

基于模糊与遗传逼近策略的轮胎预设值充放气控制

潘小波*

(马鞍山职业技术学院 电气工程系, 安徽 马鞍山 243031)

(*通信作者电子邮箱 pxbjh@163.com)

摘要:影响轮胎充放气的因素比较复杂,为了简便、准确地对轮胎进行预设值充放气,提出一种基于模糊与遗传逼近策略的轮胎预设值充放气控制方法。该方法把整个充放气过程分成两步:首先根据预设值和当前胎压与预设值的差,模糊推理出充放气的时间进行预充放;然后依次遗传前面的充放气速率逐步逼近至预设值。实验结果表明,在不同的充放气条件下利用该方法均能简便、准确地充放气到预设值,精度可达 ± 0.04 bar,适用于各种自动轮胎充放气设备,且简便、高效、实用。

关键词:胎压;预设值;单片机;模糊控制;遗传逼近

中图分类号: TP273+.4; TP399 **文献标志码:** A

Tire preset value inflation or deflation control based on fuzzy and genetic approximation strategy

PAN Xiaobo*

(Department of Electrical Engineering, Maanshan Technical College, Maanshan Anhui 243031, China)

Abstract: The influence factors of tire inflation or deflation are very complicated. In order to make tire to be conveniently and accurately inflated or deflated to the preset pressure value, a tire inflating or deflating control method based on fuzzy and genetic approximation was proposed in this paper. The entire inflating or deflating process was divided into two steps. Firstly the inflating or deflating time was reasoned by fuzzy reasoning according to the preset value and the difference between the current tire pressure and the preset value, and tire was preliminarily inflated or deflated according to this time. Then tire gradually approached the preset value by inheriting last inflating or deflating rate. The experimental results show that tire can be conveniently and accurately inflated or deflated to the preset pressure value in this way under the different condition, accuracy can reach ± 0.04 bar. It is suitable for various automatic inflators, and it is convenient, highly effective and practical.

Key words: tire pressure; preset value; micro-controller; fuzzy control; genetic approximation

0 引言

轮胎对汽车的行驶安全至关重要,轮胎故障是引发交通事故主要原因之一^[1]。实时监控胎压并加以控制是防止爆胎,预防交通事故非常有效的方法^[2]。为了能准确检测胎压并通过充放气控制胎压,达到安全行驶,很多人都致力于提高压力传感器技术和胎压检测与控制系统设计的研究,取得了大量的成果,也有不少相关的研究论文。但诸多论文中更多的是介绍如何准确检测胎压及报警,对如何快速、准确地充放气到预设值,介绍得比较少^[3-9]。

在轮胎充放气的动作过程中胎压是没办法测量的,只有在停止充放气待胎压稳定时才能测量,如何确定充放气动作的时间就显得很重要。影响轮胎充放气的因素比较多,如轮胎的容积、轮胎变形情况、气源空压机的排量、空压机的压力、管路有效面积、起始胎压、设定胎压等,以至于充放气过程中轮胎充放气速率变化规律比较复杂。文献[10-11]提出了一种自主学习记忆不同型号轮胎充放气时间的方法,但是影响轮胎充放气的因素太不确定,就是同一只轮胎在不同的环境条件下充放气规律都不一样,所以每次在不同的条件下要进行充放气都要进行学习,使用极其不方便而且自主学习记忆的信息量太大。文献[12]给出了较为详细的轮胎充放气

的规律,但是文中仅是以一种轮胎进行试验的,其广泛性还有待进一步验证,而且对空压机压力要求8 bar以上,这使得文献[12]中轮胎充放气规律适用对象具有一定的局限性。这里提出了一种基于模糊与遗传逼近策略的轮胎预设值充放气控制新方法,不考虑可能会影响到轮胎充放气的各种不确定因素,先模糊处理,然后遗传逼近至预设值,对各种轮胎充放气设备具有很强的实用性和通用性。

1 系统结构与工作原理

轮胎充放气系统主要由压力传感器、单片机、充气电磁阀和放气电磁阀构成,系统结构如图1所示。充气阀一端接轮胎、一端接空压机,放气阀一端接轮胎、一端通大气,单片机通过放大电路驱动它们。充气阀得电,轮胎与空压机通,充气;放气阀得电,轮胎与大气通,放气。

