

## 1、项目名称

GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航关键技术研究

## 2、推荐奖种

滨州市科技进步奖

## 3、项目简介

无人机在低空条件下飞行，GPS 信号易受有意或无意干扰或多径误差等因素的影响。一旦 GPS 失效，可能使无人机失去控制，从而丢失或发生坠落，造成重大经济损失和地面人员伤害。惯性/视觉组合导航中，依靠视觉导航所提供的实时信息可以与惯性导航信息进行融合，弥补缺陷，提高导航精度。本项目研究了 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航关键技术，本项目具有如下的创新点：

（1）建立了考虑各种实际因素的较为具体的 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航系统模型，为导航算法的设计与实现奠定基础；

（2）在保证系统导航精度和可靠性的前提下，提出了提高 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航系统导航精度和速度的新算法，解决视觉导航的实时性问题，并在无人机上进行飞行验证，更好地满足应用的实际需求；

（3）通过理论分析和实验验证，提出了适合 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航的自适应算法，达到克服滤波发散、提高导航精度的目的。

## 4、客观评价

2017 年 3 月 12 日滨州市科技局对“GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航关键技术研究”项目进行了技术鉴定。鉴定委员会形成鉴定意见如下：

（1）项目结合低空无人机应用于黄河三角洲地区农林勘察的背景，建立了考虑阵风、雾等因素的 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航系统模型，提高了系统的导航精度。

（2）项目提出了能够提高组合导航精度、克服滤波发散的自适应组合导航算法，经过实验验证达到了克服滤波发散、提高导航精度的目的。

（3）项目在黄河三角洲地区进行了一定范围内的推广，项目的应用可提高无人机的控制精度和安全性，具有较好的产业化前景。

鉴定委员会认为，该研究成果达到同类研究的国内领先水平。

## 5、技术推广应用情况与社会经济效益分析

滨城区滨火文化传媒中心在公司执行飞行航拍任务的无人飞机中应用了 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航关键技术，避免了飞机失去控制，从而丢失或发生坠落，造成重大经济损失和地面人员伤害。

成果的应用大大提升了民用无人机的安全性和可靠性，对滨州市经济社会发展起到积极的作用，可带动滨州市无人机及通用航空产业的发展，获得了显著的经济效益和社会效益。民用无人机市场前景广阔，在“十三五”及以后时期，随着无人机应用技术的不断完善、应用实践的逐步深入以及空域开放进程的推进，民用无人机在我国将会得到较为广泛的应用。民用无人机产业也将取得更大的发展并带来良好的经济和社会效益。本项目的应用将极大提高无人机的控制精度和安全性，因此具有良好的产业化前景。

## 6、主要知识产权/代表性论文/论著目录

### 专利：

- (1) 发明专利，柳明，一种地磁辅助惯性导航方法，2012103312082，2015.06
- (2) 发明专利，柳明，一种红外触摸屏及快速识别两点的方法，2015100149576，2017.05
- (3) 实用新型，柳明，一种 GPS 组合导航装置，2014206026960，2015.03
- (4) 实用新型，柳明，一种无人机导航飞控系统，2015203630690，2015.09
- (5) 实用新型，柳明，一种通过综合导航控制的无人机，2015209806507，2016.03
- (6) 实用新型，柳明，一种太阳能 GPS 导航仪，2015209807942，2016.03
- (7) 实用新型，柳明，一种野外探险用飞行器，2015209808837，2016.04
- (8) 实用新型，李海龙、柳明、徐文强，一种安全载人飞行器，2015201821532，2015.07
- (9) 实用新型，徐文强、柳明，一种可续航三栖探测飞行器系统，

2014206592179, 2015.02

### 论文:

(1) Liu ming, Chang guobin. Numerically and statistically stable Kalman filter for INS/GNSS integration, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 2016,230(2):1123-1131.

(2) Liu ming, Chang guobin. Gravity Matching Aided Inertial Navigation Technique Based on Marginal Robust Unscented Kalman Filter, Mathematical Problems in Engineering, 2015, 2015: 1-9.

### 7、全部完成人排序及对项目的贡献

(1) **柳明**，副教授，滨州学院，对本项目技术创造性贡献：

对本项目主要创新点中的 1、2、3 做出了重要贡献，投入本项目研究的工作量占本人工作量的 70%。结合低空无人机应用于黄河三角洲地区农林勘察的背景，建立了考虑阵风、雾等因素的 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航系统模型，提高了系统的导航精度；提出了能够提高组合导航精度、克服滤波发散的自适应组合导航算法，经过实验验证达到了克服滤波发散、提高导航精度的目的。

(2) **毛国强**，讲师，滨州学院，对本项目技术创造性贡献：

对本项目主要创新点中的 1、2 做出了重要贡献，投入本项目研究的工作量占本人工作量的 50%。结合低空无人机应用于黄河三角洲地区农林勘察的背景，协助项目负责人建立了考虑阵风、雾等因素的 GPS 失效下低空无人机惯性/视觉组合导航系统模型，提高了系统的导航精度。

(3) **王海军**，讲师，滨州学院，对本项目技术创造性贡献：

对本项目主要创新点中的 2、3 做出了重要贡献，投入本项目研究的工作量占本人工作量的 40%。协助项目负责人提出了能够提高组合导航精度、克服滤波发散的自适应组合导航算法，经过实验验证达到了克服滤波发散、提高导航精度的目的。

(4) **高斌**，讲师，滨州学院，对本项目技术创造性贡献：

对本项目主要创新点中的 1、2、3 的实验验证做出了重要贡献，投入本项目研究的工作量占本人工作量的 40%。主要设计了验证创新点 1、2、3 的实验方案，并搭建了实验平台，进行了试飞实验。

#### **8、全部完成单位及排序**

滨州学院（独立完成）。