

智能玉米烘干系统的非线性动态解耦

刘春宝, 王治刚
(吉林大学, 长春 130022)

摘要: 讨论了应用多输入变量非线性分析法的智能玉米烘干系统的动态解耦问题, 就系统模型的建立和解耦进行了分析, 解决了玉米干燥控制这一复杂的、非线性的、时变的、具有较长迟滞时间的控制问题, 同时对实践应用效果进行了比较分析。

关键词: 多输入; 非线性; 解耦; 玉米

中图分类号: T911; S513.093 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2007)02-0101-03

Dynamic Nonlinear Decoupling of Intelligent Corn Drying System

LIU Chun bao, WANG Zhi gang
(Jilin University, Changchun 130022)

Abstract: The corn drying control system has many input variables, and the relationship between input and output is nonlinear, so it is difficult to control. A structure of multivariable input nonlinear analysis method was used to solve this problem. A VI control system, which based on it, was put into practice. A year's control data were presented and its effect was analyzed.

Key words: multivariable input; nonlinear; decoupling; corn

0 引言

玉米干燥控制系统是一个复杂的、非线性的、时变的、具有较长迟滞时间的系统, 用传统控制方法很难实现自动控制^[1]; 控制系统为多变量输入、输出系统, 输入输出时间很难用简单可行的数学表达式表示; 玉米干燥时间长, 约需 8 h 左右, 而一旦最后发现玉米含水率不合格, 则无法再对其采取补救措施。与其他控制方法相比较, 非线性控制技术更适合于玉米的干燥过程控制。实践证明玉米干燥过程控制中的不确定性、长迟滞性等特性, 可以在该控制系统中得到解决^[2]。

实现玉米干燥过程的自动控制的关键在于非线性系统动态解耦的设计, 在实时系统上(玉米烘干塔)将多路数据采集到计算机中, 输入到设计好的非线性系统中, 并对其进行动态解耦, 用解耦后的控制数据控制计算机的控制软件及必要的硬件电路组成的自动控制系统, 代替操作员实现干燥过程的自动控制。计算机通过软件控制硬件电路实现与多个传

感器之间的数据采集, 将采集到的数据经控制软件进行处理与推理分析, 得出控制结论, 再使用 PLC 及变频器控制执行机构, 来改变系统的运行状态, 从而实现控制过程的自动化与智能化。

1 非线性系统的建立

首先将输出分成 s 小块, 即考虑如下系统

$$\dot{x} = f(x) + g(x)u = f(x) + \sum_{i=1}^m g^i(x)u_i \quad (1)$$

$$y_i = h_i(x), j \in s$$

其中 $x \in R^n, u \in R^m, y_j \in R^{p_j}, f, g_1, \dots, g_m$ 的每行及 $h_1(x), \dots, h_s(x)$ 的每行都是 x 的亚纯函数, 这时系统的输出向量被分成了 s 块, 即

$$\sum_{j=1}^s p_j = p$$
$$g(x) = [g_1(x), \dots, g_m(x)]$$
$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_s \end{bmatrix}, y_i = \begin{bmatrix} y_{i1} \\ \vdots \\ y_{ip_i} \end{bmatrix}, h(x) = \begin{bmatrix} h_1(x) \\ \vdots \\ h_s(x) \end{bmatrix}, h_i(x) = \begin{bmatrix} h_{i1}(x) \\ \vdots \\ h_{ip_i}(x) \end{bmatrix}$$

收稿日期: 2007-01-24

第一作者简介: 刘春宝(1968-), 男, 长春市人, 硕士, 从事通信及自动化控制研究。E-mail: cbliu@jlu.edu.cn。

令子标集

$$J_1=\{1,\cdots,p_1\}$$
$$J_k=\left\{\sum_{i=1}^{k-1}p_i+1,\cdots,\sum_{i=1}^kp_i\right\},k=2,\cdots,s$$

分块输出 y_j , 也可记为 y_{Jj} , 在解耦时对输入向量 $u=(u_1,\cdots,u_m)$ 进行分块, 即要寻找 \underline{m} 的一个分划, $\underline{m}=I_1\cup\cdots\cup I_s\cup I_{s+1}$, 其中 $I_i\subset\underline{m}$, 且 $i\neq j$ 时, $I_i\cap I_j$ 为非空集合。

令 K 表示以 x 亚纯函数为系数、关于 $(u,\cdots,u^{(n-1)})$ 的有理函数构成的域, E 表示由 $\{dx,du,\cdots,du^{(n-1)}\}$ 在域 K 上张成的向量 n 空间, 则 $E_k=span_K\{dx,dy,\cdots,dy^{(k)}\},k=0,1,\cdots,n$

及其相应的秩为 $\rho_k=dim_KE_k,k=0,1,\cdots,n$

给定系统 (1), 及指定的一个输出分划 $y^T=(y_{J_1}^T,\cdots,y_{J_s}^T)$, 如果存在输入的一分划 $u^T=(u_{I_1}^T,\cdots,u_{I_s}^T,u_{I_{s+1}}^T)$ 使得每一块中的输入分量只影响分块输出的, 而不影响其它分块输出, 即 $dy_j^{(k)}\in span\{dx,du,\cdots,du^{(n-1)}:t\in I_i,j\in J_i,0\leq k\leq n$