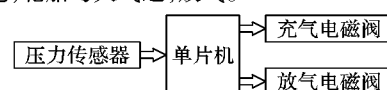


图1 轮胎充放气系统结构

单片机接收到压力传感器检测到轮胎的压力,先模糊处理预充放气至较接近预设值的压力,然后遗传前面的平均充放气速率,逐步逼近至预设值,控制过程如图2所示。

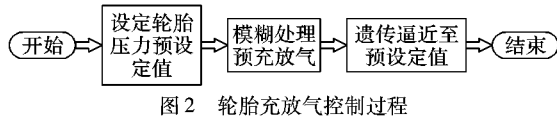


图2 轮胎充放气控制过程

2 模糊处理部分的实现

2.1 模糊控制器的输入量和输出量及其模糊语言描述

模糊控制器的输入量是轮胎预设气压值 P 、轮胎预设气压值与当前轮胎气压值的差 PD ，输出量是充放气时间 T 。

轮胎预设气压值 P 论域定为 { 很大 (VB), 较大 (MB), 正常 (GB) }; 轮胎预设气压值与当前气压值的差 PD 论域定为 { 正大 (PB), 正中 (PM), 正小 (PS), 正零 (PZ), 负零 (NZ), 负小 (NS), 负中 (NM), 负大 (NB) }; 输出量充放气时间 T 论域为 { 超长 (VVL), 很长 (VL), 长 (L), 较长 (ML), 较短 (MS), 短 (S), 很短 (VS), 超短 (VVS) }。

2.2 各模糊量的隶属度函数

隶属度函数设计时, 如果需要较高的分辨率, 以期达到较高的控制灵敏度, 隶属函数形状就设计较尖, 此时输入引起的输出变化就比较剧烈; 反之, 如果需要的分辨率较低, 隶属函数曲线形状设计就较缓一些, 这样输入引起的输出变化不那么剧烈, 控制特性比较平缓, 此时具有较好的系统稳定性。因而, 通常在输入较大的区域内采用形状较缓的曲线, 在输入较小的区域内采用形状较尖的曲线, 当输入接近于零时则选用形状很尖的曲线^[15]。

一般小型汽车胎压可充至 2.5 bar 附近, 大型车辆胎压较高, 有的工程车或大卡车胎压可充至 16 bar, 由此并依据实验, 设计了本模糊控制器输入/输出量隶属度函数如图 3 所示。

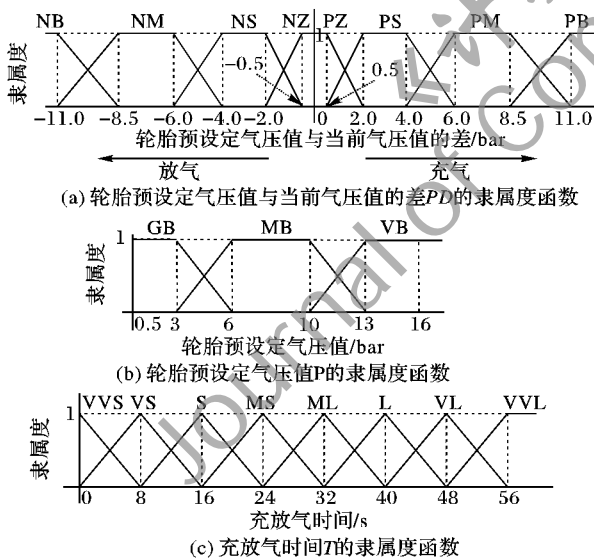


图3 各模糊量隶属度函数

2.3 模糊控制规则

模糊控制的核心问题是模糊控制规则的建立。模糊控制是用一系列基于人类自然的语言来描述的, 用一系列模糊条件描述的反映输入输出量之间关系的模糊控制规则构成了模糊控制规则库。这里有两个定性的输入信号, 一个定性的输出信号, 整个系统就构成了一个两个输入、一个输出的多输入单输出模糊系统^{[14]972}。

根据上面所确定的输入输出集, 模糊规则的一般形式可以用 if(条件) then(结果) 描述, 或以表格形式表示。根据胎压预设值大小 (一般小轿车 2.5 bar 附近, 而有的工程车或

大卡车轮胎可充至 16 bar)、轮胎预设气压值与当前轮胎气压值的差等情况可以制定一系列的模糊规则如表 1 所示。表 1 中输出时间“×”代表不可能出现的情况, 即死区; 充放气操作“-”代表无对应操作。

