

数字逻辑理论及其在气象预报集成中的应用

张选民 文强 邹希云 张家望 匡昌武

(湖南省益阳市气象局,413000)

提 要

以数字逻辑理论为基础,采用逻辑电路设计方法,对二级(0,1)气象要素预报多种方法进行预报集成尝试,效果令人满意。该方法理论依据充分,计算简单,易于编程,为预报集成开辟了一条新的途径。

关键词: 数字逻辑 气象 预报集成 应用

引 言

随着 9210 工程和 VSAT 站的业务应用开展,极大地丰富了气象信息资料,为各级气象台站开展预报方法的研究奠定了更坚实的基础,各类预报方法已日趋增多,如何对众多的预报方法进行优化、集成,使综合预报结论客观、科学、准确,是预报人员必须解决的问题。本文就二级(0,1)预报方法的集成问题,运用数字逻辑原理进行探讨和尝试。

1 基本思路

在数字逻辑理论中^[1],对于一个布尔函数的逻辑表达式,都可写出一个确定的真值表或用一开关网络描述。如:

$$F1 = \overline{AB} + \overline{CD} = \overline{ABCD}$$

可用表 1 描述。

反之,对于一组输入信号 A、B、C、D 和对应的输出信号 F2(如表 1),也可通过“卡诺图”等方法进行化简优化为最简逻辑表达式:

$$F2 = \overline{BC} + \overline{AB} + \overline{CD}$$

对于不完全确定的布尔函数,某些输入组合使得输出不确定,有时为“1”,有时为“0”,我们称其为随机项,用“d”表示,此时可理解为第三状态,在优化输出函数时,以有利于优化为原则而令其为“0”或“1”即可。

试想,输入信号为某一气象要素的多种预报方法所给出的一组信息,输出信号为该要素的预报结论,显然,这就是气象预报上的预报集成问题。因此,运用数字逻辑原理进

行预报集成是完全可行的。

表 1 真值表

十进制	A	B	C	D	F1	F2
0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	1	1	1	0
4	0	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	1	0
7	0	1	1	1	1	0
8	1	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	1	1
10	1	0	1	0	1	0
11	1	0	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	1
13	1	1	0	1	1	1
14	1	1	1	0	1	1
15	1	1	1	1	0	1

2 基本方法

逻辑电路的设计,是将输入信号根据不同要求通过组合网络的设置,转换成指定的输出信号。在此,组合网络的化简、优化是关键,通常采取的方法有“公式法”、“卡诺图法”和“M-Q 列表法”。本文仅介绍“M-Q 列表法”,为此,先作如下定义:

最小项:真值表中,输出为“1”的那些行所对应的各变量之“与”。

蕴涵项:由最小项以及最小项合并成的任何“与”项。

质蕴涵项:某一蕴涵项如果不是其它蕴涵项的子集,则此蕴涵项即为质蕴涵项。

必要质蕴涵项:如果一质蕴涵项包含了其它质蕴涵项都不包含的最小项,则此质蕴

涵项为必要质蕴涵项。

求布尔函数的最简最优与“或”表达式，步骤有三：先求出布尔函数的所有质蕴涵项；再求出所有必要质蕴涵项；最后找出一组质蕴涵的最小覆盖（必须包括必要质蕴涵），这组质蕴涵的最小覆盖的“或”即为该布尔函数表达式。具体方法如下。

2.1 消去可合并的变量，求出所有质蕴涵项
先找出输出为“1”的最小项（蕴涵项），用二进制数表示其变量。“0”表示反变量，“1”表示原变量，“—”表示消去的变量。

如一个四变量蕴涵项 ABCD，其二进制码表示为：
 $\bar{A}BCD$ —0110, $AC\bar{D}$ —1—10, A —1— — —, ……。

然后将这些蕴涵项按“1”的个数分组，再按“只有‘1’的个数相差 1 的蕴涵项才有可能合并”的规则进行合并，可消去一个变量。反复进行直至不能合并为止，得到所有质蕴涵项。

