

## РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д.н. Даниела Иванова Борисова от ИИКТ-БАН,  
член на Научно жури, назначено със заповед на Директора на ИР-БАН  
№ 19/12.02.2020

ОТНОСНО: Дисертационен труд на **Благовест Петров Христов**  
на тема **“Проектиране и управление на мултимерна жиро-стабилизирана  
платформа за видеозаснемане за безпилотни летателни апарати”**  
по докторска програма „Приложение на принципите и методите на  
кибернетиката в различни области на науката“, професионално  
направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика

На първото заседание на научното жури, състояло се на 13.02.2020, съм избрана за рецензент, а като член на научното жури получих следните материали: дисертационен труд, автореферат на български език с резюме на английски език, 3 броя публикации в пълен текст, както и документи, свързани с обучинето.

### 1. Аналитична характеристика

Представеният дисертационния труд тема “Проектиране и управление на мултимернажиро-стабилизирана платформа за видеозаснемане за безпилотни летателни апарати” от Благовест Христов е в общ обем от 162 страници и съдържа 89 фигури, структурирани в увод и 5 глави, заключение, списък на публикации по темата на дисертацията, литература, която по същество представлява библиография и 3 приложения. Списъкът на цитираната литература съдържа общо 111 заглавия, от които 2 на български език, 108 на английски и 1 интернет-адрес.

В глава 1 е представен обзор на съществуващи решения и методи за жиро-стабилизиране на видео изображения. Описани са основните компоненти на една жиро-стабилизиране система и основните характеристиките на всеки от съставляващите я елементи. В резултат на анализа е установена необходимостта от подобрене на характеристиките на стандартен гимбал, формулирани като цел и задачи на дисертационния труд.

В глава 2 са анализирани основните параметри на безчетков електродвигател и методика за тяхното определяне в зависимост от зададено натоварване и условия на работа. Представени са конструктивните особености и спецификата при управлението на безчетков електродвигател както и различни методи за управление на посоката и скоростта на движение.

В глава 3 са изследвани MEMS инерциални модули. Реализирана е опитна постановка чрез програмна среда Arduino, използваща програмен език, подобен на C. Проведеният експеримент е реализиран с платка Arduino Nano и IMU модул GY-521 MPU-6050, които позволяват резултатите да се визуализират в реално време чрез друг програмен код, написан на Delphi. От реализираните експерименти е установена и разликата при използване на различните координатните системи (Ойлер, Кватерниони). Определени са коригиращите температурни коефициенти на MEMS сензорите и методите за тяхната компенсация. Показано е, че обединяването на данните от жироскопа и акселерометъра, при изчисление на отклоненията на ъглите, води до компенсирането на възможни грешки. Представена е оценка на работата на нискочестотен филтър и на линеен Калман филтър и съответна методика за компенсиране на показанията по Z оста, чрез използване на магнитометър, както и неговото калибриране спрямо околната среда.

В глава 4 е описан предложеният многоцелеви модул, който изпълнява функцията както на централен управляващ блок така и на модул за управление на безчетков електродвигател. Представена е проектираната печатната платка и програмното осигуряване за управлението на модула. С помощта на блок схеми и UML диаграми са представени алгоритмите на работа на централния управляващ блок и на модула за контрол на BLDC. На базата на тези диаграми е написан програмен код за управление на микроконтролера на многоцелевия модул. Външният достъп за контрол на модула се реализирана чрез система с WiFi до уеб сървър, чрез който да се реализира самото управление. По този начин освен управлението на безчетковите двигатели, многоцелевият модул може да събира информацията от инерциалните сензорите и да подава управляващи команди към модул за управление на двигателите.

В глава 5 са представени специфичните особености при проектирането на 3D модела на гимбала както цяло и 3D модели за всеки отделен елемент. На база на предложените CAD модели са представени кинематиката и динамиката на системата. За тестване на работоспособността на проектираният 5-осев гимбал са реализирани няколко експеримента, при които възникват смущения и вибрации. В резултат на проведените експерименти е установена възможността за реализиране на жиро-стабилизирана платформа за видеозаснемане за безпилотни летателни апарати чрез 5-осев гимбал.

В заключението, представляващо резюме на постигнатите резултати, са посочени и основните насоки за бъдещо развитие на тематика от дисертационния труд.

