

连云港短期电量预测研究

刘 明, 李 红, 伏祥运, 张 魁

(连云港供电公司, 江苏 连云港 222004)

摘 要: 随着电力市场的不断发展, 电量预测及分析日益成为电力企业发展决策的关键依据, 本文通过分析短期电量预测对电网精益化管理的重要意义, 对比常用的几种电量预测方法的原理和优缺点, 创新提出将移动加权平均算法应用于短期电量预测。通过将该方法应用于连云港地区的电量预测发现, 该预测方法简单易行, 预测效果较其他方法更加准确、高效, 为电量预测技术人员提供了极大方便。

关键词: 电量预测; 经济运行; 加权移动平均法

0 引言

电力系统是由发电、输电、变电、配电和用户等各个部分组成的统一整体, 它的最终目标是电能的消费使用, 这就需要电能的合理分配; 分配的前提是电能的输送, 需要考虑到损耗等因素, 而电能输送的关键就是保证各种类型发电厂实时的电能生产^[1]。

在市场经济日益完善的体制下, 电力系统中对电量预测的要求越来越高, 争创一流配电网, 需要保证电量预测的准确性, 进而保证电力企业在近数月、季度生产安排上科学合理。精确的电力信息数据是保证一流配电网安全、经济运行的必要条件, 只有取得精确的电量预测数据才能减少发电成本, 确保满足用户的用电量, 提高系统的供电能力, 真正地节约能耗, 降低发电所需费用, 提高电网运行的经济性^[2]。所以相对于中、长期电量预测, 短期电量预测的准确性, 更能够反映一流配电网的精益化管理水平。

影响用电量的因素很多, 随着不同季节的变化, 温度、天气、湿度、风力等会影响用电量的走势, 而不同的日期类型、节假日的变化也会对用电量有一定的决定作用, 大用户的启停、经济政策的改变等均会影响一个城市的用电量, 因此对电量的预测难度很大, 只能根据历史电量数据寻找相应的规律。

1 电量预测方法

目前, 国内外短期电量预测的方法有很多, 主

要分为三类: 经典预测方法、传统预测方法和智能预测方法。

1.1 经典的预测方法

经典的预测技术有分产业产值单耗法、综合用电水平法, 平均增长率法、电力弹性系数法、分区负荷密度法, 这些并不是真正的电量预测方法, 它仅仅是依靠专家的经验或一些简单的变量之间的相对关系对未来电量值做一个方向性的结论, 预测精度较差。

1.2 传统的预测方法

传统的预测方法包括时间序列法、回归分析法、灰色模型法等, 时间序列方法能根据负荷的历史数据建模, 并利用模型预测出未来的电量, 优点是所需的历史数据少、工作量小; 缺点是没有考虑电量变化的因素, 只致力于数据的拟合, 对规律性的处理不足, 只适用于电量变化比较均匀的短期预测的情况。

回归分析法利用历史数据可以建立起电量和其他影响负荷因素的关系, 如与工农业总产值之间的关系, 并进而由这些因素未来的数据预测出未来的负荷值, 其优点是模型参数估计技术比较成熟, 预测过程简单; 缺点是线性回归模型预测精度较低, 而非线性回归预测计算开销大, 预测过程复杂, 适用于中期负荷预测, 这几种预测技术无论在理论上还是实际应用上都比较成熟^[3]。

灰色系统理论以系统论为指导, 以灰色系统为主要研究对象, 它融合了系统论、信息论、现代数学、现代计算机技术等学科的思想、方法和技术。

灰色系统理论是一种研究少数据、贫信息、不确定性问题的新方法，它以部分信息已知、部分信息未知的“小样本”、“贫信息”不确定系统为研究对象，通过对“部分”已知信息的生成、开发，提取有价值的信息，实现对系统运行行为、演化规律的正确描述和有效监控，它强调通过对无规律的系统已知信息的研究，提炼和挖掘有价值的信息，进而用已知信息去揭示未知信息，使系统不断“白化”。

灰色系统中建立的模型称为灰色模型，简称GM模型，该模型是以原始数据序列为基础建立的微分方程。灰色建模中最有代表性的模型是针对时间序列的GM建模，它直接将时间序列数据转化为微分方程，利用系统信息，使抽象的模型量化，进而在缺乏系统特性知识的情况下预测系统输出^[4]。

GM模型首先对原始数据序列做一次累加，使累加后的数据呈现一定规律，然后用典型曲线拟合该曲线，设有时间数据序列 $x^{(0)}$ ：

$$\begin{aligned} x^{(0)} &= (x_t^{(0)} | t=1, 2, \dots, n) \\ &= (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \end{aligned}$$