2.2 求必要质蕴涵项和最小覆盖
将上述得到的质蕴涵项按所覆盖最小项的情况列表，表中某一最小项若只有一个质蕴涵项覆盖，则该质蕴涵项即为必要质蕴涵项。

2.3 求最小覆盖和函数
在表中去掉所有必要质蕴涵项后，对余下的质蕴涵项按“优势行”规则和“优势列”规则进一步简化处理，最后得到的质蕴涵项和前述的必要质蕴涵项一起组成布尔函数。

3 预报集成应用

表 2 为 7~9 月降水量 5 个预报方法的历年拟合和实况等数据。预报分二级：偏多(1)和偏少(0)。其中有一变量组合型式为“00000”，共出现 11 次，对应的函数值有 10 次为“0”，一次为“1”，是一随机项，为处理方便和预报需要，我们令其为“0”，由此可得：

$$F = \sum m(3, 7, 10, 14, 18, 19, 23, 25, 26, 27) \quad (1)$$

式(1)表示该布尔函数由 10 个最小项“3”(组合型为 00011)、“7”(00111)、“10”(01010)、……、“27”(11011)组成。

表 2 7~9 月降水预报历史拟合、实况及预报集成结果

十进制	年份	f1	f2	f3	f4	f5	实况	最小项	F
2	1956	0	0	0	1	0	0		0
16	1957	1	0	0	0	0	0		0
3	1958	0	0	0	1	1	1	*	1
10	1959	0	1	0	1	0	1	*	1
16	1960	1	0	0	0	0	0		0
27	1961	1	1	0	1	1	1	*	1
0	1962	0	0	0	0	0	0	d	0
2	1963	0	0	0	1	0	0		0
2	1964	0	0	0	1	0	0		0
23	1965	1	0	1	1	1	1	*	1
0	1966	0	0	0	0	0	0	d	0
1	1967	0	0	0	0	1	0		0
8	1968	0	1	0	0	0	0		0
27	1969	1	1	0	1	1	1	*	1
23	1970	1	0	1	1	1	1	*	1
16	1971	1	0	0	0	0	0		0
10	1972	0	1	0	1	0	1	*	1
14	1973	0	1	1	1	0	1	*	1
0	1974	0	0	0	0	0	0	d	0
25	1975	1	1	0	0	1	1	*	1
0	1976	0	0	0	0	0	0	d	0
0	1977	0	0	0	0	0	0	d	0
17	1978	1	0	0	0	1	0		0
0	1979	0	0	0	0	0	0	d	0
18	1980	1	0	0	1	0	1	*	1
0	1981	0	0	0	0	0	0	d	0
26	1982	1	1	0	1	0	1	*	1
3	1983	0	0	0	1	1	1	*	1
0	1984	0	0	0	0	0	0	d	0
0	1985	0	0	0	0	0	0	d	0
0	1986	0	0	0	0	0	0	d	0
10	1987	0	1	0	1	0	1	*	1
7	1988	0	0	1	1	1	1	*	1
0	1989	0	0	0	0	0	1	d	0
2	1990	0	0	0	1	0	0		0
19	1991	1	0	0	1	1	1	*	1
17	1992	1	0	0	0	1	0	*	0

3.1 求质蕴涵项

将这些最小项按“1”的个数分组，各组用横线“—”隔开，如表 3。根据合并规则，最小项“3”与最小项“7”合并为“00—11”，消去了 f3，得到表 4 中的第一行；最小项“3”与最小项“19”合并为“—0011”，消去了 f1，得到表 4 中的第二行；……。在每个参与合并的蕴涵项右边打上“V”，如此得到表 4。同理，表 4 的第一行与第八行、第二行与第七行都可合并成表 5 的第一行，……，又可得到表 5。

表3 最小项分组表

十进制	f1	f2	f3	f4	f5	
3	0	0	0	1	1	V
10	0	1	0	1	0	V
18	1	0	0	1	0	V
7	0	0	1	1	1	V
14	0	1	1	1	0	V
19	1	0	0	1	1	V
25	1	1	0	0	1	V
26	1	1	0	1	0	V
23	1	0	1	1	1	V
27	1	1	0	1	1	V