表 1 模糊规则

输入		输出		充放气		输入		输出		充放气	
P	PD	T	操作	P	PD	T	操作	P	PD	T	操作
GB	PB	×	-	MB	NZ	MS	放气	GB	PM	S	充气
GB	PM	S	充气	MB	NS	ML	放气	GB	PS	VS	充气
GB	PS	VS	充气	MB	NM	L	放气	GB	PZ	VVS	充气
GB	PZ	VVS	充气	MB	NB	VL	放气	GB	NZ	ML	放气
GB	NZ	ML	放气	VB	PB	L	充气	GB	NS	L	放气
GB	NS	L	放气	VB	PM	ML	充气	GB	NM	VL	放气
GB	NM	VL	放气	VB	PS	MS	充气	GB	NB	VVL	放气
GB	NB	VVL	放气	VB	PZ	S	充气	MB	PB	ML	充气
MB	PB	ML	充气	VB	NZ	S	放气	MB	PM	MS	充气
MB	PM	MS	充气	VB	NS	MS	放气	MB	PS	S	充气
MB	PS	S	充气	VB	NM	ML	放气	MB	PZ	VS	充气
MB	PZ	VS	充气	VB	NB	×	-				

2.4 模糊推理与模糊判决

模糊推理就是模拟人的基于模糊概念的推理能力, 该推理过程是根据模糊逻辑中的蕴含关系及推理规则推理出输出量的隶属度^{[14]973}。这里模糊推理采用 Mamdani 最大最小值推理法运算^[15], Mamdani 模糊推理易于图解。这里以预设值 P 为 7 bar, 轮胎预设气压值与当前轮胎气压值的差 PD 为 5.5 bar 为例来图解模糊推理过程。这种状态符合上述模糊规则表中 if $P = MB$ and $PD = PM$ then $T = MS$ 和 if $P = MB$ and $PD = PS$ then $T = S$ 两条规则。具体推理过程与结果如图 4~6 所示。

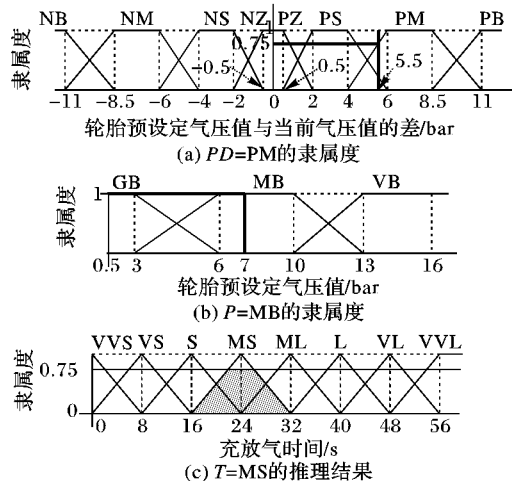


图4 规则 if $P = MB$ and $PD = PM$ then $T = MS$ 模糊推理结果

由模糊推理得到的模糊输出值是输出论域上的模糊子集, 只有将其转化为精确控制量才能施加于对象。实行这种转化的方法叫作模糊判决 (也叫去模糊化或清晰化), 其作用是将模糊集合映射为一个确定的点, 也就是把上面推理出的充放气时间模糊集合转化为进行一段充气过程或放气过程的具体时间。模糊判决方法的选择与隶属度函数形状的选择、推理方法的选择相关, 较常用的有面积等分法、加权平均法 (重心法)、最大隶属度取小法和最大隶属度取大法等。这里充放气具体的时间采用的是加权平均法, 加权平均法是一种比较常用、全面包含输出模糊子集各元素信息的一种方法^{[14]973}。这里加权平均法的表达式是:

$$T = \left(\int_{t_1}^{t_2} \mu(t) t dt \right) / \left(\int_{t_1}^{t_2} \mu(t) dt \right) \quad (1)$$

其中 $\mu(t)$ 是输出充放气时间模糊子集的隶属度函数,具体到图 6 的表达式如式(2):

$$T = \frac{\int_8^{32} \mu(t) t dt}{\int_8^{32} \mu(t) dt} = \frac{\int_8^{10} \frac{1}{8} (t-8) t dt + \int_{10}^{18} 0.25 t dt + \int_{18}^{22} \frac{1}{8} (t-16) t dt + \int_{22}^{26} 0.75 t dt - \int_{26}^{32} \frac{1}{8} (t-32) t dt}{\int_8^{10} \frac{1}{8} (t-8) dt + \int_{10}^{18} 0.25 dt + \int_{18}^{22} \frac{1}{8} (t-16) dt + \int_{22}^{26} 0.75 dt - \int_{26}^{32} \frac{1}{8} (t-32) dt} \quad (2)$$

