5 898	3.93	5 320	-6.25	5 273	-7.07	5 336	-5.98	5 609	-1.16
5 574	6 001	7.66	5 191	-6.87	5 124	-8.08	5 201	-6.69	5 596	0.40
5 729	6 120	6.83	5 044	-11.95	4 953	-13.55	5 047	-11.91	5 582	-2.56

kg·hm⁻²一直是增加的趋势;这2个模型符合“双向预测模型”的条件,因此取其预测结果的平均,5年的预测误差平均为1.34%,最大预测误差2.56%。

表5表明:黑龙江省粮食单产5年(2006—2010年)中期预测结果中,10点建模预测结果的预测值从3 575 kg·hm⁻²到3 292 kg·hm⁻²一直是减少的趋势,而5点建模预测结果的预测值从3 642 kg·hm⁻²到3 654 kg·hm⁻²再到3 647 kg·hm⁻²呈现先上升后下降,下降速度缓慢;这2个模型基本符合“双向预测模型”的条

件,故取其预测结果的平均,5年的预测误差平均为1.26%,最大预测误差3.67%。

2.3 长期预测结果及其验证

2.3.1 全国粮食单产长期预测案例

以1949—2010年的全国粮食单产数据为数据集,取n=20计算20年平均产量,得到1968—2010年的43个连续的20年的平均产量数据。

表6表明:全国粮食单产10年(2001—2010年)长期预测结果中,5点建模预测结果的预测值从

表5 黑龙江省粮食单产中期预测结果(2006—2010年)

Table 5 The medium-term forecasting result of grain yield per unit for Heilongjiang Province (2006—2010)

10年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5点建模预测结果		10点建模预测结果		15点建模预测结果		20点建模预测结果		5点和10点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
3 609	3 642	0.91	3 575	-0.94	3 636	0.75	3 798	5.22	3 608	-0.02
3 541	3 651	3.10	3 530	-0.29	3 624	2.34	3 852	8.79	3 591	1.40
3 553	3 654	2.85	3 468	-2.39	3 598	1.27	3 903	9.84	3 561	0.23
3 556	3 653	2.74	3 389	-4.69	3 561	0.14	3 949	11.06	3 521	-0.97
3 601	3 647	1.26	3 292	-8.60	3 510	-2.53	3 991	10.82	3 469	-3.67

表6 全国粮食单产长期预测结果(2001—2010年)

Table 6 The long-term forecasting result of grain yield per unit for the national (2001—2010)

20年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5点建模预测结果		10点建模预测结果		15点建模预测结果		20点建模预测结果		5点和10点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
3 931	3 927	-0.09	3 959	0.73	3 973	1.07	3 971	1.02	3 943	0.32
3 995	3 987	-0.20	4 049	1.35	4 070	1.88	4 067	1.81	4 018	0.57
4 041	4 037	-0.12	4 136	2.35	4 167	3.10	4 163	3.02	4 086	1.11
4 092	4 078	-0.36	4 223	3.20	4 264	4.20	4 260	4.10	4 150	1.42
4 150	4 109	-0.98	4 309	3.83	4 361	5.09	4 357	4.98	4 209	1.42
4 209	4 132	-1.83	4 393	4.37	4 459	5.93	4 454	5.80	4 263	1.27
4 265	4 146	-2.79	4 477	4.97	4 557	6.85	4 551	6.70	4 311	1.09
4 334	4 151	-4.22	4 559	5.20	4 655	7.42	4 648	7.25	4 355	0.49
4 395	4 146	-5.67	4 640	5.57	4 753	8.14	4 745	7.96	4 393	-0.05
4 447	4 133	-7.08	4 720	6.13	4 852	9.09	4 843	8.89	4 426	-0.47

3 927 kg·hm⁻²到 4 151 kg·hm⁻²再到 4 133 kg·hm⁻²是先上升后下降趋势,但上升和下降都很缓慢;而 10 点建模预测结果的预测值从 3 959 kg·hm⁻²到 4 720 kg·hm⁻²一直是上升的趋势;这 2 个模型符合“双向预测模型”的条件,因此取其预测结果的平均,10 年的预测误差平均为 0.82%,最大预测误差 1.42%。

2.3.2 东北三省粮食单产长期预测案例

表 7 表明:辽宁省粮食单产 10 年(2001—2010 年)长期预测结果中,5 点建模预测结果的预测值从 4 559 kg·hm⁻²到 4 566 kg·hm⁻²再到 3 854 kg·hm⁻²是先上升后下降趋势;而 10 点建模预测结果的预测值从 4 590 kg·hm⁻²到 4 751 kg·hm⁻²再到 4 723 kg·hm⁻²是先上升后下降趋势,上升和下降都很缓慢;这 2 个模型不符合“双向预测模型”的条件;而 10 点和 15 点

建模的 2 个模型也不符合“双向预测模型”的条件;最后 15 点和 20 点建模的 2 个模型符合“双向预测模型”的条件,10 年的预测误差平均为 1.52%,最大预测误差 2.53%。