定义 s 串子空间

$$E_k^i=span_K\{dx,dy_j,\cdots,dy_j^{(k)}:j\in J_i,i\in s,0\leq k\leq n$$

则解耦条件为

$$E_k^i\subset span_K\{dx,du_j,\cdots,du_j^{(n-1)}:j\in I_i\}$$

2 解耦

应用动态扩张算法对系统进行求解^[3], 在动态扩张算法的第 k 步, 得到系统 Σ_k

$$\begin{aligned} \dot{x}_k &= f_k(x_k) + g_k(x_k)u_k \\ y &= h(x_k) = h(x) \end{aligned} \tag{2}$$

其输出具有分划 $y=(\bar{y}^k,y^k)^T$ 满足 $(\bar{y}_i^k)^{(j)}=v_i,i\in D_j$

$$(y^k)^{(k)}(x,z^1,\cdots,z^k)\rho_k+1\leq i\leq p$$

$$\text{其中 } z^j = \begin{bmatrix} z_{i1}^j \\ \vdots \\ z_{ij}^j \\ \vdots \end{bmatrix}, i \in \underline{k}$$

是每步所加的积分器状态。

$$\begin{aligned} \Lambda_{ij}^k &= \sum_{h\in I_i} span_{K_e} \left\{ dx, \sum_{l=1}^k \sum_{t\in J_j} \frac{\partial (y_h^k)^{(k)}}{\partial x_t^l} dz_t^l \right\} \\ \Lambda_j^k &= \sum_{i\neq j} \Lambda_{ij}^k \\ \text{令 } \Lambda^k &= \sum_{j=1}^s \Lambda_j^k \\ \Lambda_d &= \sum_{k=1}^n \Lambda^k \end{aligned}$$

则会得到

$$\Lambda_j^k \subset E_k^i \cap \sum_{i\neq j} E_k^i$$

因此 $\Lambda^k \subset \sum_{j=1}^s \left(E_k^i \cap \sum_{i\neq j} E_k^i \right)$

$$\begin{aligned} E_k^i &= span_{K_e} \{ dx, \{ d\bar{y}_i^{(l)} : l \in \underline{k} \} \} \\ E_k^i &= span_{K_e} \{ dx, \{ dy_i^{(l)} : l \in \underline{k} \} \} \end{aligned}$$

3 应用结果

该系统在吉林粮食集团收储经销有限公司公主岭朝阳粮库进行了一个烘干季节的生产考察(2002 年 11 月 20 日~2003 年 5 月 20 日)。表 1~3 反映了在热风温度不做自动控制的前提下对干燥机出口水分进行手动控制和自动控制的实测结果。首先, 手动控制过程的热风温度和玉米初始水分的波动范围较自动控制过程中的波动范围要小; 其次, 手动控制过程中干燥机出口水分的波动较自动控制过程的波动均要大; 再次, 自动控制过程中水分在 12 h 内偏离平均值 $\pm 1\%$ 的比例已达到系统设计的目标。由此可以看出, 该系统大大提高了干燥机出口玉米水分的准确性, 可以在生产中推广应用^[4]。

表 1 手动控制过程的结果

温度	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
最大(℃)	-12.5	29.8	29.4	38.6	57.2	50.4	77.9	21.5	
最小(℃)	-16.4	20.4	21.3	23.2	40.2	26	62.6	-17.3	
平均	-14.4839	24.68135	26.61103	26.5664	44.8772	33.60977	69.73323	8.016802	
方差	0.808749	2.270847	1.623418	2.825033	3.508077	5.905386	3.876097	9.29836	
温度	T01	T02	T03	TM0	M0	TM1	M1	TM2	M2
最大(℃)	141.6	133.6	137.4	-16	25.2	16	17.68482	46	17.39463
最小(℃)	109.5	108.6	113.3	-18.6	21.77231	-17	12.70099	22	13.1
平均	127.2529	122.8303	127.0384	-17.4922	23.60458	4.074833	15.75718	35.97084	15.96661
方差	6.417647	5.703842	5.574485	0.632383	0.406106	9.151743	0.940311	6.683179	1.017667

注: 表中 T1~T8 为干燥塔从上而下的 8 个粮食温度, T01、T02、T03 是 3 个热风管的热风温度, TM0、TM1、TM2 为 3 个水分传感器测量的温度, M0、M1、M2 为 3 个水分传感器的温度, 下同。

表 2 自动控制过程的结果

温度(℃)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
最大	- 11. 4	26. 5	27. 3	29. 1	87. 3	41. 9	71. 2	13. 9
最小	- 16. 8	17. 4	16. 3	21. 9	70. 2	28. 3	61. 4	- 14. 8
平均	- 14. 4135	23. 96472	22. 50915	26. 13019	75. 61245	36. 84764	66. 3784	- 2. 49009
方差	1. 322157	1. 502708	2. 745225	1. 343952	4. 256856	2. 743196	2. 862818	9. 351093