表4 第一次合并情况

合并项	f1	f2	f3	f4	f5	
3,7	0	0	—	1	1	V
3,19	—	0	0	1	1	V
10,14	0	1	—	1	0	P1
10,26	—	1	0	1	0	P2
18,19	1	0	0	1	—	V
18,26	1	—	0	1	0	V
7,23	—	0	1	1	1	V
19,23	1	0	—	1	1	V
19,27	1	—	0	1	1	V
25,27	1	1	0	—	1	P3
26,27	1	1	0	1	—	V

表5 第二次合并情况

合并项	f1	f2	f3	f4	f5	
3,7,19,23	—	0	—	1	1	P4
18,19,26,27	1	—	0	1	—	P5

由表5可看出,这是一组“1”的个数都相同的蕴涵项,故合并到此为止。在表3、表4、表5中,那些没有参与合并的项(右边没有打“V”的项) P1、P2、P3、P4、P5 就是我们求得的质蕴涵项。

3.2 求必要质蕴涵项

由表4可知, P1的组合为“01~10”,当 f3为“0”时,它覆盖最小项“10”;当 f3为“1”时,它覆盖最小项“14”。同样方法,可找出 P1、P2、P3、P4、P5 的覆盖情况并列于表6。

由表6知,最小项“14”只有 P1覆盖它,最小项“25”只有 P3覆盖它,最小项“23”只有 P4覆盖它,最小项“18”只有 P5覆盖它。因此, P1、P3、P4、P5 都是必要质蕴涵项(表中记“★”的项)。

3.3 求最小覆盖和函数

从表6我们还能看到, P1、P3、P4、P5

已经覆盖了该函数的所有最小项。也就是说,因为 P2所覆盖的最小项“10”、“26”被 P1、P5所包含,去掉所有必要质蕴涵项后表中无剩余质蕴涵项,所以不必进行“优势行”、“优势列”处理,该四个必要质蕴涵就可组成布尔函数:

$$F = P1 + P3 + P4 + P5$$

$$= \overline{f1}f2f4\overline{f5} + f1f2\overline{f3}f5 + \overline{f2}f4f5 + f1\overline{f3}f4 \quad (2)$$

将表2中的数据代入式(2)中,得到表2中的“F”列。从各方法与实况比较可知,5个预报方法单独预报效果不佳,但通过集成优化处理,预报准确率提高较多,达到了非常满意的效果。

表6 覆盖情况表

小项	质蕴涵项					覆盖情况
	P1	P2	P3	P4	P5	
3				★		☆
7				★	☆	
10	☆	☆				☆
14	★					☆
18					★	☆
19				☆	☆	☆
23				★		☆
25			★			☆
26		☆			☆	☆
27			☆		☆	☆

4 结 语

本方法思路清晰,理论依据充足,计算简单,适应面广,易于编程。能充分反映各方法的信息,注重因子间的最优组合,对各方法要求不高,集成的结果明显优于单一预报方法,效果令人满意,为二级(0,1)预报方法的集成开辟了一条崭新的途径。同时,本方法还可用于二级预报方法的建立,只要因子的物理意义清楚、合理,因子与对象间有一定的相关关系,同样能获得较为理想的预报方法。

参考文献

- 1 张绍贤,朱锦桂编著. 数字逻辑. 长沙:国防科技大学出版社,1985.7:83~103.
- 2 唐泽圣等. 程序设计 Visual Basic 6. 北京:电子工业出版社,2001.1:37~80.

(下转第31页)

Digital Logic Theory and Its Application in Meteorological Forecast Ensemble

Zhang Xuanmin Wen Qiang Zou Xiyun Zhang Jiawang Kuang Changwu

(Yiyang Meterological Office, Hunan 413000)

Abstract

Based on the digital logic theory, it is tried to do forecast ensemble for the multimethods of the 2-group(0,1) meteorological elements by means of designing electric circuit. The result shows the theory has satisfactory effect. Also, the method is based on abundant theoretic evidence, and it is very simple to calculate and easy to program so, it initiates a new way to the forecast ensemble.

Key Words: digital logic theory meteorology forecast ensemble application