

基于多传感器数据融合的粮食仓库温度监测系统*

项新建

(杭州应用工程技术学院 杭州 310012)

摘要 在粮食仓储管理中,温度监测是保证粮食品质的主要因素。提出了一种基于多传感器数据融合的粮库温度监测系统,给出了数据融合算法。实际应用表明,系统测温准确、可靠。

关键词 粮食仓储 数据融合 Bayes 估计 温度监测

Temperature Measurement System in Grain Depot Based on Multi-sensors Data Fusion

Xiang Xinjian

(Hangzhou Institute of Applied Technology, Hangzhou 310012, China)

Abstract During management of grain depot, temperature measurement is main element to pledge grain quality. This paper presents a temperature measurement system for grain depot based on multi-sensor data fusion, and gives the data fusion algorithm. The results show that the system is accurate and reliable.

Key words Grain depot Data fusion Bayes estimation Temperature measurement

1 引 言

粮食在仓储过程中,对粮仓温度进行监测是防止霉烂,变质的基本措施之一^[1]。目前,国内粮食仓储的温度检测手段普遍较为落后,大多采用手工方法,主要凭人的感官和经验作出判断。因判断失误而造成局部或大范围粮食霉变的情况时有发生。许多粮库根据经验定时翻晒防止霉变,这往往造成大量人力和财力的浪费。

为了保证粮食品质,仓储区的温度必须严格地控制在允许范围。由于在线检测,各仓储区的温度有较大差别,影响温度的因素也较多。若采用各温区温度算术平均的监测方法,将造成较大的测温误差,引起误报,导致翻晒的浪费,严重的甚至引起粮食损坏。

本文介绍一种基于多传感器数据融合的粮食温度监测系统。它不需要任何有关粮库的历史统计资料与专家经验知识,仅对有限个温度传感器(集成温度传感器)的测量结果,以置信距离测度作为数据融合的融合

度,再利用置信矩阵,融合矩阵得到多传感器的最佳融合数。以 Bayes 估计理论为基础得到多传感器的最优融合数据。数据融合方法可以获得比传统方法更有效与更可靠的测量结果,从而提高了系统的监测能力,保证了粮食仓储的质量与效率。

2 粮库温度监测系统的组成

图 1 所示以 PC 微机作为数据融合处理、数据库管理及温度监控工作主机。主机上配有 A/D 采集卡及控制输出接口和通信接口。在粮仓三维空间的典型位置上均设有测温传感器(每个平面共有 10 个,组成一组),测温电路将集成温度传感器所获得的温度测量信号转换为电压信号,经插在主机 PCI 接口上的 A/D 采集卡变换成数字量并存储到主机中。计算机对送入的多传感器数据进行融合计算。一旦估计的温度超过设定警戒线,计算机自动开启粮库中的排风系统,并通知工作人员采取必要措施。