温度(℃)	T01	T02	T03	TM 0	M 0	TM1	M1	TM 2	M2
最大	134. 7	128. 5	134. 8	- 14	27. 4506	12	16. 58935	43	15. 8082
最小	47. 8	47	53. 8- 17	22. 49059	- 12	12. 7497	16	13. 26903	
平均	109. 073	103. 7349	110. 5264	- 15. 7208	26. 02331	- 1. 24528	14. 6264	31. 67264	14. 19978
方差	15. 72945	14. 50101	14. 69147	0. 938799	0. 968697	10. 30114	0. 743024	8. 529757	0. 465378

表 3 手动和自动控制过程中水分波动情况对比

项目	水分值波动范围	测量值与平均值偏差 不超过范围的比例(%)		
		M1	M2	平均值
手动控制过程	±0. 5%	40. 38	37. 58	38. 98
	±1. 0%	71. 08	63. 10	67. 09
自动控制过程	±0. 5%	49. 72	71. 54	60. 63
	±1. 0%	81. 98	96. 16	89. 07

4 结论

4. 1 分析确立了玉米干燥过程采用非线性解耦系统方法作为干燥过程自动控制系统的核心。
4. 2 根据玉米干燥工艺以及干燥过程自动控制的要求,在运用虚拟仪器技术、人工智能(AI)、RS485 串行通讯等技术基础上建立了玉米干燥自动控制系统。

本文在理论上提出了非线性动态解耦系统及虚

拟仪器技术相结合应用于玉米干燥过程自动控制的构想,在实践上研究开发出基于上述构想的玉米干燥自动控制系统,并对该系统进行了检验和测试。结果表明成果应用于玉米干燥过程的自动控制提高了干燥车间的生产效率、产量、效益、产品质量等。同时,为我国粮食加工设备的自动化发展提供了一种新型方法。

参考文献:

[1] 吴文福,陈晓光,王治刚等.基于虚拟仪器的分布式干燥智能控制系统[C] .第九届全国干燥会议论文集.323-327.

[2] 王昕,李少远,岳恒.一类非线性系统的多模型神经网络解耦控制器[J] .控制与决策,2004,(4):424-428.

[3] 洪奕光,程代展.非线性系统的分析与控制[M] .北京:科学出版社,2005.

[4] 吴文福.虚拟仪器技术在粮食干燥过程参数检测中的应用[J] .种植机械专辑,2003,(25):52-55.

黑龙江省农科院海南科技创新基地落成

我国光身杂交稻研究获重大突破

由我国著名杂交水稻育种制种专家、福建东方种业有限公司总农艺师刘文炳主持的光身杂交水稻研究获重大突破,历经十余年艰苦攻关,育成野败型“三系”光身杂交稻及其配套亲本光身不育系、光身保持系、光身恢复系,“野败型光身水稻不育系光香A选育”成果,填补了我国杂交稻在这一领域的空白。

据介绍,经福建省科技厅组织专家技术鉴定和国际联机检索,确认光身杂交稻研究获重大突破,这项成果“居国际领先水平”,打开了籼粳亚种间杂种优势利用的突破口。它的推广,将扭转我国现有推广应用杂交水稻均为非光身型单一局面,满足人们对优质米和特种用米的需求。

福建东方种业最近推出的杂交水稻不割叶超高产制种配套新技术,实现大面积制种单产创全国杂交水稻制种单产之冠,解决了我国杂交水稻制种需要剥苞、花时落后、青秕谷多三大难题,获第二十届日内瓦国际发明金奖,其技术居国际、国内领先,被国家科委列为“八五”、“九五”国家级科技成果重点推广计划。

2007年1月5日,黑龙江省农科院海南科技创新基地在海南省三亚市落成,这标志着黑龙江省南繁育种工作再登新台阶。全国政协人口、资源与环境委员会副主任马国良,全国人大农业委员会副主任单荣范,黑龙江省农委副主任、省农科院院长、党组书记韩贵清,省农科院副院长张志、苏俊、刘娣为基地落成剪彩。

自1959年黑龙江省农科院派出第一批南繁科技人员开始,经过48年的育种工作者的艰苦努力,通过南繁共育成大豆、水稻、玉米、小麦、马铃薯和蔬菜等新品种903个,年应用面积占全省农作物种植面积的70%以上,并辐射到20多个省区。主要农作物品种更新换代5~6次,每年为全省多创效益70多亿元。目前每年的南繁队伍在不断加大,达30人以上;主要南繁作物也由开始的大豆、玉米、高粱等主要大田作物逐渐扩展到谷子、亚麻、向日葵、瓜菜等作物。

如今,黑龙江省农科院投入500万元建成的南繁基地,不仅仅是承担了育种材料的加代、繁殖工作,同时还具有科技创新研究等综合实力,已成为黑龙江省农科院乃至全省农业在海南的一个科技创新平台。