对 $x^{(0)}$ 作一次累加得到新的数据序列 $x^{(1)}$ ，新的数据序列 $x^{(1)}$ 第 t 项为原始数据序列 $x^{(0)}$ 前 t 项之和，即

$$\begin{aligned} x^{(1)} &= (x_t^{(1)} | t=1, 2, \dots, n) \\ &= (x_1^{(0)}, \sum_{i=1}^1 x_i^{(0)}, \sum_{i=1}^2 x_i^{(0)}, \dots, \sum_{i=1}^n x_i^{(0)}) \end{aligned}$$

根据新的数据序列 $x^{(1)}$ ，建立白化方程，即

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$$

该方程的解为

$$x_t^{*(1)} = (x_1^{(0)} - u/a)e^{-a(t-1)} + u/a$$

$x_t^{(1)}$ 为 $x_t^{(1)}$ 序列的估计值，对 $x_t^{*(1)}$ 做一次累减得到 $x^{(0)}$ 的预测值 $x_t^{*(0)}$ ，即

$$x_t^{*(0)} = x_t^{*(1)} - x_{t-1}^{*(1)}, t=2, 3, \dots$$

GM(1,1)模型是灰色理论中提出相对较早的预测模型，GM(1,1)是一阶微分方程，系统模型

的建立，一般要经过思想开发、因素分析、量化、动态化、优化五个步骤，称为五步建模思想。

1.3 智能预测方法

近年来随着人工智能技术及应用数学的迅猛发展，新兴的成果越来越多的应用于负荷预测领域，如专家系统预测法、模糊预测法、人工神经网络预测法、小波分析预测技术及组合预测法等。

1.3.1 模糊预测法

模糊预测法是建立在模糊数学理论上的一种预测新技术，引入模糊数学的概念可以用来描述电力系统中的一些模糊现象，如负荷预测中的关键因素气象状况的评判、负荷的日期类型的划分等，将这一理论应用于负荷预测是很合理的选择，目前模糊集理论应用于负荷预测主要有以下几种方法：模糊聚类法、模糊相似优先比法、模糊最大贴近度法等。

1.3.2 专家系统预测法

专家系统预测法是对数据库存放的过去几年、甚至几十年的、每小时的负荷数据进行分析，从而汇集有经验的负荷预测人员的知识，提取有关规则，按照一定的规则进行预测的方法；适用于中长期负荷预测，该方法能汇集多个专家的知识经验和占有资料、信息多，考虑的因素也比较全面，有利于得出较为正确的结论；其缺点是受数据库里存放的知识总量的限制，对突发性事件和不断变化的条件适用性差，难以取得确定的长期预测结果。

1.3.3 人工神经网络预测法

神经网络是仿效生物处理模式以获得智能信息处理功能的理论，其优点是可以模仿人脑的智能化处理，对大量非结构性、非精确性规律具有自适应能力，具有信息记忆、自主学习、知识推理和优化计算的特点，还有很强的计算能力、复杂映射能力、记忆能力、容错能力及各种智能处理能力，特别是其学习和自适应功能是常规算法所不具备的；缺点是难以科学确定网络结构、学习速度慢、存在局部极小点、记忆具有不稳定性等固有缺陷。

1.4 加权移动平均法

考虑到短期电量预测的随机性和不确定性，本文提出了一种新的预测方法，即加权移动平均预测法，加权移动平均法是根据时间序列资料、逐项推移，依次计算包含一定项数的平均数，以反映数据

变化趋势的方法，该方法的特点是可以消除时间序列数值的不规则变动的影响^[5]。

设时间序列为： x_1, x_2, \dots, x_t ，加权移动平均公式为：

$$M_{tw} = \frac{w_1 y_t + w_2 y_{t-1} + \dots + w_N y_{t-N+1}}{w_1 + w_2 + \dots + w_N}$$

$t \geq N$

式中， M_{tw} 为 t 期加权移动平均数， w_i 为 x_{t-i+1} 的权数，它体现了相应的 x 在加权移动平均数中的重要性。那么第 $t+1$ 期的预测值为第 t 期的加权移动平均数：

$$\hat{x}_{t+1} = M_{tw}$$

2 实例分析

在上述几种方法中有的适用于长期电量预测，而灰色预测模型 GM (1,1) 在短期电量预测中具有较高的准确率，根据连云港市 2013 年 1 月份的电量预测分析以上几种方法在实际预测中的结果，表明灰色模型 GM (1,1) 的预测结果较好，下面给出本文提出的移动平均加权法在短期电量预测中的应用结果，并将两种具体的预测方法进行对比。