* 本文于 2001 年 9 月收到。

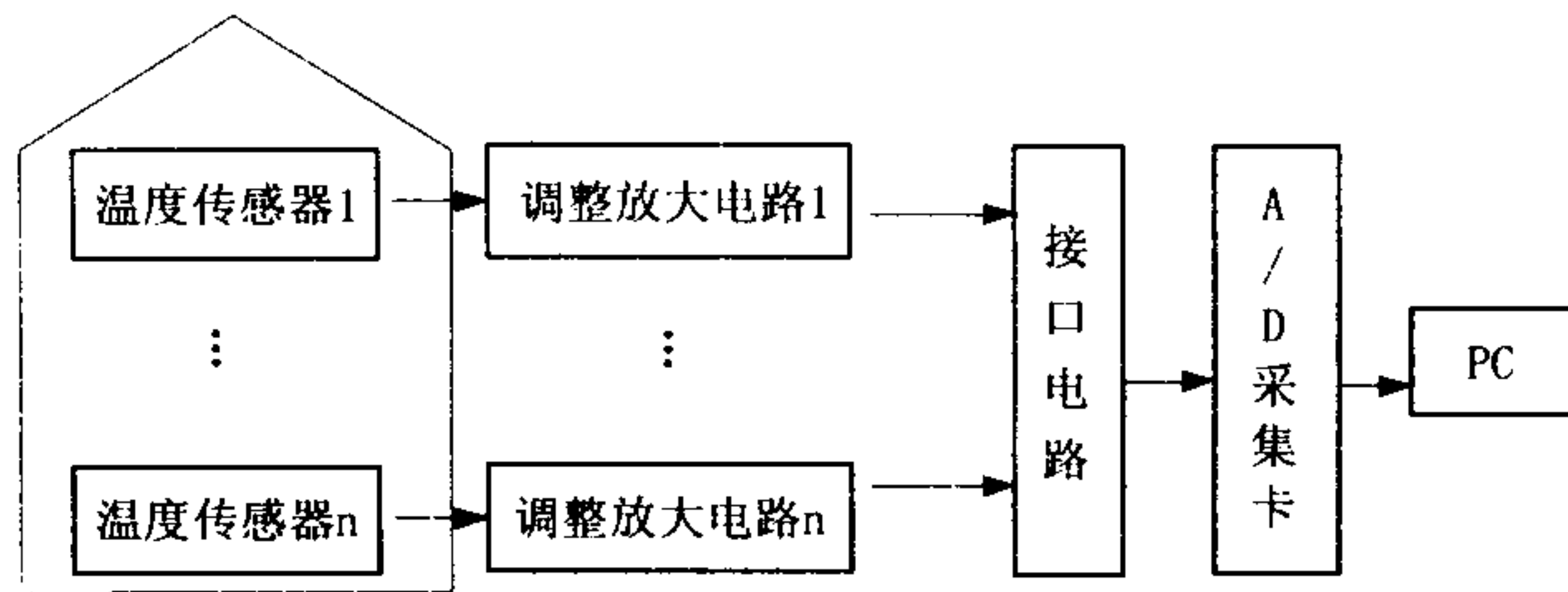


图1 粮库温度监测系统组成框图

3 多传感器数据融合方法

数据融合指的是模仿人脑的数据综合处理能力,利用计算机技术对按时序获得的多传感器观测信息在一定的准则下予以分析和综合,以完成所需要的决策和估计而进行的信息处理过程。

粮库温度监测系统,利用多传感器数据融合技术,对有限次温度测量数据,即使当某一平面区域中某个甚至数个传感器失效时,借助其他非失效传感器提供的信息,还是能获得更加准确的结果。粮库温度多传感器数据融合包括失效数据剔除与有效数据优化融合两大内容。

3.1 基于相融矩阵的失效数据剔除方法

多个温度传感器测量同一粮仓平面区域温度时,设第*i*个传感器和第*j*个传感器所测得的数据为 T_i 、 T_j ,且 T_i 、 T_j 服从正态分布。

为反映 T_i 、 T_j 之间的偏差大小,引进相融距离测度 d_{ij} 。 d_{ij} 的值越小,表示 *i*、*j* 两个传感器的观测值越相近,否则偏差就越大。因而称 d_{ij} 为 *i*、*j* 两个传感器的融合度。根据文献[2], d_{ij} 可由下式计算:

$$d_{ij} = \left| \operatorname{erf} \left(\frac{T_j - T_i}{\sqrt{2Q_i}} \right) \right| \quad (1)$$

式中 erf——误差函数

Q_i —— T_i 的均方差

$$\operatorname{erf}(Q) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^Q e^{-u^2} du \quad (2)$$

$$\text{从而 } d_{ij} = 2 \left| F \left(\frac{x_j - x_i}{Q_i} \right) - 0.5 \right| \quad (3)$$

式中 $F(X)$ 为标准正态分布函数。若有 m 个传感器测量同一区域温度,融合度 d_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, m$) 构成一个矩阵 D_m :

$$D_m = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

D_m 称为多传感器数据融合度矩阵。

用多个传感器测量同一温度参数时,根据经验或多次试验的结果,给出 d_{ij} 的有界线值 β_{ij} ($i, j = 1, \dots, m$)

并设

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & d_{ij} < \beta_{ij} \\ 0 & d_{ij} > \beta_{ij} \end{cases}$$

$$R_m = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中 R_m ——多传感器相融矩阵

若 $r_{ij} = 0$,则认为第 *i* 个传感器与第 *j* 个传感器相融性差,或称它们相互不支持。若 $r_{ij} = 1$ 则认为第 *i* 个传感器和第 *j* 个传感器相融性好,称第 *i* 个传感器和第 *j* 个传感器相互支持。如果一个传感器只被少数传感器支持,则这个传感器的数据为失效数据,应把这样的数据剔除。若这个传感器的读数长期失效,应考虑检查该传感器是否故障。其余传感器为有效传感器,其集合为融合集 T ,有效传感器的个数 L 为有效融合数。

3.2 基于 Bayes 估计的多传感器数据融合方法

定义 1 (Bayes 估计): 设总的分布函数 $F(x, Q)$ 中参数 Q 为随机变量,对任一决策函数 $d(\xi_1, \dots, \xi_n)$,若有一决策函数 $d^*(\xi_1, \dots, \xi_n)$ 使得:

$$B(d^*) = \min \{ B(d) \} \quad (6)$$

则称 d^* 为参数 Q 的 Bayes 估计量,其中 $B(d)$ 称为决策函数 $d(\xi_1, \dots, \xi_n)$ 的贝叶斯风险^[4]。

定理 1:

如果损失函数取二次式:

$$\lambda(Q, d) = [Q - d(\xi_1, \dots, \xi_n)]^2 \quad (7)$$

则参数 Q 的 Bayes 估计值为:

$$d(\xi_1, \dots, \xi_n) = E(Q | \xi_1, \dots, \xi_n) = \int Q P(Q | \xi_1, \dots, \xi_n) dQ$$