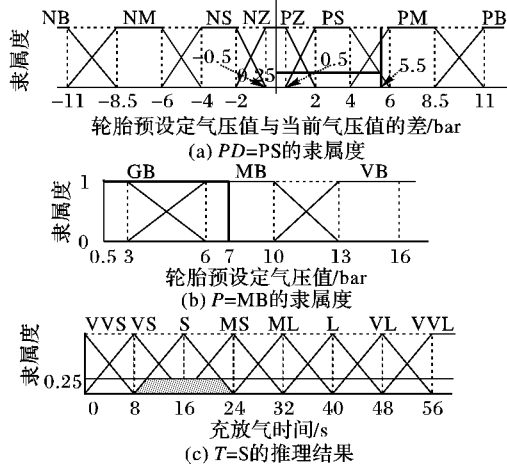


图 5 规则 if P=MB and PD=PS then T=S 模糊推理结果

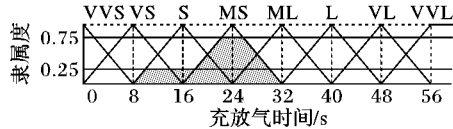


图 6 模糊推理合成结果

2.5 模糊预充放过程

一次充放气操作,按要求设定好或根据具体情况推测出胎压预设值后,测量出当前胎压值,求出预设值与当前胎压之差,通过上述模糊处理得出充放气至预设值所需时间,按此时间进行预充放,然后进入遗传逼近阶段。

3 遗传逼近部分

模糊处理预充放结束后,基本离预设值已经比较接近甚至已达预设值,如果已达预设值,整个充放气过程结束。如果没有达到预设值,就通过遗传逼近的方式充放气至预设值,其具体过程就是:模糊预充放后,测出当前轮胎压力值,算出模糊预充放过程充放气的平均充放气速率 $v_1 = \Delta P_1 / T_1$,其中 ΔP_1 是模糊预充放过程充放气的压力差, T_1 是这次充放气的时间。将此平均充放气速率遗传至下一充放气阶段,即假定下一步充放气至预设值所需的时间为 $T_2 = \Delta P_2 / v_1$,其中 ΔP_2 是模糊预充放后压力值与预设值的压力差, v_1 是模糊预充放过程充放气的平均充放气速率。实际上这一阶段的平均充放气速率一般是不等于前一阶段的,也就是经过时间 T_2 的充放气后轮胎压力值不一定能达到预设值,测出这一阶段充放气后的实际压力值,求出这一阶段的实际平均充放气速率 v_2 ,再遗传给下一阶段,如此遗传逼近下去,直至轮胎压力值达到预设值附近允许的误差范围内。在遗传逼近的每个阶段,单片机会根据当前值是大于预设值还是小于预设值决定是充气操作还是放气操作。遗传逼近阶段的示意图如图 7 所示。

图 7 中,各阶段遗传逼近过程如下。

阶段一 将模糊预充放气过程充放气的平均充放气速率 v_1 遗传过来,则理论上从 P_1 充放气至预设值所需时间为 $T_1 = |P - P_1| / v_1$,按时间 T_1 进行充放气,实际上在 T_1 时间内

系统从 P_1 充放气至 P_2 ,所以这阶段实际的平均充放气速率是 $v_2 = |P_2 - P_1| / T_1$ 。模糊预充放后可能会出现过充或过放现象。如果模糊预充放气过程出现了过充,即超过了预设值,在这一阶段就会按时间 T_1 进行放气操作,相同条件下一般放气速率小于充气速率^{[10]40-51, [12]548},因而这一阶段到不了预设值更不会出现过放现象。如果模糊预充放气过程出现了过放,即低于了预设值,在这一阶段就会按时间 T_1 进行充气操作,充气速率大于放气速率,这一阶段会出现过充现象,但这一现象在下一阶段就会得到修正。

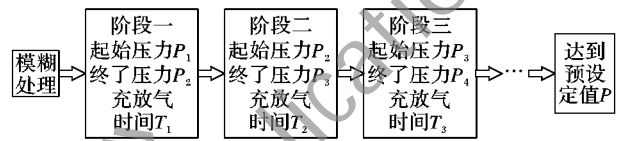


图 7 遗传逼近示意图

阶段二 遗传上一阶段的平均充放气速率 $v_2 = |P_2 - P_1| / T_1$,则理论上从 P_2 充放气至预设值所需时间为 $T_2 = |P - P_2| / v_2$,而实际上在 T_2 时间内系统从 P_2 充放气至 P_3 ,所以这阶段实际的平均充放气速率是 $v_3 = |P_3 - P_2| / T_2$ 。