表 8 表明:吉林省粮食单产 10 年(2001—2010 年)长期预测结果中,5 点建模预测结果的预测值从 5 083 kg·hm⁻²到 5 431 kg·hm⁻²再到 5 339 kg·hm⁻²是先上升后下降趋势;而 10 点建模预测结果的预测值从 5 153 kg·hm⁻²到 6 726 kg·hm⁻²是一直上升趋势;这 2 个模型符合“双向预测模型”的条件,因此取其预测结果的平均,10 年的预测误差平均为 3.66%,最大预测误差 5.40%。

根据上文的原则:在预测未来 10 年的过程中,如果又经历了 3 年获得实产后,则可计算出预测误差,

表 7 辽宁省粮食单产长期预测结果(2001—2010 年)

Table 7 The long-term forecasting result of grain yield per unit for Liaoning Province (2001—2010)

20 年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5 点建模预测结果		10 点建模预测结果		15 点建模预测结果		20 点建模预测结果		15 点和 20 点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
4 552	4 559	0.15	4 590	0.83	4 623	1.56	4 670	2.58	4 646	2.07
4 634	4 566	-1.48	4 637	0.05	4 687	1.14	4 755	2.59	4 721	1.87
4 673	4 551	-2.61	4 676	0.06	4 746	1.56	4 837	3.49	4 792	2.53
4 739	4 516	-4.72	4 707	-0.68	4 800	1.28	4 916	3.73	4 858	2.50
4 856	4 459	-8.19	4 730	-2.60	4 848	-0.18	4 993	2.80	4 920	1.31
4 928	4 380	-11.12	4 745	-3.73	4 890	-0.78	5 066	2.80	4 978	1.01
5 018	4 281	-14.70	4 751	-5.31	4 927	-1.82	5 137	2.37	5 032	0.28
5 114	4 160	-18.66	4 750	-7.11	4 958	-3.05	5 205	1.79	5 081	-0.63
5 203	4 017	-22.79	4 740	-8.90	4 983	-4.22	5 270	1.29	5 127	-1.47
5 249	3 854	-26.59	4 723	-10.03	5 004	-4.68	5 332	1.58	5 168	-1.55

表 8 吉林省粮食单产长期预测结果(2001—2010 年)

Table 8 The long-term forecasting result of grain yield per unit for Jilin Province (2001—2010)

20 年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5 点建模预测结果		10 点建模预测结果		15 点建模预测结果		20 点建模预测结果		5 点和 10 点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
5 034	5 083	0.98	5 153	2.38	5 172	2.75	5 218	3.66	5 118	1.68
5 167	5 190	0.44	5 330	3.15	5 358	3.69	5 424	4.97	5 260	1.80
5 243	5 278	0.67	5 506	5.03	5 544	5.75	5 633	7.44	5 392	2.85
5 301	5 346	0.85	5 682	7.20	5 732	8.14	5 845	10.28	5 514	4.02
5 414	5 394	-0.38	5 857	8.18	5 920	9.34	6 061	11.95	5 626	3.90
5 527	5 422	-1.90	6 032	9.14	6 109	10.53	6 280	13.63	5 727	3.62
5 569	5 431	-2.48	6 206	11.44	6 299	13.10	6 503	16.76	5 819	4.48
5 645	5 420	-3.99	6 380	13.02	6 490	14.96	6 729	19.19	5 900	4.51
5 723	5 389	-5.83	6 553	14.51	6 681	16.74	6 958	21.58	5 971	4.34
5 723	5 339	-6.72	6 726	17.51	6 873	20.08	7 190	25.62	6 032	5.40

当误差连续3次向一个方向偏离并且超过1%后并递增,则可以对未来预测结果进行小趋势修正,这样还将提高预测精度。具体用到吉林省粮食单产长期预测结果修正方法如下:先计算出最近3年的预测误差分别是1.68%、1.80%、2.85%;平均每年增加0.585%;则对第4年以后的预测结果进行修正,修正方法是第4年修正后的预测值为 $Y_{n \times} \{1 - [2.85\% + 0.585\% \times (n - 3)]\}$ ($n \geq 4$),修正前逐年产量分别为5 514、5 626、5 727、5 819、5 900、5 971、6 032 kg·hm⁻²,修正后误差分别为:0.451%、-0.276%、-1.901%、2.277%、-1.523%、-2.295%、-1.924%;修正后的预测误差最大为2.29%。

表9表明:黑龙江省粮食单产10年(2001—2010年)长期预测结果中,5点建模预测结果的预测值从2 920 kg·hm⁻²到3 000 kg·hm⁻²再到2 798 kg·hm⁻²是先上升后下降趋势;而10点建模预测结果的预测值从2 979 kg·hm⁻²到3 848 kg·hm⁻²是一直上升趋势;这2个模型符合“双向预测模型”的条件,因此取其预测结果的平均,10年的预测误差平均为2.89%,最大预测误差6.08%。