因此要求 Q 的 Bayes 估计,只要先求 $P(Q | \xi_1, \dots, \xi_n)$ 即可。

根据文献[3],设 m 个温度传感器测量同一参数,其融合数为 L ($L \leq m$)。融合集为 T 。 T 的 Bayes 估计为(最佳融合数据):

$$T = \frac{\sum_{k=1}^L \frac{T_k + T_0}{Q_k^2 + Q_0^2}}{\sum_{k=1}^L \frac{1}{Q_k^2} + \frac{1}{Q_0^2}} \quad (8)$$

式中 T_k ——第 k 个传感器的观测值

Q_k ——第 k 个传感器的测量值的标准偏差

T_0 ——L 个传感器观测值的均值

Q_0 ——L 个传感器观测值的标准偏差

3.3 粮库温度测量数据融合实验

以 10 个同一层面温度传感器在相同的时间进行 10 次单独测量,得到的测量均值如表 1 所示。

表 1

传感器序号	观测值 T_i	方差 Q_i^2	传感器序号	观测值 T_i	方差 Q_i^2
1	15.0	0.06	6	12.8	0.10
2	14.8	0.08	7	12.5	0.20
3	14.6	0.12	8	15.4	0.10
4	14.5	0.15	9	15.2	0.20
5	14.4	0.08	10	18.0	0.20

对表 1 做归一化处理,其归一化数据及均方差表 2 所示。

表 2

传感器序号	(归一化)观测值 X_i	方差 Q_i^2	传感器序号	(归一化)观测值 X_i	方差 Q_i^2
1	1.013	0.06	6	0.865	0.10
2	1.00	0.08	7	0.844	0.20
3	0.986	0.12	8	1.040	0.10
4	0.980	0.15	9	1.027	0.20
5	0.973	0.08	10	1.216	0.20

由式(1)计算两传感器的融合度,并组成多传感器融合度矩阵:

$$D_{10} = \begin{pmatrix} 0.000 & 0.020 & 0.043 & 0.052 & 0.063 & 0.226 & 0.252 & 0.043 & 0.027 & 0.296 \\ 0.018 & 0.000 & 0.019 & 0.016 & 0.017 & 0.184 & 0.206 & 0.055 & 0.036 & 0.276 \\ 0.023 & 0.016 & 0.000 & 0.008 & 0.014 & 0.136 & 0.159 & 0.059 & 0.047 & 0.245 \\ 0.033 & 0.019 & 0.006 & 0.000 & 0.008 & 0.125 & 0.142 & 0.020 & 0.048 & 0.229 \\ 0.055 & 0.036 & 0.017 & 0.008 & 0.000 & 0.150 & 0.177 & 0.090 & 0.075 & 0.305 \\ 0.180 & 0.163 & 0.148 & 0.141 & 0.135 & 0.000 & 0.025 & 0.209 & 0.195 & 0.343 \\ 0.168 & 0.135 & 0.126 & 0.118 & 0.115 & 0.018 & 0.000 & 0.168 & 0.159 & 0.196 \\ 0.033 & 0.049 & 0.067 & 0.075 & 0.083 & 0.208 & 0.232 & 0.000 & 0.016 & 0.235 \\ 0.012 & 0.023 & 0.035 & 0.041 & 0.047 & 0.141 & 0.159 & 0.012 & 0.000 & 0.164 \\ 0.183 & 0.185 & 0.196 & 0.200 & 0.206 & 0.283 & 0.297 & 0.154 & 0.164 & 0.000 \end{pmatrix}$$

取 d_{ij} 的界线值 $\beta_{ij} = 0.1 (i=1,2,\dots,10)$ 后的多传感器相融矩阵。

$$R_{10} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

取至少被 7 个传感器支持的传感器测量数据为有效数据,最佳融合数 $L=7$,融合集是 $\{T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_8, T_9\}$ 。

采用(8)式,求被测参数的 Bayes 最优融合数据:

$$T' = \frac{\sum_{k=1}^L \frac{T_k}{Q_k^2} + \frac{T_0}{Q_0^2}}{\sum_{k=1}^L \frac{1}{Q_k^2} + \frac{1}{Q_0^2}} = 14.836^\circ\text{C}$$

利用 C 语言编制失效数据剔除及有效数据融合程序。借助于计算机强大的计算与表格处理能力,自动完成数据融合。

4 结 论

本文提出的基于多传感器参数估计数据融合的粮库温度监测系统,借助于计算机智能信息处理与强大的计算机处理能力,极大地提高了粮仓温度检测的精度与技术水平,保证了粮食储备的安全。

浙江某国家粮食储备库据此建立的粮情电脑测控系统,极大地降低了粮库保管的工作强度,提高了工作速度,原来进行一次粮温检测,需要 13 名工作人员工作 3 小时 30 分,现在只需要电脑 5min 就可完成,精度也从原来检测误差 $\pm 3^\circ\text{C}$ 精确到 $\pm 0.2^\circ\text{C}$,确保了检测的质量与可靠性。

数据融合方法应用于粮库的管理是一个新的课题,值得作进一步的研究。

(下转第 535 页)