阶段三 遗传上一阶段的平均充放气速率 $v_3 = |P_3 - P_2| / T_2$,则理论上从 P_3 充放气至预设值所需时间 $T_3 = |P - P_3| / v_3$,而实际上在 T_3 时间内系统从 P_3 充放气至 P_4 ,所以这阶段实际的平均充放气速率是 $v_4 = |P_4 - P_3| / T_3$ 。

这样,若干阶段后就逐渐逼近至预设值。

4 程序流程

这里单片机选用的是 AVR Atmega32L 单片机,软件开发采用 AVR 单片机的 ICCAVR + AVR Studio 平台,模块化设计,整个轮胎充放气系统的程序包括主程序、按键子程序、压力检测子程序、显示处理子程序、充放气控制子程序、报警处理子程序等。

充放气控制子程序设计时,要注意的是在充气过程中,防止由于漏气或传感器原因检测不准,造成遗传逼近时无限逼近,最后轮胎所充压力远超预设值甚至超过轮胎所允许的最大压力值,引起爆胎等安全事故。所以在遗传逼近时要限制次数,如果超过限制次数时还未达到预设值就要停止充气,检查原因。

充放气控制子程序流程如图 8 所示。

5 实验测试

分别对采用基于模糊与遗传逼近策略和自主学习方法的轮胎自动充放气系统做了测试,表 2 是两种系统的部分充气测试结果,其中采用自主学习方法的充放气系统只是在气源为 8 bar 用 1 只 195/60 R15 轮胎以 1 s 的时间间隔从空胎充气到 3.2 bar 然后放气到空胎进行了学习,学习时间为 367 s。表中预设值为 2.5 bar 的测试对象用的是 195/60 R15 轮胎,预设值为 13.5 bar 和 16 bar 用的是储气罐代替轮胎,充气时间“×”表示充气失败。

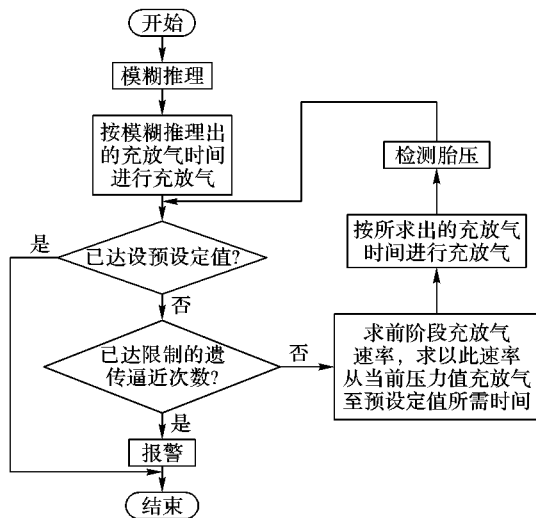


图 8 充放气控制子程序流程

表 2 基于模糊与遗传逼近策略的自动充放气系统部分测试结果

所充 轮胎 只数	预设 定气压 值/bar	充气前 气压 值/bar	气源 压力 值/bar	充气 所达 精度/bar	充气时间/s	
					本文 方法	自主 学习方法
1	2.5	0	8	± 0.04	96	49
2	2.5	0	8	± 0.04	210	×
1	2.5	0	5	± 0.04	121	×
2	2.5	0	5	± 0.04	227	×
1	13.5	0	15	± 0.04	478	×
2	13.5	0	15	± 0.04	1073	×
1	16.0	0	18	± 0.04	631	×
2	16.0	0	18	± 0.04	1178	×

实验结果表明,采用自主学习方法的充放气系统在某一充放气条件下如果进行了学习,在该条件下进行充放气操作效率较高,但是在充放气条件发生改变时如果不进行学习其充放气效率显著下降甚至无法完成充放气操作,这就要求采用该方法的充放气系统在不同的充放气条件下都要进行学习。基于模糊与遗传逼近策略的充放气系统在不同的充放气条件下均能较高精度地达到充放气要求,虽然在某一充放气条件下充放气效率低于在该条件下已学习过的自主学习的充放气系统,但是如果加上自主学习的时间,基于模糊与遗传逼近策略的充放气系统的效率就明显高得多,如表中第一种条件下自主学习充放气系统自主学习的时间 367 s 加上充气时间 49 s 是 416 s,要比基于模糊与遗传逼近策略的充放气系统充气时间 96 s 长得多,而且基于模糊与遗传逼近策略的充放气系统不需要自主学习这个过程从使用角度来看更加简便,有更强的通用性和实用性。