对黑龙江省粮食单产长期预测结果修正方法如下:先计算出最近连续3年的预测误差,发现第3年到第5年的向负方向偏离,并且基本超过1%后的绝对误差递增,则可以对未来第6到10年预测结果进行小趋势修正。修正的方法是第6年修正后预测值为 $Y_{n \times} \{1 + [2.529\% + 0.802\% \times (n - 5)]\}$ ($n \geq 6$),修正前逐年产量分别为3 221、3 256、3 284、3 307、3 323 kg·hm⁻²;修正后误差分别为:0.063%、0.644%、0.409%、-0.347%、0.059%;修正后的预测误差最大为0.64%。

3 讨论

在以上预测未来1~10年潜力时,有时使用10年移动平均产量利用5点和10点建立模型,有时使用20年移动平均产量利用15点和20点建立模型,这样就造成了结果不能互相比的问题。

这里,为统一确定潜力的实际意义,暂且定义如下:(1)预测未来1~5年内潜力时使用10年移动平均产量,预测结果取双向模型预测的均值;(2)预测未来1~10年内潜力时使用20年移动平均产量,预测结果取双向模型预测的均值;(3)在发现连续3年误差单方向超过1%且递增或递减后,可以使用小趋势修正方法修正未来的预测;(4)无论使用5或10或15或20个点预测,都是基于10年或20年移动平均产量,所以中期预测和长期预测只与移动平均年限有关,与所建模型的点数无直接关系。

这里,定义的潜力含义是:(1)以10年移动平均产量为基础的双向预测模型所预测的结果为1~5年的中期潜力,即中期潜力是在10年移动平均产量支撑线基础上预测的产量;(2)以20年移动平均产量为基础的双向预测模型所预测的结果为1~10年的长期潜力,即长期潜力是在20年移动平均产量支撑线基础上预测的产量。

4 结论

本文围绕粮食生产潜力中、长期预测建立了“双向预测理论和模型方法”,并通过大量案例验证了其科学性、正确性和实用性,该理论和方法可以预测未来1~10年的粮食生产潜力,平均预测误差在

表9 黑龙江省粮食单产长期预测结果(2001—2010年)

Table 9 The long-term forecasting result of grain yield per unit for Heilongjiang Province (2001—2010)

20年移动 平均值/ kg·hm ⁻²	5点建模预测结果		10点建模预测结果		15点建模预测结果		20点建模预测结果		5点和10点平均预测	
	预测值/ kg·hm ⁻²	误差/ %								
2 946	2 920	-0.90	2 979	1.09	3 014	2.30	3 016	2.37	2 949	0.10
3 053	2 960	-3.04	3 073	0.64	3 129	2.48	3 132	2.59	3 016	-1.20
3 106	2 987	-3.83	3 167	1.98	3 247	4.56	3 252	4.72	3 077	-0.92
3 177	3 000	-5.57	3 263	2.69	3 370	6.07	3 377	6.29	3 131	-1.44
3 262	3 000	-8.03	3 359	2.97	3 497	7.20	3 506	7.48	3 179	-2.53
3 326	2 986	-10.21	3 455	3.89	3 627	9.07	3 639	9.42	3 221	-3.16
3 369	2 959	-12.16	3 552	5.45	3 762	11.69	3 777	12.11	3 256	-3.35
3 433	2 919	-14.97	3 650	6.34	3 901	13.66	3 919	14.16	3 284	-4.31
3 509	2 865	-18.35	3 749	6.84	4 044	15.27	4 065	15.85	3 307	-5.75
3 538	2 798	-20.92	3 848	8.76	4 191	18.47	4 215	19.15	3 323	-6.08

4%以内,并可以采用小趋势修正方法对未来潜力进行修正。

参考文献:

- [1] 侯彦林,郑宏艳,刘书田,等. 粮食产量预测理论、方法与应用 I. 科技进步增产理论、模型及其应用[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(3): 205-211.
HOU Yan-lin, ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, et al. The theory, method and its application of the grain yield forecast I. The theory, model and its application of scientific and technological progress in increasing grain yield[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3): 205-211. (in Chinese)
- [2] 郑宏艳,刘书田,王钰今,等. 粮食产量预测理论、方法与应用 II. 粮食生产潜力短期预测理论、模型及其应用[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(3): 212-219.
ZHENG Hong-yan, LIU Shu-tian, WANG Shuo-jin, et al. The theory, method and its application of the grain yield forecast II. The theory, method and its application of short-term forecast of the grain yield potential[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2014, 31(3): 212-219. (in Chinese)
- [3] 李红英,侯彦林,周永娟,等. 辽宁省粮食单产通道模式及施肥结构变化分析[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(4): 408-410.
LI Hong-ying, HOU Yan-lin, ZHOU Yong-juan, et al. Variations trend of grain yield per unit area and fertilizer application systems in Liaoning Province[J]. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 2008, 24(4): 408-410. (in Chinese)
- [4] Zhou Yong-juan, Hou Yan-lin, Li Hong-ying. Statistical model for maize yield forecasting for Jilin Province, China[J]. *Modern Agricultural Sciences*, 2009, 16(3): 232-234, 239.