2.1 加权移动平均法

从表 1 中可以看出，连云港市 1 月份每天的用电量呈现不规律的发展趋势，用加权移动平均法对 1 月份的用电量进行预测，观察发现当天的用电量与前 3 天的用电量有一定的关系，日期越近，影响的程度也就越大，因此用前三天的用电量预测当天的用电量数值，对前三天的用电量依次选取权重为 $w_1 = 6, w_2 = 2, w_3 = 1$ ，则预测公式为：

$$x_{t+1} = \frac{6x_t + 2x_{t-1} + x_{t-2}}{6 + 2 + 1}$$

根据上面的公式预测得到 1 月份的预测用电量及预测误差如表 1 所示。

由预测结果得到 1 月 1 日、1 月 27 日和 1 月 28 日的预测误差为 6.73%、11.04%、7.54%，略大于 5%，其余日期的预测误差均小于 5%，一个月的平均预测误差为 3.15%，满足预测要求。

表 1 连云港市 2013 年 1 月份用电量移动加权预测值 kWh

日期	实际用电量	预测电量	预测误差
2013 年 1 月 1 日	34268300	36575133	0.0673168
2013 年 1 月 2 日	36588400	35020889	0.0428418
2013 年 1 月 3 日	37994900	36058322	0.0509694
2013 年 1 月 4 日	38579900	37268278	0.0339976
2013 年 1 月 5 日	38861400	38228622	0.0162829
2013 年 1 月 6 日	38861400	38702567	0.0040872
2013 年 1 月 7 日	39046200	38830122	0.0055339
2013 年 1 月 8 日	39437700	38984600	0.011489
2013 年 1 月 9 日	40072000	39286667	0.0195981
2013 年 1 月 10 日	39427800	39817067	0.0098729
2013 年 1 月 11 日	38613200	39572056	0.0248323
2013 年 1 月 12 日	37808000	38956311	0.0303722
2013 年 1 月 13 日	36808600	38166911	0.036902
2013 年 1 月 14 日	38395600	37231200	0.0303264
2013 年 1 月 15 日	38149400	37977644	0.0045022
2013 年 1 月 16 日	39336800	38055133	0.0325819
2013 年 1 月 17 日	39437800	38968356	0.0119034
2013 年 1 月 18 日	38920200	39272200	0.0090442
2013 年 1 月 19 日	37324500	39081511	0.0470739
2013 年 1 月 20 日	36384000	37913911	0.042049
2013 年 1 月 21 日	37116100	36874800	0.0065012
2013 年 1 月 22 日	37630500	36976567	0.0173778
2013 年 1 月 23 日	35819600	37377689	0.0434982
2013 年 1 月 24 日	34971800	36366078	0.0398686
2013 年 1 月 25 日	34017400	35455611	0.0422787
2013 年 1 月 26 日	33085200	34429733	0.0406385
2013 年 1 月 27 日	37660000	33501978	0.1104095
2013 年 1 月 28 日	33699300	36238644	0.075353
2013 年 1 月 29 日	33443700	34511222	0.03192
2013 年 1 月 30 日	33731400	33968978	0.0070432

预测误差曲线如图 1 所示。

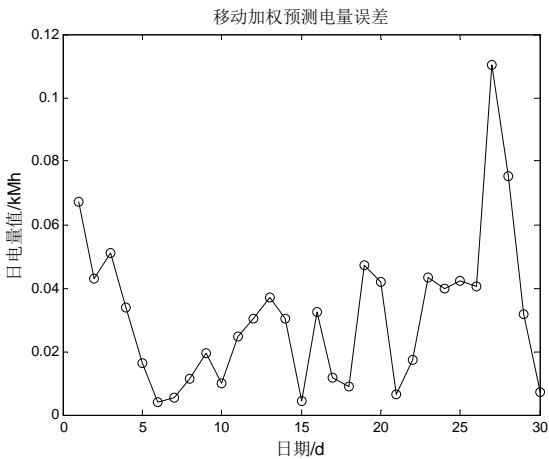


图 1 移动加权平均预测误差

2.2 GM (1,1) 模型预测法

用 GM (1,1) 模型对连云港 1 月份用电量的预测结果如表 2 所示。预测误差曲线如图 2 所示。

用 GM (1,1) 模型预测出的 1 月份用电量平均相对误差为 3.576%，高于移动平均加权法，观察发现预测误差较大的三天为 1 月 27 日至 29 日，因为这这几天的用电量出现了较大程度上的突变。