## **2. Цел и задачи**

На стр. 27 е записано *“Цел на дисертационния труд е да се проектира и да се предложи управление на многомерна жиро-стабилизирана платформа за видеозаснемане за безпилотни летателни апарати”*. Формулирани са и пет задачи, решаването на които би довело за реализиране поставената цел, а именно:

- Да се предложи подход за проектиране на 5 осев гимбал на базата на анализ на съществуващите методи за контрол на безчеткови електродвигатели, отговарящи на условието за работа при ниски скорости и голяма прецизност;
- Да се извърши сравнителен анализ на данни по схема, чрез използване на MEMS инерциални модули;
- Проектиране и изработка на многоцелеви модул, който може да изпълнява ролята, както на централен така и на модул за управление на безчетков електродвигател;
- Да се разработи 3D модел на гимбал и да се конструира прототип чрез 3D принтиране;
- Провеждане на експериментални изследвания, с цел доказване на работоспособността на проектирания гимбал.

### **3. Преценка на публикациите**

Резултатите по темата на дисертационния труд са отразени в общо 3 публикации, 2 на английски език и 1 на български език. Една от публикациите е глава от книга на английски език, а останалите са публикувани в сборници от конференции. Добро впечатление прави, че всички публикации на докторанта са самостоятелни, което е доказателство за неговите способности за провеждане на самостоятелни научни изследвания.

Изпълнени са минималните национални изисквания според ППЗРАСРБ, както и специфичните условия на БАН и респективно на ИР за придобиване на бразователната и научната степен „доктор” в област 5: Технически науки, проф. направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика.

### **4. Автореферат и авторска справка**

Авторефератът отразява достоверно съдържанието на дисертационния труд и съдържа резюме на английски език. Английският превод на темата на дисертационния труд не е направен коректно. Липсва декларация за оригиналност на описаните резултати в дисертационния труд, но от публикациите може да се установи, че те са лично дело на автора.

Основните научно-приложни приноси на докторанта могат да се обобщят както следва:

1. Предложен е подход за реализиране на 5 осев гимбал чрез използване на безчеткови електродвигатели, който работи при ниски скорости и добра прецизност на позициониране. За целта е проектиран многоцелеви модул, който изпълнява ролята на централен управляващ блок с възможност за управление на безчеткови електродвигатели.
2. За целите на жиро-стабилизирана платформа за видеозаснемане е предложено компенсирание на грешките при изчисление на отклоненията на ъглите чрез обединяване на данните от жироскопа и акселерометъра. Предложена е и

методика за компенсиране на показанията по Z оста, чрез използване на магнитометър с възможност за калибриране спрямо околната среда.

3. Създаден е 3D модел на 5 осев гимбал чрез CAD и 3D модели за всеки отделен елемент.
4. Проектирана е печатната платка с необходимото програмно осигуряване за управлението на модула. Представени са UML диаграми на алгоритмите за работа и е написан програмен код за управление на микроконтролера на многоцелевия модул.

На база на предложените модели и алгоритми за управление на на 5-осев гимбал е изработен и функциониращ прототип, чрез който са реализирани проведените експерименти. От заснетите видеа може да се установи практическата приложимост както на конструкцията като цяло, така и на използваните алгоритми за управление и стабилизиране на видеозаснемането.

Добро впечатление прави детайлното познаване както на 3D CAD моделирането, така и на софтуерното осигуряване на микроконтролерите, вкл. кинеманитаката и динамиката на 5-осев гимбал.

## **5. Критични бележки и въпроси**

Като цяло, представения за рецензиране дисертационен труд е добре балансиран.

Към дисертанта имам следните въпроси:

1. Какво е времето за първоначалната инициализация и калибрация на сензорите? Кои са параметрите, които подлежат на корекция и защо?
2. За реализиране на WiFi свързаността – какъв протокол се използва и има ли предвидена защита?

## **6. Заключение**

Получените резултати убедително показват, че докторантът Благвест Петров Христов притежава не само необходимите теоретични знания и практически умения по специалността, но и доказани способности за самостоятелни научни изследвания. Дисертационният труд съответства на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника на БАН, както и на Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИР-БАН. Поради това **давам положителна оценка и предлагам на уважаемото Научно жури да присъди на инж. Благвест Петров Христов образователната и научната степен „доктор” по докторска програма „Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката”, професионално направление 5.2. “Електротехника, електроника и автоматика”.**

14.04.2020

Рецензент:

/проф. д.н. Даниела Борисова/