6 结语

本文分析了基于模糊与遗传逼近策略的轮胎预设值充放气控制的新方法,该方法不必考虑各种轮胎的具体特性和不定的充放气条件,先模糊处理预充放气,然后遗传逼近至预设值。实验结果证明这种方法具有较高的充放气效率,可以实现很高的压力控制精度,相比自主学习等方法使用简便、效率更高,对各种轮胎充放气设备具有很强的实用性。当然该方法还有提升的空间,可以进一步优化模糊函数,改进遗传策略,提高充放气效率。

参考文献:

- [1] 臧怀泉,田超,赵保军. 嵌入式汽车轮胎气压监测系统[J]. 北京理工大学学报, 2008, 28(10): 870-874.
- [2] XU L N, XUE J F, SUN J H. The tire burst of automotive early-warning system design [C]// Proceedings of the 2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2009: 802-804.
- [3] de VRIES R P. IC innovation in automotive [C]// Proceedings of the 9th International Conference on Solid-State and Integrated-Circuit Technology, Piscataway: IEEE Press, 2008: 5-6.
- [4] 黄珊珊. 汽车电子与智能化技术的应用发展趋势[J]. 农业装备与车辆工程, 2008, 46(5): 36-37.
- [5] 张艳红,张兆华,刘理天. TPMS 的研究和设计[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(21): 441-442.
- [6] 张靖. 基于嵌入式技术的无线监测自控调压系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2009.
- [7] 孔刚柱. 车辆轮胎监测及自控调压系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2009.
- [8] 刘豫川. 基于胎压监测和自控降压的越野车辆通过性研究[D]. 南京: 东南大学, 2007.
- [9] 蒋兴明. 基于 ARM 的汽车轮胎无线监测充放气控制系统设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.
- [10] 刘健. 一种智能过充气机控制器的设计[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
- [11] 谈宏华,涂坦,杨志方. 新型轮胎中央充放气系统设计[J]. 机床与液压, 2006, 34(8): 175-177.
- [12] 彭永胜,赵玉璠,刘洪泉,等. 轮胎中央充放气系统的充放气规律研究[C]// 2009 中国汽车学会年会论文集. 北京: 机械工业出版社, 2009: 546-548.
- [13] 王立新. 模糊系统与模糊控制教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [14] 陈卫东,朱奇光. 基于模糊算法的机器人路径规划[J]. 电子学报, 2011, 39(4): 971-974.
- [15] 徐兵,程旭德,王宏利,等. 基于 Matlab 的 Mamdani 与 Sugeno 型模糊推理研究[J]. 计算机应用, 2006, 26(12): 223-224.

(上接第 3290 页)

- [4] 吴顺君,梅晓春. 雷达信号处理和数据处理技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 148-185.
- [5] KULEMIN G P, TARNAVSKY E V, GOROSHKO E A. Land back-scattering for millimeter wave radar [C]// Proceedings of the 2004 International Conference on Modern Problems of Radio Engineering Telecommunications and Computer Science. Piscataway: IEEE Press, 2004: 138-141.
- [6] 沈福民,刘峥. 杂波图 CFAR 平面检测技术[J]. 系统工程与电子技术, 1996, 18(7): 9-14.
- [7] NITZBERG R. Clutter map CFAR analysis [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1986, 22(4): 419-421.
- [8] 张敬卓,袁修久,赵学军. 复杂环境下雷达三维探测范围[J]. 计算机应用, 2011, 31(10): 2738-2741.
- [9] 梅珍,林伟,王瑞霞. 变换域 SAR 图像边缘检测[J]. 计算机应用, 2011, 31(9): 2402-2405.
- [10] MENG X W, QU F Y. Adaptive clutter map detector in non-homogeneous environment [C]// Proceeding of the 2010 IEEE International Conference on Signal Processing, Piscataway: IEEE Press, 2010: 2234-2238.
- [11] PATEL J K, KAPADIA C H, OWEN D B. Handbook of statistical distributions [M]. New York: Marcel Dekker, 1976: 92-132.
- [12] 杨万海. 雷达系统建模和仿真[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2007: 50-222.