用移动平均加权法和 GM (1,1) 模型预测电

量的对比情况如图3所示。

表2 连云港2013年1月份用电量GM(1,1)模型预测值 kWh

日期	实际用电量	预测电量	预测误差
2013年1月1日	34268300	35709568	0.0420584
2013年1月2日	36588400	34569297	0.0551842
2013年1月3日	37994900	35905014	0.0550044
2013年1月4日	38579900	38127728	0.0117204
2013年1月5日	38861400	40543023	0.0432723
2013年1月6日	38861400	39880848	0.0250354
2013年1月7日	39046200	39343626	0.0076173
2013年1月8日	39437700	39210683	0.0057564
2013年1月9日	40072000	39533095	0.0134484
2013年1月10日	39427800	40349213	0.0233696
2013年1月11日	38613200	39940296	0.034369
2013年1月12日	37808000	38619854	0.0214731
2013年1月13日	36808600	37115945	0.0083498
2013年1月14日	38395600	36048154	0.0611384
2013年1月15日	38149400	37489818	0.0172895
2013年1月16日	39336800	38450182	0.0225392
2013年1月17日	39437800	40037449	0.0152049
2013年1月18日	38920200	39921934	0.0257382
2013年1月19日	37324500	39562720	0.0599665
2013年1月20日	36384000	37156859	0.0212417
2013年1月21日	37116100	35406527	0.0460602
2013年1月22日	37630500	35854609	0.0471929
2013年1月23日	35819600	37531344	0.0477879
2013年1月24日	34971800	36447786	0.042205
2013年1月25日	34017400	34383537	0.0107632
2013年1月26日	33085200	32767017	0.0096171
2013年1月27日	37660000	32243840	0.1438173
2013年1月28日	33699300	36811385	0.0923487
2013年1月29日	33443700	35513730	0.061896
2013年1月30日	33731400	33776258	0.0013298

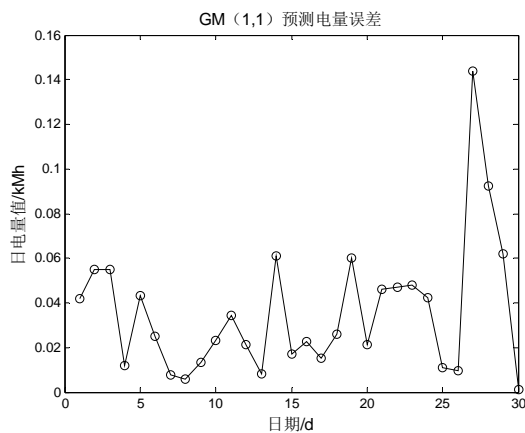


图2 GM(1,1)模型预测电量误差

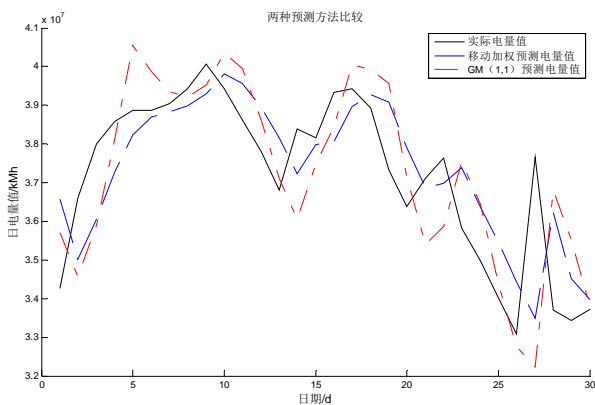


图3 两种方法预测电量对比图

从上图可以看出,移动平均加权法预测出的电量值更加接近实际电量值,曲线走向和实际值曲线走向也更加吻合,说明该方法在短期电量预测中效果更优。

3 结论

短期电量预测的准确性,更能够反映一流配电网的精益化管理水平。由于短期电量预测受政治经济政策的影响很小,它的变化趋势具有不确定性、不可预知性,在前三天的历史电量数据基础上采用移动加权方法预测出的效果更加准确。经验证比较,该方法具有简单可行、实现起来方便操作等优点,可作为电网电量等经营指标分析的辅助分析方法。

参考文献:

- [1] 刘明. 基于小波和神经网络理论的电力系统负荷预测研究[D]. 南京理工大学, 2012.
- [2] 袁启洪. 电力零售市场下的电量预测[D]. 华北电力大学, 2007.
- [3] 周琪. 几种电量预测的实用方法[J]. 江苏电机工程, 2006, 25(6): 52~54.
- [4] 王子琦, 姜南, 杨丽徒, 厉励. 优化灰色模型在中长期电力负荷预测中的应用[J]. 郑州工业大学学报, 1999, 20(1): 79~81.
- [5] 郭锐. 华北电网的售电量预测研究[J]. 科技, 73~74.

作者简介:

刘明(1986-), 男, 江苏睢宁人, 硕士研究生, 助理工程师, 从事电力系统调度运行、电力系统负荷预测等方面的工作, E-mail: Liudming@126.com。

李红(1980-), 女, 江苏连云港人, 本科, 高级工程师, 从事电力系统规划设计、电力系统负荷预测等方面的工作。

伏祥运(1977-), 男, 江苏连云港人, 博士研究生, 高级工程师, 从事电力系统调度运行管理、无功功率补偿和谐波抑制等方面的工作。

张魁(1969-), 男, 安徽全椒人, 硕士研究生, 高级工程师, 从事电力系统规划设计、电力系统负荷预测等方面的工作。